

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА



## МАТЕРІАЛИ



81 Міжнародної  
науково-практичної  
конференції

## ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

ДНІПРО 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

АТ «УКРАЇНСЬКА ЗАЛІЗНИЦЯ»

ПАТ «КРЮКІВСЬКИЙ ВАГОНБУДІВНИЙ ЗАВОД»

АТ «ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ СТІЛОЧНИЙ ЗАВОД»

ТОВ «ЗАВОД РЕЙКОВИХ СКРІПЛЕНЬ»

INSTYTUT KOLEJNICTWA

КОРПОРАЦІЯ «ДЕТАЛЬ ВАГОН ГРУП»

**ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ  
РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**МАТЕРІАЛИ**  
**81 МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**  
22.04.2021–23.04.2021

Дніпро – 2021

Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту [Текст] : матеріали 81 Міжнародної науково-практичної конференції, 22–23 квітня 2021 р. / за заг. ред. А. В. Радкевича, Р. В. Рибалки. Дніпров. нац. ун-т. залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро, 2021. – 432 с.

У збірнику тез доповідей розглянуто питання, присвячені вирішенню актуальних проблем і перспектив розвитку залізничної галузі. Матеріали подано в рамках 81 Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (далі – Конференція), яку проведено 22-23 квітня 2021 р. у Дніпровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ).

Збірник тез доповідей рекомендовано для наукових та інженерно-технічних працівників залізничної галузі, виробників продукції для потреб залізничного транспорту, викладачів, докторантів, аспірантів та студентів закладів освіти, які проводять підготовку фахівців у транспортній галузі.

© Усі права авторів застережені, 2021

© Дніпров. нац. ун-т залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, оригінал-макет, 2021

### **Науковий комітет Конференції:**

Пшінько О. М. – професор, д.т.н., в.о. ректора ДНУЗТ – голова комітету.

Боднар Б. Є. – професор, д.т.н., перший проректор ДНУЗТ – співголова комітету.

Радкевич А. В. – професор, д.т.н., проректор з науково-педагогічної, економічної роботи, перспективного та інноваційного розвитку ДНУЗТ – співголова комітету.

### **Члени наукового комітету Конференції:**

Арбузов М. А. – доцент, к.т.н., доцент кафедри «Транспортна інфраструктура», ДНУЗТ.

Афанасов А. М. – професор, д.т.н., завідувач кафедри «Електрорухомий склад залізниць», ДНУЗТ.

Болжеларський Я. В. – доцент, к.т.н., директор Львівської філії ДНУЗТ.

Вайчюнас Гедимінас – д.т.н., Вільнюський технічний університет ім. Гедимінеса, Литва.

Вакуленко І. О. – професор, д.т.н., професор кафедри «Прикладна механіка та матеріалознавство», ДНУЗТ.

Гаврилюк В. І. – професор, д.ф.-м.н., завідувач кафедри «Автоматика та телекомунікації», ДНУЗТ.

Гненний О. М. – доцент, д.е.н., завідувач кафедри «Економіка та менеджмент», ДНУЗТ.

Жуковицький І. В. – професор, д.т.н., завідувач кафедри «Електронні обчислювальні машини», ДНУЗТ.

Зеленько Ю. В. – професор, д.т.н., завідувач кафедри «Хімія та інженерна екологія», ДНУЗТ.

Калівода Я. – професор Празького технічного університету, Чехія.

Капіца М. І. – професор, д.т.н., професор кафедри «Локомотиви», ДНУЗТ.

Козаченко Д. М. – професор, д.т.н., професор кафедри «Управління експлуатаційною роботою», ДНУЗТ.

Козловські А. – д.т.н., професор Вищої Банківської школи, м. Гданськ, Польща.

Костриця С. А. – к.т.н., с.н.с., доцент кафедри «Теоретична та будівельна механіка», ДНУЗТ.

Кривчик Г. Г. – професор, д.і.н., професор кафедри «Філософія та українознавство», ДНУЗТ.

Кузнєцов В. Г. – професор, д.т.н., офіційний представник директора по співпраці зі східними ринками, «Інститут колійництва», Польща.

Курган М. Б. – професор, д.т.н., професор кафедри «Транспортна інфраструктура», ДНУЗТ.

Льобер Д. – д.т.н., професор Університету Валансьєн, Франція.

Мезітіс М. – д.т.н., професор, директор Інституту транспорту Ризького технічного університету, Латвія.

Мямлін В. В. – с.н.с., д.т.н., професор кафедри «Вагони та вагонне господарство», ДНУЗТ.

Окороков А. М. – доцент, к.т.н., завідувач кафедри «Управління експлуатаційною роботою», ДНУЗТ.

Орсен Т. – д.т.н., професор Національної школи майстерності та професій, Франція.

Сладковський О. В. – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Логістика і промисловий транспорт» Сілезького технічного університету, Польща.

Тютюкін О. Л. – доцент, д.т.н., в.о. завідувача кафедри «Транспортна інфраструктура», ДНУЗТ.

Яцина М. – к.т.н., професор, декан транспортного факультету Варшавської політехніки, Польща.

Текст тез доповідей учасників Конференції подано мовою оригіналу у редакції авторів.

Офіційна наукова конференція з проблем вищої освіти і науки в системі Міністерства освіти і науки України на 2021 рік: лист Державної наукової установи «Інститут модернізації змісту освіти» від 13.01.2021 р. № 22.1/10-37 «Про Перелік наукових конференцій з проблем вищої освіти і науки у 2021 році».



## СЕКЦІЯ 1 «ЕКСПЛУАТАЦІЯ І РЕМОНТ ЛОКОМОТИВІВ»

### ФОРМУВАННЯ ЛАТЕНТНИХ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВУЗЛІВ ЛОКОМОТИВІВ

Боднар Б.Є., Очкасов О.Б., Децюра О.Я.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Bodnar Borys, Ochkasov Oleksandr, Detsyura Oleksandr Formation of latent diagnostic parameters of locomotive units.*

**Summary.** *The existing types of diagnostic parameters and methods of estimation of diagnostic value of the parameter are considered. It is proposed to use methods of reduce the dimension to assess the informativeness of the parameter. The concept of latent diagnostic parameter is introduced. The results of formation of latent diagnostic parameters on an example of test of hydraulic transfer of a locomotive are presented.*

Характерним для сучасних діагностичних систем є те, що потік діагностичної інформації вимагає значних обчислювальних ресурсів для її обробки. З метою підвищення надійності об'єкта діагностування і скорочення експлуатаційних витрат необхідно удосконалювати методи аналізу результатів діагностування.

Діагностичний параметр це зручна для вимірювання фізична величина яка змінюється відповідно структурному параметру і використовується для оцінки технічного стану об'єкта діагностування. Структурним параметром називають параметр, що безпосередньо характеризує працездатність об'єкта діагностування. Для кожного об'єкта діагностування можна вказати безліч параметрів, що характеризують його технічний стан. Множина діагностичних параметрів утворює комплекс діагностичних ознак які спільно свідчать про наявність порушення в роботі об'єкта та характеризують його технічний стан.

На поточному етапі розвитку тягового рухомого складу залізниць системи технічного діагностування, як правило, інтегровані з системами автоматичного управління. Незважаючи на те, що в цьому випадку виконується контроль технічного стану більшості вузлів локомотива, такий підхід має ряд істотних недоліків. А саме: значна кількість датчиків і контрольних приладів, великі обсяги масивів діагностичної інформації, висока вартість технічного комплексу. Цінність діагностичної ознаки розглядається з точки зору максимізації інформації про технічний стан об'єкта діагностування. Серед методів вибору діагностичних ознак виділяють математичні методи оцінки інформативності діагностичних ознак. При цьому використовуються традиційні методи, засновані на дисперсійному, регресійному, кореляційному аналізах, теоретико-інформаційний підхід, заснований на обчисленні умовних ймовірностей і кількості інформації, багатовимірний статистичний аналіз. При розробці діагностичного забезпечення транспортних засобів пропонується виконувати оцінку інформативності діагностичних параметрів за допомогою математичних методів зниження розмірності. В якості методу обраний метод головних компонент як математичний апарат, що дозволяє провести аналіз існуючих діагностичних ознак. Основна мета використання цього методу полягає в отриманні набору нових латентних діагностичних параметрів які мають максимальну інформативність.

Латентним діагностичним параметром будемо називати параметр який містить в собі інформацію що поєднує данні декількох вхідних діагностичних ознак.

Результатом застосування методу головних компонент є набір латентних діагностичних параметрів (діагностичних компонент), які не корелюють між собою. Отримані діагностичні компоненти відображають поведінку об'єкта діагностування з різних технічних сторін. Процес отримання множини діагностичних компонент  $G$  є ітераційним. На пер-

шому кроці визначається площа щодо якої дисперсія вхідних діагностичних параметрів максимальна. На наступних кроках вибираються наступні площини щодо яких дисперсія параметрів які залишилися є максимальною, при цьому отримані діагностичні компоненти не корелюють між собою. В результаті використання методу кількість отриманих компонент дорівнює кількості вхідних діагностичних ознак ( $N$ ). Для подальшого аналізу немає сенсу використовувати всі  $N$  компонент. Вибір достатньої кількості діагностичних компонент виконується з використанням критерію «кам'янистого схилу». В результаті отримуємо  $M$  мірну множину ( $M < N$ ) діагностичних компонент  $G$  кожна з яких містить максимум інформації про стан об'єкта і характеризує різні аспекти об'єкта діагностування.

Внесок (інформативність) параметра в загальний обсяг інформації тим більше, чим більше значення абсолютне значення факторного навантаження. Знак факторного навантаження відображує напрямок зміни вихідного діагностичного параметра щодо осі головної компоненти. Кількість вихідних діагностичних параметрів що входять до складу кожної компоненти визначається виходячи з значень факторного навантаження параметрів і фізичного змісту параметрів.

Як об'єкт досліджень з використанням запропонованого підходу для формування діагностичних ознак вузлів локомотивів обрані стендові випробування гідравлічних передач типу УГП750/12000. При проведенні випробувань фіксуються такі діагностичні параметри: напруга і струм якоря приводного електродвигуна, напруга і струм якоря навантажувального електродвигуна. Для гідравлічної передачі вхідними параметрами є частота обертання і момент на валу приводного електродвигуна, частота обертання і моменту насосного колеса. Вихідними параметрами гідравлічної передачі під час випробувань є частота обертання і момент турбінного колеса, що відповідає частоті обертання і моменту якоря навантажувального генератора. Так само фіксуються температура масла на вході і виході гідравлічної передачі, температура і тиск масла в гідравлічному апараті. Додатково визначались розрахункові параметри. Потужність приводного електродвигуна і потужність генератора навантаження. Відношення температури мастила в гідроапараті до потужності генератора. Передавальне відношення частот обертання турбінного і насосного коліс.

На основі проведених розрахунків запропоновано використовувати для оцінки технічного стану гідравлічної передачі три латентних діагностичних параметри. Найбільше факторне навантаження в складі першого параметру (компоненти) мають: напруга і струм якоря навантажувального генератора, тиск масла в гідравлічному апараті. Величини входять до складу першого латентного параметру характеризують навантаження на гідравлічну передачу в процесі випробувань. Таким чином параметр «навантаження» характеризує відгук гідравлічної передачі на навантаження в процесі випробувань. До складу другого латентного параметру входять такі величини: температура мастила на вході і виході гідравлічної передачі, температура мастила в гідравлічному апараті. Ці три величини характеризують значення втрат гідравлічної передачі при випробуваннях. Другий латентний параметр умовно може бути названий «втрати» і непрямым чином характеризує ККД передачі. Третя компонента «вхід» характеризує потужність приводного двигуна, в її склад входять напруга і струм якоря приводного електродвигуна.

В результаті застосування методики запропоновано для оцінки технічного стану гідравлічної передачі тепловоза при стендових випробуваннях використовувати три латентні діагностичні параметри. Визначені параметри містять 90 % вхідної інформації і відображають втрати в передачі, навантаження на вході і виході передачі. Розмірність вхідної множини з 14 діагностичних параметрів скорочена до 3 латентних параметрів.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАВОДСЬКИХ ВИПРОБУВАНЬ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ТЕПЛОВОЗІВ

Красильников В.М. \*, Мовчан С.М. \*\*, Гладкий Д.В. \*

\*Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка  
В. Лазаряна, Україна, \*\*Дніпровський тепловозоремонтний завод

*Krasylnikov V.M., Movchan S.M., Hladkiy D.V. Improvement of stands for testing of traction electrical machines of diesel locomotives.*

**Summary.** *The design of the stand and the technology of testing traction electric machines of locomotives in the conditions of locomotive repair plant are considered*

Кожна електрична машина що випускається з ремонту проходить приймально-здавальні випробування відповідно вимогам стандартів, відомчих технічним умовам і правилам ремонту електричних машин тепловозів. Подальше удосконалення заводських випробувань тягових електричних машин тепловозів проводиться згідно НДР за номером держреєстрації 0121U100349 від 12.01.2021р. та «Угоди про науково-технічне співробітництво» від 24.11.2015 р. між ПрАТ ДТРЗ та ДНУЗТ.

Для випробування тягових генераторів ТП-311Б тепловозів 2ТЭ10 на ДТРЗ за участю авторів був впроваджений стенд, який складається з двох тягових генераторів. Ці генератори встановлені на фундаментній рамі і з'єднані між собою загальною опорною муфтою. В подальшому виникла необхідність модернізації вказаного стенду з ціллю проведення випробувань тягових генераторів ТД-802, ГС-501А тепловозів ЧМЭЗ та 2ТЭ116. Регулювання частоти обертання тягових генераторів і параметрів режимів випробування досягається за допомогою трифазних силових випрямлячів.

Для розширення функціональних можливостей при випробуваннях тягових генераторів маневрових тепловозів, якір або ротор яких мають укорочені розміри, для з'єднання з опорною муфтою стенда використовується додатковий перехідний фланець.

Принципова електрична схема стенду забезпечує проведення випробування тягових генераторів постійного та змінного струму магістральних і маневрових тепловозів на холостому ході (х.х.) та в режимі короткого замикання (к.з.). Один з генераторів ГП-311Б працює у режимі електродвигуна, а другий ГП-311Б, ТД-802 або ГС-501А- у режимі генератора.

Випробування тягового генератора ГС-501А має наступні параметри: напруга холостого ходу 600 В, частота обертання ротора 1000 об/хв., режим навантаження при короткому замиканні по струму  $2 \times 2700$  А, з короткочасним навантаженням – 3420 А.

Другим напрямком НДР є удосконалення заводських випробувань тягових електродвигунів тепловозів методом взаємного навантаження. Компенсацію сумарних втрат можливо здійснювати як електрично, так і механічним способом. Механічний спосіб передбачає наявність у стенді електродвигуна, навантаженого на з'єднанні вали тягових машин. Кожний із способів має певні переваги та недоліки. Але механічний спосіб компенсації втрат має можливість мати універсальний випробувальний стенд для тягових машин з різними електричними параметрами.

Технічною задачею розробок є розширення функціональних можливостей стенду взаємного навантаження електричних машин постійного струму шляхом застосування привода змінного струму з асинхронним двигуном, як більш надійним, економічним та перспективним. Двигун приводу повинен мати потужність з урахуванням сумарних втрат в контурі взаємного навантаження та розрахункового прискорення випробувальних машин. Схема випробувального стенду взаємного навантаження тягових двигунів містить електропривод змінного струму з асинхронним приводним двигуном АД, два напівпровідникових перетворювача UZ1 та UZ2 з контрольно-вимірювальними приладами. Один перетво-

рювач UZ1 змінно-змінного струму призначено для регулювання напруги і частоти провідного асинхронного двигуна АД, а другий UZ2 – змінно-постійного струму для живлення обмоток збудження випробувальних електродвигунів при їх взаємному навантаженні.

Перетворювач UZ1 складається з трифазного мостового випрямляча на тиристорах, LC-фільтра та трифазного інвертора на IGBT-модулях. Застосування принципу регулювання напруги в межах 10-500 В і частоти 2-75 Гц, завдяки трифазному випрямлячу та використанню широтно-імпульсної модуляції інвертора з несучою частотою 2 кГц дозволяє отримати вихідну напругу та струм у фазах двигуна наближені до синусоїдальної форми.

Перетворювач UZ2 живлення обмоток збудження випробувальних тягових машин складається з двох напівпровідникових трифазних регуляторів напруги, двох знижувальних трансформаторів та двох трифазних діодних випрямляючих мостів.

Розігнавши асинхронним двигуном АД якорі випробувальних машин до необхідної частоти обертання для їх взаємного навантаження номінальним струмом, необхідно одну з машин перевести в режим генератора, а другу – двигуна. Це здійснюється за допомогою перетворювача UZ2.

Різниця в збудженні приводить до різниці електрорушійних сил якорів випробувальних машин появи струму в їх колі взаємного навантаження, який контролюється вимірними приладами.

## ВИБІР РЕЖИМУ РОБОТИ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ ТЕПЛОВОЗА

Мартишевський М.І.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Martyshevskiy Mykhailo. Selection of the operating mode of the drive power plant.*

**Summary.** *Development and recommendations of mode maps of freight train taking into account the locomotive series, diesel brand, section profile and train weight*

Питання економії дизельного палива як основної складової витрат паливно-енергетичних ресурсів залізничної галузі в складі проблем, пов'язаних з загальним енергетичним станом держави, після технічного стану ТРС, мабуть, є найважливішим і найбільш актуальним.

Відсутність вітчизняного виробництва нових тепловозних дизелів не дозволяє проводити удосконалення їх конструкції через цільові стендові випробування.

Відносно новий вираз «ремоторизація» ТРС означає заміну ДВЗ чи навіть усієї ЛЕУ тепловоза імпортними дизелями виробництва деяких країн Західної Європи чи Азії.

Ніхто не сперечається з тим фактом, що покупні дизелі не гірші за вітчизняні, але чи готова інфраструктура залізниць України, кадровий склад ремонтного виробництва і відповідні навчальні заклади різного рівня спеціальної підготовки вже сьогодні до масштабної заміни ТРЗ? Не є виключенням з проблеми і залізничні підрозділи великих промислових підприємств, діючий парк яких нараховує десятки маневрових тепловозів вітчизняного виробництва.

Автор пропонує звернути увагу на можливість підвищення паливної ефективності тепловозів в якості ТРС, а отже, зниження собівартості виконуваної ними транспортної роботи, через удосконалення транспортної технології шляхом наукового обґрунтування вибору режимів ведення поїздів вітчизняними (і не тільки).

При виборі найбільш ефективних режимів в процесі розробки алгоритму вибору режимів мають бути враховані:

– серія тепловоза з притаманними йому тяговими характеристиками в усьому діапазоні швидкостей руху;

- марка дизеля з витратними паливними характеристиками на всіх рівнях потужності (позиціях контролера);
- профіль окремих ділянок як складових тягового полігону;
- вага обслуговуваного поїзда;
- технічний стан силової установки тепловоза (за результатами останніх проведених відповідних стендових випробувань).

Одним з принципово важливих питань організаційно-технічного характеру є забезпечення об'єктивної кількісної оцінки витраченого дизельного палива в тому числі і для попередження неврахованого суб'єктивного впливу через його можливий несанкціонований відбір.

Отримання в результаті проведення багатфакторного експерименту первинних результатів з подальшим їх практичним підтвердженням на ТРС дозволить скласти необхідні відповідні режимні карти ведення поїздів для локомотивних бригад.

Слід зазначити, що алгоритм вибору найбільш ефективних режимів ведення поїзда не враховує погодні умови і вимоги графіка.

## ОБ'ЄКТИВНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ РОБОТИ ТРС ЗАЛІЗНИЦЬ

Мartiшевський М.І.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Martyshevskiy Mykhailo. Objectivity of measurement of transport work of trade railways*

**Summary.** *The introduction of a parallel system for determining the transport operation of locomotives is substantiated and proposed.*

Ключове значення для економіки будь-якої розвиненої сучасної держави, важливість ролі перевезень не визиває ні найменшого сумніву. Часто мережу залізниць держави порівнюють з кровоносною системою людського організму. Навіть в країнах Європи чи Америки з високо розвиненою автомобільним транспортом залізниці сприяють стабільному вантажообігу, що позитивно впливає на процвітання і могутність цих держав. Забезпечуючи своєчасну доставку вантажів, залізниця є і одним з найзначніших постачальників коштів для формування бюджету країн.

Пропозиція: виконувати транспортну роботу не залежно від роду служби (виду виконуваної роботи), слід вимірювати в «тонно-кілометрах», де «тонна» означає силу тяги задіяного ТРС, а не вагу перевезених складів брутто. Особливо такий підхід актуальний для маневрової роботи, виконуваної тепловозами.

Впровадження окремої чи додаткової (паралельної) одиниці вимірювання виконуваної транспортної роботи для деяких служб в складі інфраструктури управління залізниць України здається мало важливим, але ж питання «справедливого розподілу» отриманого прибутку, отриманого за рахунок виконаних перевезень між департаментами Укрзалізниці до сих пір не вирішені.

Автор вважає, що сучасний енергетичний фон для забезпечення більш об'єктивної кількісної оцінки виконаної транспортної роботи був би зовсім не зайвим.

Спрощено формулювання зазначеного алгоритму визначення виконуваної роботи для ТРС: «робота по переміщенню поїзда дорівнює добутку сили тяги локомотива на відстань переміщення поїзда». В загальному випадку сила тяги локомотива – змінна за величиною. Основні труднощі виникнуть в ході розробки способу визначення сили тяги ТРС в функції переміщення (лінійної координати поїзда), а також в частині розробки необхідної сучасної контрольно-реєстраційної приладової бази.

Ще декілька принципово важливих питань організаційно-технічного характеру:

1. *об'єктивність* кількісної оцінки обсягу транспортної роботи, виконаної конкретною одиницею ТРС;
2. можливість «*справедливого утримання*» ТРС (за обсягом дійсно виконаної роботи), наприклад, в частині ремонту конкретного локомотива;
3. *технічна можливість і достовірність* статистичної цільової оцінки обсягів виконаної роботи (для локомотива чи залізничної станції, за зміну, добу чи інший звітний період).

Не менше актуальним впровадження нової чи контрольно-дублюючої системи обліку транспортної роботи може бути для великих промислових підприємств, у яких експлуатаційний парк маневрово-вивізних чи маневрово-технологічних тепловозів з різною системою тягової передачі нараховує десятки одиниць, для яких система кількісної оцінки виконуваної транспортної роботи на підприємстві не може використовувати традиційний сьогодні показник транспортної роботи залізниць ( $10^4$  т-км брутто), бо сама специфіка маневрово-технологічної роботи дуже часто не схожа на традиційну технологічну маневрову роботу залізничних станцій.

## СИСТЕМА БЕЗПЕКИ ДВЕРЕЙ ПАСАЖИРСЬКОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Бобирь Д. В. \*, Сердюк В. Н. \*, Бронштейн Я. І. \*\*

\* Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка  
В. Лазаряна, \*\* BG electric.K. Koeln Deutschland

*Bobyry Dmytro, Serdyuk Volodymyr, Bronstein Jacob. Security system of passenger rolling stock doors. Safety system of passenger rolling stock doors.*

**Summary.** *On European railways, all doors of passenger trains through which passengers pass must be equipped with a safety system. To increase the competitiveness of domestic railcar rolling stock by bringing its individual subsystems in line with the conditions of interoperability and safety of passengers must meet the requirements of class 4 according to DIN V 19250 or 3rd category of safety according to DIN EN 954-1. To do this, it is necessary to re-equip the door closing devices of domestic rolling stock with OSE (Optical Safety Edge), which meets the critical requirements.*

У сучасних пасажирських потягах усі двері, через які проходять пасажирів, оснащені системою безпеки. Ця система має на своїй меті рятування життя людини в екстремальній ситуації шляхом своєчасного розпізнавання затиснутого об'єкту у разі закривання дверей поїзда.

У основі системи OSE (Optical Safety Edge) лежить оснащення вагонних дверей спеціальним гумовим профілем, який стикається під час закривання кромки. У профілі вгорі і внизу в порожнистій повздовжній камері круглого перерізу 0,11 мм розташовані оптоелектронні сенсори, а саме, приймач OSE – R 1101 і передавач OSE – T 1101, які підключені до блоку оцінки сигналу OSE – C 4011, встановленому в електрошафі рухомого складу.

Передавач по спеціальному алгоритму випромінює інфрачервоний світловий сигнал, який приймається приймачем, якщо камера гумового профілю вільна, тобто якщо профіль не деформований стороннім предметом. Прийнятий приймачем світловий сигнал трансформується в періодичний електричний сигнал, який приходить на блок оцінки сигналу і також в якості зворотного зв'язку поступає на передавач.

Затиск предмета (людини) в дверях потягу деформує дверний гумовий профіль, що призводить до зміни інтенсивності світлового потоку між оптичними сенсорами в камері профілю (рис. 1).

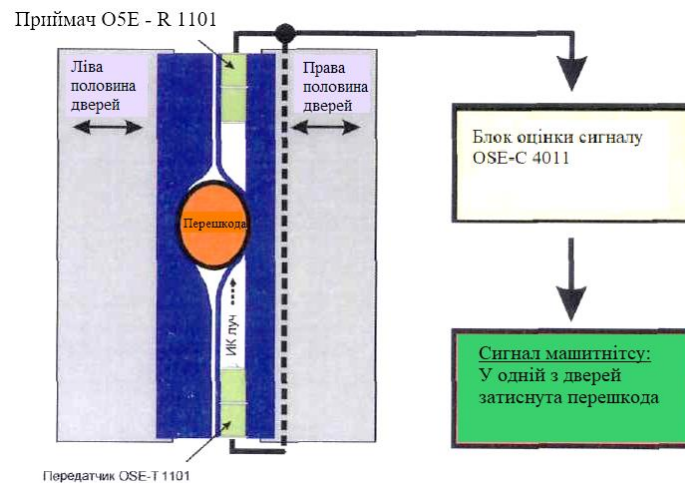


Рис. 1- Аномальний стан дверей (активна фаза роботи системи)

Активна фаза роботи системи: розпізнавання затиску протягом часу від початку закривання дверей і, у разі вже закритих дверей, до досягнення поїздом заданої швидкості, наприклад 8 км/год. Система видає сигнал на екстрену зупинку потягу і відкриття дверей.

Пасивна фаза роботи системи: розпізнавання затиску у разі закритих дверей після розгону поїзда. Система тільки видає повідомлення про затиск предмета машиністові і бортовому комп'ютеру.

Реакція електронного блоку на розпізнаний затиск, установка постійних часу, а також чутливість системи і установка значення розпізнаваної сили будуть специфіковані за потребою виробництва. Рекомендована величина сили 50...70 Н.

Цілком залиті сенсори добре витримують вологість, забруднення і інші дії довкілля.

Системна надійності досягнута за допомогою так званих самонавчальних сенсорів. Це фірмове know-how дозволяє системі постійно знаходитися в положенні "натягнутої струни".

Ушкодження кабелю, як те обрив або коротке замикання, а також внутрішні дефекти складників розпізнаються системою автоматично.

Важливі властивості системи OSE:

- система OSE відповідає вимогам 4-го класу по DIN V 19250 або 3-ій категорії безпеки по DIN EN 954-1;
- надійне динамічне розпізнавання затиснутого предмета розміром від 4 мм, наприклад, натягнутий собачий повідець;
- здатність зберігати свої функції при ушкодженнях внаслідок вандалізму: розрізи, пориви, отвори і т.п.;
- тривала протидія негативним діям довкілля (температура, вологість, забруднення);
- властивість самонавчання сенсорів компенсує старіння профілю, зміну його геометрії, погіршення відбиваючої здатності профілю;
- система не має періодично замінюваних компонентів і не вимагає регулярного обслуговування;
- гумовий профіль може бути виготовлений по кресленнях, узгоджених з клієнтом, дуже різноманітні форми. Матеріал: EPDM, Shore  $65 \pm 5A$ , S3 / S4, SR2 по DIN 5510;
- електронний блок монтується будь-яким зручним способом і працездатний в будь-якому положенні;
- можлива розробка блоку оцінки сигналу з напругою живлення за узгодженням із замовником;
- сенсори залиті герметичним і еластичним компаундом;
- нечутливість до вологості, стійкість до атмосферних дій і старіння;
- висока механічна стабільність;
- широкий спектр робочих температур;

— нечутливість до стороннього світла завдяки фільтрації і складному алгоритму модуляції сигналу.

Для підвищення конкурентоздатності вітчизняного моторвагонного рухомого складу шляхом приведення окремих його підсистем у відповідність до умов інтероперабельності та безпеки пасажирів необхідно обладнати пристрої закриття дверей рухомого складу системою OSE, що відповідає критичним вимогам.

## УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ СЕРВІСУ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКУ

Мацегора Д.О., Крашенінін О.С.

Український державний університет залізничного транспорту (УкрДУЗТ)

*Krashenin Oleksandr, Matsehora Dmytro. Inventory management in the organization of locomotive fleet service.*

**Summary.** *The introduction of a new system of maintenance and restoration of the locomotive fleet on the principles of service requires a clear organization of the supply of spare parts for repair infrastructure. The system considers the solution of the optimization problem of the balance of profits and losses in the creation of stocks for locomotive service. Assuming that the process demand was mostly random, it is proposed to introduce a target function that takes into account the definition of the law of distribution of demand for spare parts, based on the minimum of the given measurements for their acquisition and storage. With this in mind, it is proposed to create an ideology of "virtual storage" to optimize stocks and their costs.*

Управління запасами є важливим елементом діяльності підприємства, оскільки на їх створення витрачається значна кількість матеріальних ресурсів. Запаси являють собою один із чинників, що впливає на рівень ефективності функціонування підприємства. Проте більшість підприємств не приділяють належної уваги питанням управління виробничими запасами і постійно недооцінюють свої майбутні потреби в наявних запасах, внаслідок чого змушені нести додаткові витрати.

Завдання управління запасами відносяться до завдань оптимізаційного типу. Кожна зі складових процесу поставки, зберігання і витрачання запасів може бути оцінена деякими витратами. Так, кожна партія запасів вимагає витрат на поставку, якими можуть бути транспортні витрати, витрати по заробітній платі, витрати на запуск в серію і т.д. Очевидно, що зі збільшенням періоду між суміжними поповненнями запасів кількість партій в плановому періоді буде зменшуватися і витрати на поставки будуть знижуватися.

Запаси, що надійшли на підприємство, повинні зберігатися на складі, і для цього також потрібні деякі витрати. Зі збільшенням розмірів партії запасів витрати на зберігання будуть зростати. Таким чином, сумарні витрати в моделях управління запасами складаються з альтернативних доданків, що представляють собою витрати на поставку і зберігання. При збільшенні періоду між постачанням і відповідно обсягу поставок одна з складових (витрати на зберігання) збільшується, а інше (витрати на поставку) - зменшується. Завдання оптимізації запасів зводиться до визначення шуканих параметрів моделі, що забезпечують мінімум сумарних витрат.

Для цього запропоновано:

- критерій визначення витрат на утримання запасів при заданому законі розподілу необхідної кількості запасів;
- визначення умови оптимальної кількості запасів;
- визначення величини запасів;
- створення ідеології «віртуального сховища».



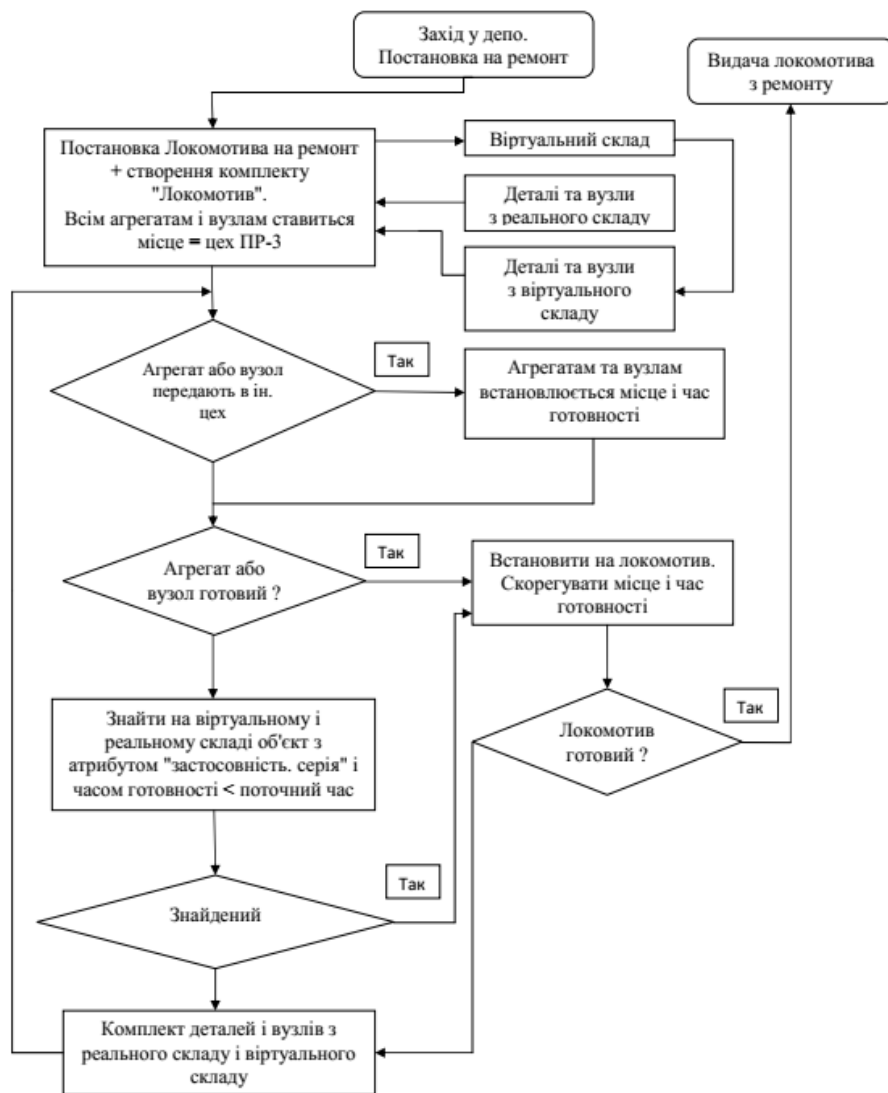


Рис. 1. Схема обороту деталей та вузлів в «Віртуальному складі»

Для оптимізації нормативного запасу деталей і вузлів і в першу чергу для скорочення, часу ремонтного циклу необхідно створити підсистему "Віртуальний склад" в структурі ІС Склад на додаток до реального складу запасних частин. У цей "Віртуальний склад" поміщують деталі і вузли, що надходять в ремонт зі складу депо і деталі і вузли локомотива, що надійшли в ремонт.

Підсистема "Віртуальний склад" поліпшує контроль і оперативність виконання ремонтів. Так, при постановці локомотива на ремонт всі вузли і деталі локомотива автоматично надходять до реєстру "Віртуального складу". Процес ремонту і готовність деталей відстежується в режимі реального часу. Таким чином, контролюється, в якому підрозділі і на якому ремонті знаходяться вузли та деталі, а також в якому вони стані. Це дозволить контролювати процес проходження через ремонтні дії деталей і вузлів, а також контролювати технологічний запас.

## ГІБРИДНА СИЛОВА УСТАНОВКА ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДА ЗІ ГІДРОПЕРЕДАЧОЮ ПОТУЖНОСТІ

Жалкін С.Г.

Український державний університет залізничного транспорту

*Zhalkin S. Hr. Hybrid power plant of diesel train with hydraulic transmission.*

**Summary.** *Not looking on the row of advantages of as compared to the electric transmission of power, a diesel-hydraulic power-plant has the same failings during exploitation is considerable part of burn-time on the uneconomical and unecological modes. With the purpose of reduction of such modes of operations of TPS, a hybrid (complex) power-plant (GSU) is offered as of energy.*

Витрати на протязі життєвого циклу ТРС залізниць складаються з двох основних витрат: експлуатаційних (не менш 74 % від загальної сумарної вартості життєвого циклу) та ремонтних (біля 15 %). У складі експлуатаційних витрат ключову позицію утримує витрата палива та оливи й тому науково-дослідні та конструкторські роботи спрямовані на зменшення цих витрат за рахунок розробки економічних дизельних двигунів, удосконалення методів експлуатації. Зменшення шкоди навколишньому середовищу від викидів забруднюючих речовин (відпрацьованих газів, палива, оливи та інше), особливо при пересуванні дизель-поїздів та рейкових автобусів на територіях великих міст, під час роботи маневрових тепловозів в закритих приміщеннях (промислових цехах, логістичних центрах тощо) є обов'язковою умовою.

Велике удосконалення двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) на номінальних режимах втрачає свій сенс особливістю експлуатації дизель-поїздів та маневрових тепловозів, яка призводить до низького коефіцієнту використання потужності (у межах 0,16-0,26) та середньо-експлуатаційного коефіцієнта корисної дії (ККД).

У приміському перевезенні пасажирів на не електрифікованих ділянках залізниць застосовуються спеціалізований рухомих склад – дизель-поїзди з тепловозною тягою та дизельний моторвагонний рухомий склад (дизель-поїзди, рейкові автобуси). Особливістю експлуатації дизель-поїздів та рейкових автобусів у приміському русі є наявність частих зупинок (відстань між зупинками складає від 3 до 10 км), що викликає значний час роботи двигуна на холостому ході, малої (не номінальної) потужності, на неусталених режимах, тобто режимах експлуатації дизель-поїздів та маневрових тепловозів зі гідروпередачею сходні. У той же час дизель-поїзди та рейкові автобуси значну частину часу знаходяться в містах та передмісті де на вокзалах завжди є компактне скупчення пасажирів, тому потрібні заходи по зменшенню задимленості таких територій та шумового навантаження на населення. Все це вказує на необхідність розробки силових установок, які мають підвищену економічність та екологічність для ТРС залізниць, що виконує маневрову роботу та приміські перевезення пасажирів.

Для підвищення економічності та зменшення впливу відпрацьованих газів (ВГ) на навколишнє середовище та населення розробленні гібридні та комбіновані силові установки (ГСУ), у вигляді комбінації декількох двигунів, що працюють на різних фізичних принципах (застосування накопичувачів енергії, робочого тіла у вигляді, повітря, пари, рідини і т.п.).

Найбільше застосування ГСУ мають на автомобільному транспорті де накопичувачі енергії складаються з акумуляторних батарей, електрохімічних конденсаторів, використовується альтернативне паливо. Силова установка гібридного автомобіля, як правило, включає до себе крім основного двигуна допоміжний двигун та контур рекуперації енергії, при чому на основний та допоміжний двигуни мають енергію від джерел різних типів.

Автономний ТРС залізниць, який має електричну передачу потужності, тому, як правило, на тепловозах застосовують накопичувачі електроенергії та тягові АБ.

Особливості дизель-поїздів та маневрових тепловозів не великої потужності промислового транспорту полягає в тому, що крутий момент від первинного двигуна (ДВЗ) до рушійних колісних пар передається гідропередачею, робочою рідиною якої є олива. Тому відомі діючі ГСУ автомобілів та тепловозів з електропередачею потужності з накопичувачами не можливо застосувати на дизель-поїздах та тепловозах з гідравлічною передачею потужності.

Одним з перспективних напрямів модернізації дизель-поїздів та маневрових тепловозів, обладнаних гідропередачею потужності, є застосування ГСУ з гідравлічними акумуляторами, енергією яких є стиснута робоча рідина (олива). Обидва види енергії – ДВЗ (основне джерело) й гідроакумулятор (друге джерело) – призначені для забезпечення гідропаратів гідропередачі стиснутою оливою, при чому друге джерело енергії використовується замість режимів роботи ДВЗ з низькою паливною економічністю та високою токсичністю відпрацьованих газів (холостий хід, малі навантаження, неусталені процеси). В результаті є можливість знизити витрату вуглеводневого палива, шкідливий вплив відпрацьованих газів та шумове навантаження на навколишнє середовище.

Таким чином рух дизель-поїзда та рейкового автобуса з гідропередачею та ГСУ, забезпечується двома видами енергії, однією з яких є дизельне паливо, а другою стиснута до високого тиску олива, яка подається до гідропередачі з гідроакумулятора при непрацюючому ДВЗ.

Застосування гідроакумулятора, який забезпечує рушення дизель-поїзда при непрацюючому ДВЗ, надає можливість виключити роботу ДВЗ на режимах з низькою паливною економічністю та високою токсичністю відпрацьованих газів, що дозволяє знизити витрату дизельного палива, шкідливий вплив цих газів та шумове навантаження на навколишнє середовище, особливо на територіях залізничних вокзалів та великих міст.

## СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД НОРМУВАННЯ ВИТРАТИ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ НА ТЯГУ ДЛЯ ЛОКОМОТИВІВ ТА МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Барібін М.А. \*, Карашук В.О. \*\*, Клецька О.В. \*\*\*, Іванченко Д.А. \*\*\*

\*Український державний університет залізничного транспорту, \*\*Державний університет інфраструктури та технологій \*\*\*Приазовський державний технічний університет

*Barybin Mykola, Karaschuk Victorija, Kletska Olha, Ivanchenko Dmytro. Statistical method for rationing energy consumption for traction for locomotives and motorway rolling stock.*

**Summary.** *The report is devoted to the selection of basic principles and approaches for rationing the consumption of fuel and energy resources for train traction using the statistical method. The main functions and methods of extrapolation with the definition of the optimality criterion are considered. The importance of using the statistical method for preventing theft of energy resources and finding ways to optimize train traction costs is proved.*

Нормування витрат паливно-енергетичного ресурсу, як основного складового собівартості перевезень, в ринкових умовах конкуренції транспортних компаній за потоки вантажів чи пасажирів, та товарів країни на світових ринках є актуальним питанням сьогодення. При закупівлі нового чи використанні існуючого рухомого складу виникає потреба встановити для працівників залізниці обґрунтовані рівняння пошуку витрати палива чи електроенергії з метою недопущення перевитрат на тягу та пошуку оптимальних режимів ведення поїзда.

Існує безліч підходів до нормування витрати енергії на тягу, проте всі вони базуються на статистичному дослідженні маршрутів машиністів з контрольно-інструкторських, дослідних, з вагоном лабораторією чи звичайних поїздок на обраному типі рухомого складу,

певного профілю, ваги, кліматичних та технічних умов експлуатації. Перевагою даного методу є універсальність, отримання реальних значень нормоутворюючих коефіцієнтів рівняння та можливість встановлення величини витрат новим тяговим рухомим складом в конкретних умовах експлуатації. До недоліків даного методу слід віднести залежність від об'єму статистичних даних (при недостатній кількості можлива значна похибка) та величин (однотипність і кількість обчислень).

Аналіз статистичних даних, отриманих з поїздок, заснований на збиранні інформації відповідного типу рухомого складу та сортування його за видами руху, поїзними чи кліматичними умовами. Накопичення працівниками АТ «Укрзалізниця» певного об'єму призводить до появи можливості корегування тягово-енергетичного паспорту рухомого складу чи нормоутворюючих коефіцієнтів рівнянь.

Методикою служить екстраполяція кривої реальної витрати, що заснована на поточному технічному стані та поїзних умовах, одним з трьох методів теорії оцінювання. Тобто оцінювання значень параметрів на основі зібраних даних, що мають випадкову складову. Ці параметри описують належне фізичне середовище таким чином, що їхні значення впливають на розподіл вимірних даних.

Отже, статистична оцінка їх дозволяє знайти ці невідомі параметри. До методів пошуку, які найбільше використовуються, відносять методи моментів, максимальної правдоподібності та найменших квадратів. В автоматизованих системах обліку коефіцієнтів рівнянь реалізація статистичного підходу повинна включати всі без винятку методики. Загальна мета яких полягає у пошуку рівняння опису. В автоматизованих системах пропонується використовувати вирази усіх типів: постійних, прямої пропорційності, лінійних, зворотно пропорційних, поліноміальних, степеневих (з натуральним чи експоненціальним показником), показникових, логарифмічних чи інших видів рівнянь. Величина діапазону обчислень кількості кривих пояснюється пошуком збіжності результуючих даних обчислень та статистично зібраної інформації. Отже, головною задачею є аналіз всіх можливих рівнянь опису для пошуку оптимального (максимально наближеного) виразу. Наступним кроком апроксимації функції є пошук мінімальних значень середньоквадратичних відхилень екстрапольованих функцій протягом всього життєвого циклу рухомого складу. Для цього проводять обчислення суми квадрату різниці теоретичних (за рівняннями опису) та практичних (в результаті поїздок). Вказаний вираз, сума середньоквадратичних відхилень функції від реальних значень, по чергово перевіряють за критерієм мінімальності. Отримання найменшого значення є фактичним підтвердженням максимальної збіжності екстрапольованої кривої апроксимації результатів статистичного набору інформації з поїздок.

В ході обчислень визначається рівняння з найменшим значенням середньоквадратичного відхилення, яке є описовою функцією тягово-енергетичного паспорту чи нормоутворюючих коефіцієнтів рівнянь. Для зменшення психо-емоційного навантаження персоналу та часу обчислень рекомендується застосовувати автоматизовані системи пошуку параметрів, які контролюються, з врахуванням критеріїв збіжності.

Впровадження нормування витрати енергоресурсів в цілому, та статистичного методу в деяких випадках, дозволить оптимізувати паливно-енергетичний баланс АТ «Укрзалізниця». Також нормування запропонованим способом дозволить встановити оптимальні режими ведення поїзда та попередити можливі втрати і крадіжки з енергосистеми залізниць й тягового та моторвагонного рухомого складу, що підвищить якість функціонування відокремлених підрозділів та економіки країни.

## ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЧАСОВОЇ ФОРМИ ВІБРАЦІЇ ТЯГОВИХ РЕДУКТОРІВ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ

Михалків С. В., Ходаківський А. М.

Український державний університет залізничного транспорту

*Mykhalkiv Serhii, Khodakivskiy Andrii. Application of the integrated algorithm for the time-domain vibration analysis of the traction gearboxes.*

**Summary.** *The abstract deals with improvement of the technology for the vibration-based diagnostics of electric train traction gearboxes by means of the introduced alternative statistical analysis method called Integrated kurtosis-based algorithm. The reliability of algorithm has been evaluated by observing the coefficients for different states of traction gearboxes and the coefficient values were compared to the existing statistical parameters, which are root mean square and kurtosis. Finally, the applicability of the Integrated kurtosis-based algorithm was verified. The algorithm which will provide a better account of the useful components of vibration signals compared to commonly used features.*

Зареєстровані вібраційні сигнали механічного обладнання МВРС, ТРС містять детерміновані, стохастичні компоненти і характеризуються численними фазовими, амплітудними, частотними коливаннями та енергетичними змінами. Детерміновану компоненту описують математичною залежністю значень до функції часу, водночас правильна інтерпретація стохастичних компонентів потребує залучення більш складних спектральних методів.

Статистичні індикатори для аналізу часової форми дискретного вібраційного сигналу (середньоквадратичне значення, ексцес, хрест фактор, асиметрія, пікове значення та відношення сигнал/шум) набули широкого вжитку для пошуку пошкоджень у вібродіагностуванні механічних вузлів. Згадані індикатори є простими в застосуванні, однак отримані результати супроводжуються низькою точністю, яка слабшає залежно від складності вузлів, які зазнають діагностування. Здебільшого застосовують k-ий момент вібрації

$$M_k = 1/N \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^k,$$

де  $\bar{x}$  – математичне сподівання, м/с<sup>2</sup>.

Найбільшого вжитку набув 2-ий момент вібрації, або середньоквадратичне значення (СКЗ) та 4-ий момент, або ексцес K. СКЗ є найпоширенішим скалярним індикатором, який дозволяє обліковувати енергію, що генерується й вважається дієвим інструментарієм для стеження за зростанням середньої амплітуди сигналу (ознака наявних розповсюджених пошкоджень) й визначається

$$СКЗ = \sqrt{1/N \sum_{i=1}^N x_i^2},$$

де N – довжина вібраційної реалізації;  $x_i$  – поточна величини амплітуди, м/с<sup>2</sup>.

На жаль СКЗ не надає інформації про короточасні зміни обвідної сигналу. Ексцес володіє високою чутливістю до імпульсного наповнення в сигналах, які асоціюються з наявними пошкодженнями

$$K = 1/N\sigma^4 \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^k,$$

де  $\sigma^2$  – дисперсія.

Для розподілу Гауса  $K \approx 3$ , якщо результати подальших обчислень перевищують 3, то це означає наявність стрімкіших піків і, відповідно, пошкоджень. Очевидно, що подібне значення є занадто спрощеним для того, щоб запропонувати «швидку» діагностику з багатьох причин. Поріг має обиратись для кожного конкретного випадку й може встановлюва-

тись для максимального рівня еталонного сигналу, також число порогів може бути більше одного. Чутливість ексцесу до імпульсів призводить до зростання значень ексцесу й демонстрацією майже нульових значень за умови наявного шуму. Отже, спершу імпульси мають відфільтровуватись для набуття сильно вираженого характеру про що свідчитиме висока величина відношення сигнал-шум. Шум зазвичай заповнює широкий частотний діапазон і маскує сигнал, що несе діагностичну цінність. Результатом цього є неспроможність ексцесу зафіксувати характерні піки імпульсів, які асоціюються з пошкодженнями й фактично величина ексцесу є трохи вище за нуль. Заразом усі методи з використанням статистичних індикаторів демонструють їх зростання при настанні аварійного стану, хоча особливості навантаження та конструкції призводять до набуття різних значень статистичних індикаторів із високою схильністю до значних коливань, або несуттєвих відмінностей між справним і несправним вузлом, що визначає їх низьку спроможність ефективно визначати технічний стан елементів тягових редукторів електропоїздів.

Комплексний алгоритм, який заснований на ексцесі є альтернативним статистичним аналізом, який надає низку переваг упродовж обліку складових вібрації різної природи порівняно з класичними й може додатково використовуватись до наявних методів. Коефіцієнт комплексного алгоритму визначається

$$Z^{\infty} = 1/N \cdot \sqrt{K \cdot s^4}.$$

Упродовж експериментальних досліджень колісна пара КРБ на випробувальному стенді розкручувалась до частоти обертання 219 об/хв. Вібрація реєструвалася у широкому частотному діапазоні  $f_{\text{ш}} = 0 - 9$  кГц віброакселерометром, що кріпився до поверхні підшипникової кришки тягового редуктора і в цифровому самописці відбувалося перетворення вібраційної реалізації в дискретну форму з частотою дискретизації  $f_s = 46$  кГц. Обчислення статистичних індикаторів та їх відхилень для справного тягового редуктора, для тягового редуктора з пошкодженням підшипником передньої кришки та для тягового редуктора з пошкодженням підшипником і зубчастим зачепленням здійснювалось у низькому частотному діапазоні  $f_{\text{н}} = 0 - 0,5$  кГц, високому частотному діапазоні  $f_{\text{в}} = 7 - 9$  кГц та у  $f_{\text{ш}}$  (табл. 1).

Таблиця 1

Статистичні індикатори для різних технічних станів елементів тягового редуктора електропоїзда

	СКЗ	d, %	K	d, %	$Z^{\infty}$	d, %
Справний тяговий редуктор, $f_{\text{ш}}$	0,038	72,9	4,7	73,3	$1,57 \cdot 10^{-10}$	99,4
Пошкоджений підшипник і зубчасте зачеплення, $f_{\text{ш}}$	0,14		17,6		$2,54 \cdot 10^{-9}$	
Пошкоджений підшипник, $f_{\text{ш}}$	0,065	53,6	4,86	72,4	$2,23 \cdot 10^{-9}$	91,2
Справний тяговий редуктор, $f_{\text{н}}$	0,0053	80,5	5,24	6,6	$8,7 \cdot 10^{-11}$	98,3
Пошкоджений підшипник і зубчасте зачеплення, $f_{\text{н}}$	0,0196	27,9	5,61		$5,09 \cdot 10^{-9}$	
Пошкоджений підшипник, $f_{\text{н}}$	0,0272		3,57	36,4	$2,9 \cdot 10^{-10}$	94,3
Справний тяговий редуктор, $f_{\text{в}}$	0,0083	77,4	5,01	82,2	$4,2 \cdot 10^{-9}$	93,6
Пошкоджений підшипник і зубчасте зачеплення, $f_{\text{в}}$	0,0368		28,2		$6,6 \cdot 10^{-8}$	
Пошкоджений підшипник, $f_{\text{в}}$	0,0111	69,8	8,14	71,1	$9 \cdot 10^{-9}$	86,4

Обчислені коефіцієнти  $Z^{\infty}$  характеризуються найвищими відхиленнями серед інших двох поширених статистичних індикаторів, що визначає їх найкращу ефективність із відокремлення різних станів елементів тягових редукторів електропоїздів.

Отже, найкращий статистичний індикатор для діагностування технічного стану механічного вузла повинен володіти адаптивністю, точністю, гнучкістю, низькою чутливістю до наявного шуму, володіти здатністю одночасного виявлення амплітудних і частотних змін й зазнавати простої інтерпретації.

## ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ЛОКОМОТИВІВ НА ОСНОВІ ОДНОФАКТОРНОЇ РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ

Коваленко В.І., Жалкін Д.С.

Український державний університет залізничного транспорту

*Kovalenko Vitaliy, Zhalkin Denis. Prediction of reliability indicators of locomotives based on one-factor regression model.*

**Summary.** *On the basis of statistical data collected in the locomotive depot, a one-factor regression model was obtained, on the basis of which a short-term forecast of the failure rate of locomotives was made. The conclusion is made about the insufficient efficiency of predicting the reliability indicators of locomotives on the basis of one-factor regression and the expediency of using multifactor regression models with indicator variables for extrapolation.*

Надто важливе місце у вирішенні проблеми підвищення використання тягового рухомого складу в умовах дії на них швидкозмінних експлуатаційних та кліматичних факторів займають питання оптимального управління надійністю локомотивів та їх агрегатів, засновані на методах прогнозування їх технічного стану.

Прогнозування технічного стану локомотивів повинно спиратися на вивчення тенденцій, що спостерігаються у змінненні їх поточного стану, який в експлуатації локомотивів визначається сукупністю значень показників надійності. Таким чином, прогнозування залишкового ресурсу локомотивів повинно базуватися на прогнозуванні значень відповідних показників їх надійності. Це може здійснюватися на базі математичного апарату екстраполяції процесів, які описують закономірності змінення показників надійності локомотивів в процесі експлуатації.

У якості показника надійності локомотивів було обрано ретроспективний ряд потоку їх відмов по локомотивному депо Основа регіональної філії "Південна залізниця" ПАТ "Укрзалізниця" помісячно за період 5 років.

Доволі прості та наочні прогнозні моделі часових рядів з нелінійною динамікою розвитку можна одержати на основі однофакторного регресійного аналізу.

Проведений візуальний аналіз динаміки часового ряду кількості непланових ремонтів на  $10^6$  км. пробігу у межах полігону експлуатації локомотивів локомотивного депо Основа свідчить про поліноміальний клас кривої зростання.

Враховуючи вищесказане, для полігону експлуатації локомотивів локомотивного депо Основа було одержано в явному вигляді математичну однофакторну регресійну модель змінення надійності локомотивів у часі. Оцінювання коефіцієнтів моделі виконувалося за відомими методиками.

Оцінка адекватності моделі здійснювалася за допомогою коефіцієнта розходження Тейла  $V$ , середньої абсолютної похибки апроксимації  $\bar{e}$ , середньої відносної похибки апроксимації  $A$ , коефіцієнта кореляції,  $R$ .

Аналіз критеріїв адекватності апроксимації свідчить про достатню якість одержаної однофакторної регресійної математичної моделі ( $V=0,094$ ,  $\bar{e}=0,849$ ,  $A=7,408$ ,  $R=0,922$ ). За одержаною регресійною математичною моделлю було виконано прогнозування потоку відмов локомотивів по полігону експлуатації локомотивів локомотивного депо Основа на 5 кроків. Проте, незважаючи на достатньо якісну апроксимацію одержаною однофактор-

ною регресійною моделлю часового ряду досліджуваного показника надійності локомотивів, аналіз критеріїв якості прогнозу на базі вказаної моделі свідчить про надто низьку його точність навіть при короткостроковому прогнозуванні на 1-2 кроки ( $V=5,70$ ,  $\bar{e}=39,56$ ,  $A=427,53$ ). Причому збільшення ступеня поліному апроксимації в процесі проведення досліджень не відобразилося значно на підвищенні точності прогнозу.

Помітним недоліком одержаної однофакторної регресійної моделі, між іншим, як і моделей прогнозування на основі ковзних середніх, експонентної середньої, та середнього темпу зростання є її однопараметричність, що призводить до непридатності моделі для якісного системного аналізу системи технічного обслуговування та ремонту тягового рухомого складу (ТРС) із-за неврахування впливу на надійність ТРС різноманіття експлуатаційних факторів.

Розширити можливості регресійного аналізу для системного дослідження рядів динаміки показників надійності локомотивів, а також підвищення точності їх екстраполяції можна, наприклад, застосуванням класу регресійних багатфакторних моделей, з індикаторними змінними.

### ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИСОКОШВИДКІСНОГО НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Сохацький А.В., Арсенюк М.С.

Університет митної справи та фінансів, Інститут транспортних систем та технологій  
НАН України

*Sokhatsky Anatolii, Arseniuk Mykhailo. Problems of modeling of operating characteristics of high-speed ground vehicle.*

**Summary.** *Modeling the performance of high-speed land vehicles is quite a complex and urgent task. It is necessary to solve the interrelated problem of interaction of the vehicle with the environment, road structure and traffic dynamics. The problem of modeling the aerodynamics of a high-speed ground vehicle is considered. Mathematical modeling of the aerodynamics of transport vehicles is a rather complex and urgent task. The article deals with the problem of modeling the aerodynamics of a high-speed ground vehicle. To describe the flow around the vehicle, the Reynolds-averaged Navier-Stokes equations are used. To close the Reynolds-averaged Navier-Stokes equations, Spalart-Allmaras and Menter's two-parameter SST turbulence model is used.*

*Numerical modeling of the aerodynamic characteristics of a high-speed ground vehicle has been performed. The studies have shown that the spatial position of the vehicle relative to the road structure significantly changes its aerodynamic characteristics.*

Моделювання експлуатаційних характеристик високошвидкісних наземних транспортних апаратів є доволі складною та актуальною задачею. Необхідно розв'язувати взаємозв'язану задачу взаємодії транспортного засобу з навколишнім середовищем, шляховою структурою та динаміки руху. Для забезпечення придатних експлуатаційних параметрів необхідна оптимізація аеродинамічних характеристик високошвидкісних наземних транспортних апаратів. Це пов'язано з тим, що аеродинамічні характеристики є одними з найбільш впливових складових на стійкість та керованість високошвидкісного транспортного апарата. Найбільш досконалі математичні моделі аеродинаміки побудовані на фізичних властивостях в'язкого стисливого газу та ґрунтуються на рівняннях Нав'є-Стокса (Reynolds-averaged Navier–Stokes – RANS). Правомірність їх використання підтверджується багаточисельними дослідженнями. Складності додає той факт, що реальні течії є турбулентними. Розрахунок турбулентних течій і на теперішній час залишається однією з



найбільш складних проблем, а надійне передбачення характеристик турбулентних потоків, що представляють практичний інтерес, як і раніше є швидше виключенням, ніж правилом, що пояснюється винятковою складністю турбулентності як фізичного явища. Їх математичне моделювання і на сьогодні залишається складною проблемою обчислювальної аеродинаміки.

Найбільш досконалою моделлю турбулентних течій є пряме числове моделювання (Direct numerical simulation – DNS). Суть моделі полягає в безпосередньому числовому розв'язанні тривимірних рівнянь Нав'є-Стокса. Розміри тривимірних сіток та кроки інтегрування повинні бути достатніми для розрізнення всіх істотних характеристик течії. Тобто необхідно використовувати надзвичайно мілкі сітки, кількість вузлів яких пропорційна на число Рейнольдса в степені три чвертей. При збільшенні числа Рейнольдса в два рази необхідно збільшити число вузлів сітки на порядок. На практиці DNS застосовується для течій з низькими числами Рейнольдса порядку 1000. В найближчій перспективі застосування DNS є малоімовірним.

Менш вимогливим є метод моделювання великих вихорів (Large eddy simulation – LES). Ідея LES полягає в тому, що на відміну від «глобального» осереднення рівнянь Нав'є-Стокса проводиться їх «фільтрація» тільки від короткохвильових турбулентних неоднорідностей.

Після заміни основних змінних в рівняннях Нав'є-Стокса на суму відповідно відфільтрованих та пульсаційних величин з наступним застосуванням операції фільтрації отримуємо систему рівнянь подібну до рівнянь Рейнольдса. При цьому вплив відфільтрованих («підсіткових») структур на довгохвильові структури турбулентної течії описується за допомогою напівемпіричних моделей. Принципова перевага LES полягає в тому, що, завдяки відносній однорідності та ізотропності дрібномасштабній турбулентності опис її характеристик за допомогою підсіткової моделі виявляється набагато більш точним, ніж моделювання всього спектра турбулентних пульсацій. Основною причиною цього є те, що великі структури часто виявляються недостатньо випадковими, в цьому випадку не до кінця виправданим є використання статистичних моментів для опису їх властивостей, а саме ці величини моделюються в рамках таких підходів.

На сьогодні широке використання отримали гібридні моделі. Суть їх використання полягає в спробі побудови комбінованих моделей, які функціонували б як RANS в одних і як LES в інших областях потоку. Ця можливість відкривається завдяки формальній схожості рівнянь RANS і рівнянь LES. Однак шляхи реалізації цієї можливості є непростими, чим і пояснюється різноманіття форм гібридних моделей.

Найбільш придатними та поширеними в наш час стали методи моделювання відокремлених вихорів (Detached Eddy Simulation – DES) та їх модифікації. Ідея методу DES полягає в використанні рівнянь Рейнольдса тільки в тих областях потоку, де локальний розмір використовуваної обчислювальної сітки недостатній для розрізнення турбулентних структур з лінійними масштабами і в використанні методу LES в областях течії.

Таким розробка математичних моделей аеродинамічних процесів є актуальним та важливим завданням. Метою роботи є побудова математичної моделі, числового методу, алгоритму розв'язування задачі та створення програмного забезпечення для дослідження аеродинамічних процесів турбулентних течій навколо високошвидкісного наземного транспортного засобу.

Для розв'язування задачі з визначення аеродинамічних характеристик транспортного засобу типу Maglev обрано модель течії в'язкого стисливого газу, що описується осередненими за Рейнольдсом рівняннями Нав'є-Стокса. Розрахункова область навколо транспортного апарата є складною, тому доцільно використовувати багато блоковий підхід та криволінійну систему координат. Система рівнянь Нав'є-Стокса осереднених за Рейнольдсом записана для довільної криволінійної системи координат. Визначення характеристик

турбулентності використовувалися моделі турбулентності Спаларта-Аллараса (Spalart-Allmaras – SA) в реалізації відокремлених вихорів та моделі SST Ментера (Shear Stress Transport). Для числового розв’язування системи рівнянь використано метод контрольного об’єму. Розроблено відповідний алгоритм та програмне забезпечення.

В доповіді представлено математичну модель та розроблену числову методику розв’язування задачі, алгоритми та програмне забезпечення моделювання течії в’язкого стисливого газу на основі розв’язування осереднених за Рейнольдсом рівнянь Нав’є-Стокса.

Проведені дослідження показали, що величина куту розміщення транспортного засобу відносно шляхової структури істотно змінює його аеродинамічні характеристики. Аналіз теоретичних та практичних досліджень показує, що аеродинамічні характеристики мають значний вплив на динаміку руху високошвидкісного транспортного засобу. Таким чином для забезпечення потрібних параметрів стійкості високошвидкісного наземного транспортного засобу необхідно враховувати його аеродинамічні характеристики. В подальших дослідженнях потрібно розв’язувати зв’язану задачу динаміки та аеродинаміки транспортного засобу.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИПРОБУВАНЬ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ ДИЗЕЛІВ ТЕПЛОВОЗІВ ПІСЛЯ РЕМОНТУ

Жалкін Д.С., Кушпіль Б-Я. І.

Український державний університет залізничного транспорту (УкрДУЗТ)

*Zhalkin Denys, Kushpil Bohdan-Yaroslav. Improvement of testing processes turbochargers of diesel locomotives after repair.*

**Summary.** *Proposed a scheme stand the test of diesel turbocharger renovated, allows you to define the settings and get response. The calculation of the combustion chamber of the stand allowed us to determine its dimensions and fuel consumption required for supplying gas to the required parameters. The resulting flow rate is much less than when testing the turbocharger on diesel locomotives.*

Дослідженнями встановлено, що більше 60 % дефектів локомотива з’являється після виконання обслуговувань та ремонтів. Використання когнітивних моделей (PEST-аналізу), дозволило виділити основні групи чинників, які визначають поведінку об’єкту, що досліджується. Ситуаційний аналіз проблем (SWOT-аналіз) дозволив визначити актуальні проблемні області, вузькі місця, ризики з врахуванням чинників зовнішнього середовища

На якість ремонту та надійність роботи вузла локомотива найбільший вплив мають порушення технологічного процесу його обкатування та випробування. Аналіз методів та обладнання для ремонту, діагностики й дефектоскопії турбокомпресорів (ТК) тепловозних двигунів виявив низьку вірогідність визначення технічного стану їх елементів та систем. Основними несправностями турбокомпресора є: знос підшипників; прогин валу ротора; знос і пошкодження лопаток колеса компресора і турбіни; підвищений осьовий розбіг ротора. При виявленні будь-якого з цих дефектів турбокомпресор підлягає зняттю з дизеля, розбиранню, очищенню, огляду, ремонту та випробуванням при всіх видах поточних ремонтів.

Мета дослідження полягає в підвищенні надійності роботи тепловозних дизелів шляхом удосконалення методів випробувань ТК після ремонту.

Досягнення цієї мети залежить від вирішення ряду питань, які ввійшли до задач дослідження: проведення аналізу сучасних методів випробувань ТК дизелів; розробки схеми стенда для випробувань після ремонту ТК дизелів, що дозволяє імітувати реальні умови експлуатації; оцінка шляхів можливої технічної реалізації запропонованих методів.

Для випробування ТК після ремонту застосовують спеціальні стенди, що забезпечують розкручування турбіни за допомогою відцентрового вентилятора та зняття даних про роботу турбокомпресора. Стенди забезпечують частоту обертання ротора ТК до  $2000 \text{ хв}^{-1}$ . У той же час робоча частота обертання лежить у діапазоні  $20 \dots 25 \text{ тис. хв}^{-1}$ . При такій частоті обертання виключається ефективний контроль динамічних параметрів, що залежать від якості балансування ротора і якості ремонту підшипників ковзання, а також повністю виключається контроль продуктивності компресора, залежною від якості ремонту соплового апарату ротора та інших вузлів компресора. Відомі також стенди у схему яких включено автомобільні двигуни які працюють як генератори газів. Недоліком таких стендів є низький ККД поршневого двигуна у такому режимі роботи та неможливість забезпечити потрібну кількість відпрацьованих газів перед турбіною.

Удосконалити процес випробувань ТК пропонується за рахунок застосування безмоторного стенда, що дозволяє моделювати роботу на експлуатаційних режимах. Конструкція стенда доповнена камерою згоряння у яку подається дизельне паливо та повітря від компресора. Методика випробувань передбачає: прокачування оливи через систему змащення турбокомпресора під тиском від  $0,2$  до  $0,6 \text{ МПа}$ ; обкатування турбокомпресорів повітрям на малих обертах від  $1000$  до  $3000 \text{ хв}^{-1}$ ; обкатування турбокомпресора газами з температурою до  $600 \text{ }^{\circ}\text{C}$  на середніх оборотах від  $10000$  до  $20000 \text{ хв}^{-1}$  протягом  $15-20$  хвилин; зняття параметрів турбокомпресора з виходом на робочі частоти обертання ротора; перевірка динамічного газо-оливого ущільнення; зняття показників віброприскорення; охолодження турбокомпресорів повітрям (без енергії вихлопних газів).

При випробуванні турбокомпресора заміряються: температура вихлопних газів на вході в турбокомпресор  $T_{\text{т}}$ ; температура повітря на виході з компресора  $T_{\text{п}}$ ; тиск вихлопних газів на вході в турбокомпресор  $P_{\text{т}}$ ; тиск повітря за компресором турбокомпресора  $P_{\text{п}}$ ; частота обертання ротора турбокомпресора.

Об'єм повітряного ресивера стенду обирався рівним сумарному об'єму повітряного ресивера дизеля, що дає можливість провести перевірку компресора на наявність помпажу та провести узгодження характеристик ТК і дизеля.

Конструкція камери згоряння обирається на основі даних одержаних під час розрахунку робочого процесу дизеля.

Витрата повітря через камеру згоряння стенду визначалася під час термодинамічного розрахунку робочого процесу дизеля:

$$G_B = \alpha_{\Sigma} L_o B_r / 3600,$$

де  $B_r$  - годинна витрата палива дизелем у  $\text{кг/г}$ ;  $L_o$  - теоретично необхідна кількість повітря для згоряння  $1 \text{ кг}$  палива;  $\alpha_{\Sigma}$  - сумарний коефіцієнт надлишку повітря.

Розрахунок камери згоряння виконувався на підставі законів збереження маси й енергії:

$$B_T = \frac{G_{\text{п}} \times C_{\text{пп}} \times (T_{\text{т}} - T_{\text{п}})}{\eta_c \times H_u - \Delta i + i_{\text{т}}},$$

де  $B_T$  – витрата палива,  $\text{кг/с}$ ;  $G_{\text{п}}$  – витрата повітря через камеру згоряння,  $\text{кг/с}$ ;  $C_{\text{пп}}$  – середня теплоємність повітря при нагріванні в камері,  $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ ;  $H_u$  – нижча теплота згоряння дизельного палива,  $\text{кДж/кг}$ ;  $\Delta i$  – різниця ентальпії продуктів згоряння та повітря,  $\text{кДж/кг}$ ;  $i_{\text{т}}$  – ентальпія палива,  $\text{кДж/кг}$ .

Виконані розрахунки дозволили визначити розміри камери згоряння: загальна довжина  $l = 1,2 \text{ м}$ ; внутрішній діаметр кожуха  $d_{\text{КВ}} = 0,54 \text{ м}$ ; діаметр жарової труби  $d_{\text{Ж}} = 0,45 \text{ м}$ ; довжина жарової труби  $l_{\text{Ж}} = 0,9 \text{ м}$ ; діаметр зони горіння  $0,54 \text{ м}$ ; довжина зони змішування  $0,36 \text{ м}$ .

Витрата палива камерою згоряння склала  $132-206 \text{ кг/год}$ , залежно від потужності двигуна на який встановлюється ТК.

Застосування запропонованого способу випробувань, з використанням стенду обладнаного з камерою згоряння, без встановлення ТК на дизель дозволяє збільшити експлуатаційну надійність та одержати економічний ефект за рахунок зменшення витрат пального, своєчасної підтримки технічного стану дизеля на необхідному рівні, скорочення витрат запасних частин та часу, що витрачається на ремонт двигуна.

## АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО РОЗРОБКИ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПАРКАМИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Очкасов О.Б., Очеретнюк М.В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Ochkasov Oleksand, Ocheretniuk Maksym. Analysis of approaches to vehicle park management.*

**Summary.** *The thesis is devoted to the analysis of approaches to vehicle control systems. The material highlights modern technologies that allow modeling and analysis of vehicle management systems.*

Управління парком транспортних засобів являє собою комплекс заходів, які спрямовані на оптимізацію витрат і організацію процесів експлуатації та утримання парку транспортних компаній. Саме тому, аналіз підходів до розробки систем управління парками транспортних засобів є метою нашого дослідження.

Переважає більшість транспортних компаній світу кожного року витрачають значні кошти для розробки та впровадження систем управління парками транспортних засобів з метою мінімізації витрат на їх ремонт та експлуатацію.

Одним із напрямків удосконалення систем управління транспортом у багатьох компаній є розробка методів і засобів для оптимізованого оперативного планування процесів пов'язаних з експлуатацією та ремонтом. Ключову роль у вирішенні питання відіграє імітаційне моделювання, особливо цифрові двійники, побудовані за допомогою цієї технології. Цифровий двійник – це віртуальна копія фізичної системи і її процесів. Такі імітаційні моделі можуть постійно оновлюватися, використовуючи актуальні дані з різних джерел, і таким чином відображати реальний стан своїх фізичних прототипів.

При розгляді систем управління парками літаків компанія Envision впроваджує функціональний модуль спеціально розроблений для задоволення найсуворіших нормативних вимог, одночасно максимізуючи експлуатаційну готовність та ефективність літаків. Програма технічного обслуговування запроваджена компанією підтримує всі аспекти управління програмою технічного обслуговування конкретної моделі літака та парку. Індивідуальні завдання технічного обслуговування, пов'язані з програмою, можуть бути визначені та налаштовані відповідно до інформації про експлуатацію. Завдання технічного обслуговування та процес перегляду програми підтримуються засобами порівняння, які дозволяють легко ідентифікувати та оцінити зміни до їх впровадження.

Інформація, яка підтримує ефективне планування технічного обслуговування, може бути визначена програмним модулем на рівні завдання, це включає різноманітні атрибути управління завданнями та дані, що сприятимуть їх ефективному виконанню.

Компанія Hitachi розробила новітню систему ConSite Mine яка здійснює віддалений цілодобовий контроль за транспортними засобами та в режимі реального часу, відслідковує їх стан, а також проводить прогностичний аналіз робочих параметрів за допомогою технології інтернету та штучного інтелекту. На основі зібраних даних можливо вживати заходи, необхідні для запобігання поломкам техніки, у тому числі заздалегідь планувати проведення технічного обслуговування та замовляти запасні частини, що дозволяє мінімізувати простій машин та знизити витрати на їх експлуатацію. Таким чином, ConSite Mine

удосконалює управління парком і допомагає забезпечити стабільну роботу підприємства з мінімальними експлуатаційними витратами.

Дані про технічний стан техніки, про її експлуатацію, збираються і відображаються в режимі реального часу на панелі моніторингу, яка доступна в особистому онлайн-кабінеті системи ConSite Mine. Цю інформацію можна зберегти в хмарному сервісі. Доступ до неї отримують фахівці підприємства з технічного обслуговування.

Світовий лідер в транспортному секторі компанія Alstom розробляє з компанією SimPlan цифрові системи підтримки прийняття рішень в сфері технічного обслуговування парку поїздів.

Так як на планування технічного обслуговування впливає значна кількість параметрів, компанією Alstom було прийнято рішення виконувати імітаційне моделювання всієї системи технічного обслуговування. Але простого моделювання з фіксованими вхідними даними в цьому випадку було недостатньо через швидку зміну експлуатаційних показників. Зважаючи на розклад руху поїздів, дуже складно передбачати місцезнаходження поїзда навіть на кілька днів вперед. Використання актуальних даних, які оновлюються щодня, дозволяє достовірно відображати систему технічного обслуговування поїздів. За допомогою компанії AnyLogic було розроблено цифрового двійника існуючої системи управління поїздами на прикладі залізниці West Coast Main Line у Великобританії.

Для моделювання і планування транспортного сполучення застосовується будь-який найбільш відповідний метод моделювання або навіть комбінацію методів. Для створення цієї моделі розробники вибрали метод агентного моделювання, що дозволило в деталях відобразити залізничну мережу та її складові: парк поїздів, всі депо технічного обслуговування та станції, режими технічного обслуговування, діаграми, що відображають розклад руху всіх потягів.

В основі програми-планувальника технічного обслуговування, яку раніше використовує компанія Alstom, лежить евристичний алгоритм для складання розкладу технічного обслуговування. При виконанні проекту вдалось впровадити цей же алгоритм безпосередньо в модель. Це є великою перевагою, так як коли модель і програма-планувальник пов'язані безпосередньо, вони запускаються одночасно, і отримані результати відразу використовуються в моделі. Це значно прискорює і спрощує роботу.

Модель яку використовує Alstom відображає функціонування всього парку поїздів залізниці West Coast Main Line. Це дозволяє компанії уникати зайвих збитків при технічному обслуговуванні рухомого складу за рахунок підбору оптимального рішення з урахуванням існуючих експлуатаційних обмежень. За допомогою моделі компанія має змогу оцінити роботу всієї системи при заданих параметрах і виявити вузькі місця, досліджувати різні способи більш економічного технічного обслуговування поїздів (зміна режимів обслуговування парку, стратегії планування, пропускної здатності депо) в безпечному цифровому середовищі, порівняти різні сценарії, оцінити їх ключові показники ефективності і прийняти обґрунтовані рішення.

При виникненні надзвичайних або незапланованих ситуацій Alstom має змогу швидко підібрати ефективне рішення, за допомогою зміни вхідних даних системі. У випадку коли компанія, що експлуатує залізницю, запропонує значні зміни, Alstom має змогу перевірити, чи вплинуть зміни на технічне обслуговування, і запропонувати варіанти рішень.

Проведений аналіз підходів доводить, що в різних галузях управління парками транспортних засобів відбувається за певними алгоритмами або існуючими схемами та у кожному випадку на меті стоять завдання скорочення часу простою та витрат при утриманні транспортних засобів. Новітні технології управління технічним парком дозволяють проводити моделювання та аналіз систем управління для отримання детальних експлуатаційних та ремонтних показників підприємств. Вищезазначені методи дозволять скоротити операційні витрати при плануванні роботи локомотивних депо.

## КАЛІБРУВАННЯ ТЕНЗОМЕТРИЧНИХ АВТОЗЧЕПЛЕНЬ

Олешко С. Б.

Ростовський державний університет шляхів сполучення, (РГУПС)  
(м. Ростов-на-Дону, Росія)

*Oleshko Sergiy. Calibration of tensometric autocoupling.*

**Summary.** *Traction-energy laboratory cars measure, in particular, the traction force of locomotives. Strain gauge couplers are an important part of this measuring channel. Calibration of strain gauge automatic couplings ensures the reliability of the data obtained during traction tests of locomotives and the development of train driving modes.*

Вагони-лабораторії різного призначення є важливими вимірювальними інструментами в господарствах залізничного транспорту. Це колієвимірювальні, дефектоскопічні лабораторії, контактної мережі та інші.

Вимірювально-обчислювальний комплекс тягово-енергетичної лабораторії з вбудованим програмним забезпеченням дозволяє вимірювати з необхідною точністю багато параметрів випробуваного локомотива і параметрів, що характеризують умови руху.

Результати вимірювань сили тяги, швидкості, пройденого шляху, струму і напруги на кожному тяговому двигуні, рівня напруги в контактній мережі, витрати електроенергії на тягу, на опалення пасажирських вагонів, витрати дизельного палива на різних позиціях контролера машиніста, час спрацювання пісочниць, допоміжних електричних машин і т.д. У прив'язці до пройденого шляху з його профілем – все це забезпечує досліду перевірку розрахункових норм маси, складу і режимів водіння поїздів. Це в значній мірі захищає локомотиви від перевантажень, тобто забезпечує їх технічну безпеку і дозволяє уникнути зростання витрат на ремонт пошкоджень, що виникають при перевантаженнях тягового рухомого складу.

Відомо, що збільшувати провізну спроможність залізниць можна за рахунок підвищення ваги поїздів і/або пропускної спроможності ділянок. Менш витратним вважається перший варіант, і у комерційних служб завжди існує інтерес підвищувати вагу поїздів без урахування оптимального навантаження на локомотив, який оцінюється за тривалістю боксування в загальному часу руху. Локомотивна служба ж зацікавлена в щадному режимі експлуатації тягового рухомого складу. Тягово-енергетична лабораторія якраз і служить своєрідним суддею в цих питаннях. В цьому її основне призначення. Відповідно високі вимоги до достовірності вимірювання всіх параметрів, що визначають режим руху поїзда і роботи локомотива.

Одним їх основних і найважливіших параметрів реєстрованих вимірювально-обчислювальної системою тягово-енергетичної лабораторії є сила тяги локомотива. Сила тяги може бути визначена розрахунковим шляхом по току тягових двигунів і їх тяговими характеристиками. Однак, при визначенні критичної маси поїзда в умовах інтенсивного боксування більш достовірним і інформативним є безпосередній вимір тягового зусилля.

Такий вимір сили тяги здійснюється за допомогою тензометричного автозчеплення, встановленого на локомотиві або на тягово-енергетичної лабораторії, що стоїть безпосередньо за ним. Розкид показників тензорезисторів, що розміщуються на хвостовику автозчеплення і особливо те що неможливо технологічно забезпечити одноманітність сигналу викликає необхідність калібрування тензометричного автозчеплення як готового виробу. Для цього використовується випробувальний прес ИП-2500М з максимально стискаючим зусиллям 2500 кН і похибкою в межах 1 %.

Для забезпечення надійної установки автозчеплення в вертикальному положенні при калібрування на пресі використовується опорна проставка. Опорна проставка виконана з

головки автозчеплення. Застосування такої конструкції опори має на меті також забезпечення розподілу напружень в корпусі автозчеплення, повністю імітує дійсний розподіл сил при її роботі на локомотиві або в поїзді.

Питання установки і зняття автозчеплення на прес важливий з точки зору техніки безпеки, оскільки вага її більш 200 кг. Для цього використовується просте пристосування з застосуванням монтажного карабіна братів Ляшенко, що дозволяє піднімати автозчеплення разом з опорною проставкою за допомогою верхньої траверси преса.

Для забезпечення надійного з'єднання опорної проставки з автозчепленням, під час установки її на прес і при знятті після калібрування застосовується технологічний замок.

Калібрування проводиться по стискуючому зусиллю, оскільки деформації різного знака однакові. Деяка нелінійність залежності навантаження від деформації спрямляється.

Ще однією особливістю роботи автозчеплення, яка обов'язково повинна враховуватися при калібрування, є різниця між деформацією, що відповідає одному і тому ж значенню поздовжньої сили, при збільшенні навантаження і її зменшенні – гістерезис. Величина гістерезису для кожного автозчеплення має свої значення і знаходиться в межах від 20 до 40 кН. Для компенсації цього явища спрямляюча калібрувальна характеристика визначається за середнім значенням.

Калібрувальна характеристика охоплює діапазон від 200 до 1200 кН. Менші значення не представляють інтересу, а 1200 кН - максимально допустима величина стискаючих поздовжніх сил квазістатичного характеру у вантажних поїздах підвищеної ваги та/або довжини (в тому числі на автозчепленнях локомотивів).

В результаті калібрування автозчеплень їх показання під час випробувань на пресі ИП-2500М, що є сертифікованим вимірювальним засобом, розходяться з показаннями його вимірювальної системи преса не більше ніж на 20 кН у всьому діапазоні вимірювання.

## СЕКЦІЯ 2 «НОВІТНІ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ Й ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВАГОНІВ»

### РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНО-РОЗРАХУНКОВОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ АНАЛІЗУ МОРФОЛОГІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОТОКІВ РЕМОНТУ ВАГОНІВ

Мямлін В. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Myamlin Vladislav. Development of a simulation and computational program for analyzing the morphology of technological flows of car repair.*

**Summary.** *The description of the simulation and computational program for the analysis of various morphological variants of technological flows for the repair of cars. A list of input data and output parameters is shown.*

Для підтримки рухомого складу в справному стані повинна існувати потужна і сучасна вагоноремонтна база. Якість і швидкість відновлення вагонів цілком залежать від стану цієї бази. І хоча в даний час Україна в кількісному аспекті має досить-таки велику вагоноремонтну базу, то в якісному і технологічному аспектах, ця база потребує серйозної реконструкції та модернізації. Середній вік українських вагоноремонтних підприємств становить близько 70-90 років, до того ж вони морально і фізично застаріли. Після розпаду Радянського Союзу Україні дісталася майже чверть всіх вагонних депо, багато з яких були передовими підприємствами свого часу. Якісно робити ремонт вагонів індустріальними методами з високою продуктивністю праці, можна тільки на сучасних вагоноремонтних підприємствах, що мають науково обгрунтовану форму організації технологічного процесу. Для посилення вагоноремонтної бази необхідно провести реконструкцію і технічне переозброєння ряду існуючих підприємств і обов'язково побудувати кілька підприємств ХХІ століття, працюючих за новою технологією.

Свого часу практично всі вагонні депо будувалися за одним типом. Потокові лінії, які розміщувалися в корпусах прямокутної форми, могли мати або лінійну, або П-подібну морфологію. Такі потокові лінії функціонували за «жорстким» тактом, тобто переміщення всіх вагонів здійснювалося одночасно. Виходячи з того, що трудомісткості ремонту вагонів носять імовірнісний характер, і час простою їх по позиціях не збігається, то надійність таких ліній була дуже низькою. На одних позиціях роботи вже закінчилися, а на інших ще тривали, тому переміщення вагонів не проводилося до тих пір, поки ремонтні роботи на вагонах в цілому на всіх позиціях не були закінчені.

До переваг гнучких потоків ремонту вагонів відносяться: скорочення простою вагонів, збільшення пропускної здатності, можливість ремонту в одному потоці різних типів вагонів і проведення різних видів ремонту. Кожен вагон буде знаходитися в ремонті саме стільки часу, скільки потребує його технічний стан. Але при проектуванні складних виробничо-технологічних систем, якими є гнучкі потокові мережі для ремонту вагонів, сьогодні вже не можна користуватися класичними традиційними формулами для розрахунку основних параметрів технологічної вагоноремонтної дільниці.

Вітчизняна вагоноремонтна наука в даний час в плані організації виробництва, набагато обійшла практику, яка втратила колишні заслуги і за останні сорок-п'ятдесят років сильно деградувала. Треба пам'ятати, що сучасне вагоноремонтне підприємство має досить складну технологію. На відміну від машинобудівного підприємства та вагонобудівного, які виконують складання серійних одиниць техніки, вагоноремонтне підприємство має додатково справу з розбиранням і ремонтом, крім того в ремонт надходять різні моде-



лі, навіть одного і того ж типу вагонів, які мають суттєві відмінності, що вносить певну специфіку в організацію ремонтного процесу.

У зв'язку з цим, дуже велике значення мають точні методи розрахунку майбутніх технологічних потоків. Адже від того, як грамотно спроектовано майбутній технологічний ланцюжок, багато в чому будуть залежати показники нового підприємства. І дуже важливо, щоб були враховані всі помилки попередніх проєктів вагоноремонтних підприємств. Від прийнятої технології залежить планування і конфігурація нового об'єкта, крім того, вона визначає основні техніко-економічні показники майбутнього підприємства. В даний час є велика кількість публікацій, пов'язаних з гнучкими потоками ремонту рухомого складу, які теоретично обґрунтовують переваги даної форми організації виробництва. При новому проєктуванні вагоноремонтних підприємств обов'язковою вимогою є використання гнучких потокових технологій. Виходячи з того, що гнучкі потокові сіті висвітлені тільки в теоретичних розробках, необхідно більш точно спрогнозувати, як поведуться вони себе на практиці, в період реальної експлуатації. У зв'язку з цим виникає необхідність ще на стадії проєктування вже знати, яких фактичних техніко-економічних показників від них можна очікувати в період їх функціонування. Для цих цілей була розроблена спеціальна імітаційно-розрахункова програма, за допомогою якої можна імітувати роботу майбутнього виробництва.

Для вагоноремонтних підприємств нового покоління, генеральний вагоноремонтний потік повинен складатися з трьох послідовно з'єднаних між собою дільниць, які відрізняються не тільки за технологічною ознакою, а й за величиною розмаху трудомісткостей, виконуваних робіт: дільниці підготовки вагонів до ремонту, головної вагоноремонтної дільниці та малярної дільниці. Головний потік повинен бути обов'язково «гнучким», а решта можуть бути і «напівжорсткими».

В якості вихідних даних задаються наступні показники:  $m$  – кількість ремонтних позицій на потоці;  $n_j$  – кількість ремонтних модулів на кожній позиції,  $j = 1, 2, 3, \dots, m$ ;  $N_a$  – програма ремонту  $a$ -го типу вагонів,  $a = 1, 2, 3, \dots, z$ ;  $\tau_{aj}$  – закони розподілу тривалості часу виконання ремонтних робіт  $a$ -го типу вагонів на  $j$ -ій позиції;  $\tau_{\pi}$  – тривалість часу переміщення вагонів між позиціями;  $p_j$  – ймовірності безвідмовної роботи основних одиниць технологічного обладнання на кожній  $j$ -ій позиції;  $D$  – кількість робочих днів в році;  $t_{зм}$  – тривалість зміни;  $n_{зм}$  – кількість робочих змін;  $T_n^a$  – нормативний час перебування вагона  $a$ -го типу в ремонті,  $p_{та}$  – ймовірність безвідмовної роботи транспортних агрегатів.

В результаті імітаційного моделювання, програма в табличній формі видасть наступні дані: кількість вагонів за типами, які надійшли в ремонт; кількість вагонів за типами, що вийшли з ремонту; кількість вагонів, які не перевищили норму перебування в ремонті; кількість вагонів, які перевищили нормативний час перебування в ремонті; середній час перебування вагонів в ремонті; коефіцієнт використання і коефіцієнт завантаження кожної позиції; порядковий номер входу і виходу кожного вагона. Підбір кількості ремонтних модулів по позиціях здійснюється методом «розшивки вузьких місць». Визначається найбільш завантажена позиція, і до неї додається ще один ремонтний модуль. Таким чином пропускна здатність цієї позиції збільшується. Потім знову, до найбільш завантаженої позиції додається ще один модуль, і так далі, до тих пір, поки імітаційно-розрахункова програма не покаже, що задану програму ремонту вагонів виконано. Текст імітаційно-розрахункової програми написаний на мові Visual Basic. Інтерфейс програмного забезпечення дозволяє в зрозумілій користувачеві формі задавати вихідні дані для імітаційного моделювання різних структурних варіантів потоків, в тому числі як «напівжорстких», так і «гнучких». Дана імітаційно-розрахункова програма може використовуватися науковцями при дослідженні різних існуючих вагоноремонтних підприємств, проєктувальниками при проєктуванні нових і реконструкції діючих вагоноремонтних підприємств, а також бакалаврами і магістрами при розробці відповідних курсових і дипломних проєктів. На даний інтелектуальний продукт отримано авторське свідоцтво.

## БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ З ДІАГНОСТИКОЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ГНУЧКОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Мямлін В. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Myamlin Vladislav. Multifunctional complex for servicing of freight cars with diagnostics using flexible technology.*

**Summary.** *A multifunctional enterprise was proposed for performing various types of maintenance and diagnostics of freight cars based on flexible technology for moving cars.*

Поліпшення якості робіт при технічному обслуговуванні вагонів і підвищення рівня продуктивності праці, а також поліпшення умов праці виробничого персоналу, є першорядними завданнями вагонного господарства. Перехід підприємств вагонного господарства на наукову організацію виробництва і, перш за все, технологічного процесу, є найважливішим завданням найближчого часу. З огляду на те, що з усіх витрат, пов'язаних з утриманням і ремонтом вантажних вагонів, на технічне обслуговування вагонів припадає понад 40 % витрат, то правильна організація технічного обслуговування вантажних вагонів з відчепленням є однією з найактуальніших завдань вагонного господарства.

В даний момент технічне обслуговування вантажних вагонів з відчепленням (ТОВ-1 і ТОВ-2) проводиться або на відкритих, спеціально виділених залізничних коліях станцій, або в критих, окремо розташованих виробничих приміщеннях. Технічне обслуговування на відкритих майданчиках є вкрай небажаним, оскільки не сприяє якісному обслуговуванню і погіршує умови праці виконавців. Робота в несприятливих метеорологічних умовах, таких як дощ, снігопад, холод або сонячна радіація, постійний шум і вібрація від руху потягів чинять негативний вплив на здоров'я виробничого персоналу та істотно знижують продуктивність праці. Організація виробництва повинна бути всіляко спрямована на поліпшення умов праці працюючих, як найбільш пріоритетних учасників виробничого процесу.

Робота в існуючих критих приміщеннях є більш привабливою, але і вони не відповідають вимогам сучасних високопродуктивних підприємств. Всі пункти технічного обслуговування вагонів з відчепленням будувалися, як правило, по одній і тій же простій схемі. Будівлі мають прямокутну форму з декількома (зазвичай двома) паралельними коліями, розташованими вздовж колон. На ці колії подаються вагони партіями з 3-6 одиниць і такими ж партіями видаляються з будівлі. Основна проблема тут бачиться в тому, що в технічне обслуговування з відчепленням надходять вагони з різними несправностями, усунення яких вимагає і різної тривалості часу. Тривалість усунення поломки є випадковою величиною. Тому вся партія вагонів буде простоювати до тих пір, поки не буде відремонтований останній вагон. Паралельно простоє і технологічне обладнання та виконавці на інших позиціях. Більш доцільним було б, щоб кожен вагон перебував в технічному обслуговуванні рівно стільки часу, скільки того вимагав би його технічний стан. Кожне відчеплення вагонів в технічне обслуговування, вимагає маневрових операцій, що призводить до додаткових витрат. Тому, якщо вже вагон через несправність був відчеплений для проведення технічного обслуговування ТОВ-1 або ТОВ-2, то було б доцільним провести його і повну діагностику, тобто ретельно обстежити для виявлення й інших можливих поломок, а також виявити та усунути назріваючі відмови - спрацювати на випередження. Тому необхідно, щоб вагон спочатку надходив на позицію діагностики, а вже потім на позицію, пов'язану з усуненням конкретних несправностей. Може бути і так, що вагону доведеться пройти технічне обслуговування по черзі на декількох різних позиціях. Заключною по-

винна бути малярська позиція, на якій буде проведене часткове фарбування відремонтованих місць і будуть проставлені трафарети, які свідчать про те, що вагон пройшов технічне обслуговування з відчепленням. Таким чином, в будівлі технічного обслуговування можливі значні переміщення вагонів. Для виконання цих операцій необхідно замість зовнішніх локомотивів використовувати внутрішні транспортні агрегати.

Вже давно назріла необхідність створення експлуатаційних підприємств нового покоління. Будівництво таких сучасних підприємств є одним з головних шляхів оновлення основних фондів вагонного господарства. При проектуванні і будівництві вагоноремонтних підприємств нового покоління повинні бути враховані старі помилки та зроблені відповідні висновки. Зараз, завдяки науково-технічному прогресу ми виходимо на нову фазу в удосконаленні організації вагоноремонтного виробництва - створення гнучких виробничих систем технічного обслуговування вагонів при підготовці їх до перевезень. Сучасний рівень розвитку техніки дозволяє їх успішно реалізувати. Такі підприємства є багатofазними багатоканальними системи масового обслуговування.

Підвищення якості технічного обслуговування вагонів, скорочення часу перебування вагонів в ремонті, створення умов для постійного зростання продуктивності праці є найбільш важливими вимогами для вагоноремонтних підприємств. Вирішити ці завдання можна за рахунок впровадження індустріальних методів технічного обслуговування і діагностики вагонів. Впровадження гнучких технологічних систем дозволить забезпечити максимальну маневреність вагонів під час їх переміщення між ремонтними модулями, підвищити пропускну здатність і скоротити тривалість часу перебування вагонів в технічному обслуговуванні.

Головною умовою гнучкого виробництва є можливість індивідуального переміщення кожного вагона між ремонтними модулями, на відміну від існуючих підприємств, коли вагони переміщуються в одній зв'язці. Багатофункціональний комплекс технічного обслуговування вагонів з відчепленням і проведенням діагностики буде являти собою виробництво, розміщене в трьох паралельних будівельних прольотах шириною 24 м кожен (можливий варіант 18 м).

У двох крайніх прольотах розташовуються модулі для безпосереднього виконання технічного обслуговування і діагностики, а в середньому знаходяться транспортні агрегати, які необхідні для переміщення вагонів між зазначеними модулями. Дані прольоти заблоковані з приміщеннями в яких розташовані візково-колісне відділення, а також слюсарно-механічні відділення для ремонту інших вузлів і деталей вагонів.

Кожен ремонтний модуль являє собою спеціалізоване місце для розміщення одного вагона, обладнане необхідними машинами і механізмами. Кожен модуль повинен бути спеціалізований на певному виді робіт. Це можуть бути правильні роботи, електрозварювальні, слюсарні, діагностичні, малярні, роботи, пов'язані з піднімання вагона і викочуванням візків. Залежно від характеру несправності, вагон надходить до відповідного спеціалізованого модуля. Якщо вагон потребує комплексного обслуговування, то він після обслуговування в одному модулі може за допомогою транспортного агрегату переміститися в інший модуль. При такій організації технічного обслуговування можуть відбуватися обгони між вагонами, тобто якийсь вагон може надійти на обслуговування пізніше, а вийти раніше, ніж попередній вагона. Таким чином кожен вагон буде простоювати в технічному обслуговуванні рівно стільки часу, скільки того вимагає його технічний стан. Після обслуговування він відразу залишає систему.

При запропонованій організації технологічного процесу значно підвищиться продуктивність праці та поліпшиться якість ремонту, що в цілому дозволить знизити витрати на утримання рухомого складу за рахунок скорочення числа відчеплень вагонів.

## НАПРЯМКИ СТВОРЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ СПАЛЬНИХ КУПЕЙНИХ ВАГОНІВ ВИСОКОЇ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТІ

Войтків С. В.

ТОВ «Науково-технічний центр «Автополіпром»

*Voytkiv Stanislav. Directions of creation of prospective sleeping wagons of high comfortability.*

**Summary.** *The directions of creation of perspective passenger sleeping compartment wagons of a high level of comfort on the basis of application of new layout schemes with one vestibule are offered.*

Значне підвищення рівня комфортабельності пасажирських спальних купейних вагонів та зручності користування ними пасажирами можливе за рахунок трьох напрямків, пов'язаних зі збільшенням їх габаритної довжини, габаритної ширини та застосуванням інших компоновальних схем вагонів, розроблених з умови їх обладнання двома або лише одним робочим тамбуром. Створення і освоєння виробництва однотоамбурних спальних пасажирських вагонів було рекомендоване ще у 2007 році [1].

Збільшення довжини кузовів перспективних пасажирських спальних вагонів можливе, принаймні, до довжини найдовшого реального вагона "Тип ЖЮ-1-є7" рівної 26,85 м, яка на 0,75 м більша за довжину кузова вагона моделі 61-779.

Значне підвищення рівня комфортабельності перспективних пасажирських спальних купейних вагонів за умови забезпечення їх максимально можливої вмістимості потребує збільшення ширини вагонів по кузову. Максимальна ширина вагонів статичного габариту 1-ВМ, за вимогами якого спроектовані пасажирські спальні купейні модельного ряду 61-779, становить не більше 3,4 м. Саме таку ширину мають вагони швидкісних потягів локомотивної тяги постійного формування виробництва ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод".

Тому розроблення компоновальних схем перспективних одноповерхових спальних купейних вагонів збільшеної вмістимості високого рівня комфортабельності з умови їх максимальної уніфікації з серійними вагонами прийняті наступні розміри: довжина по кузову – 26,1 м, ширина по кузову – 3,4 м.

Компоновальна схема для проектування перспективних спальних купейних вагонів класу Л "люкс" шириною 3,4 м з двома тамбурами, розміщеними в обох кінцях вагонів, і поздовжнім розміщенням одномісних купе, наведена на рис. 1.

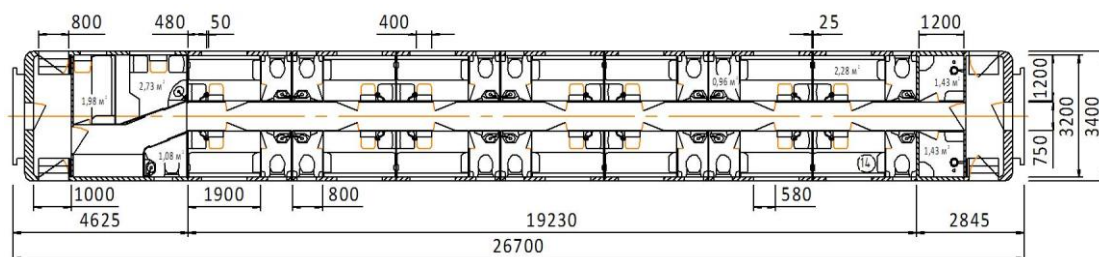


Рис. 1. Компоновальна схема спального купейного вагона класу Л проекту sV-n3.01

Пропонована компоновальна схема забезпечує створення перспективного спального купейного вагона класу "Люкс" з пасажирськими приміщеннями довжиною 19,23 м, у яких розміщено 14 одномісних пасажирських купе. Високий рівень комфортабельності такого вагона забезпечується достатньо великою довжиною та шириною пасажирських купе, відповідно, 1,9 м і 1,2 м, та додатковою комплектацією. У пасажирських купе вагонів пропонованих проекту sV-n3.01, окрім спальних полиць над рундуками та столиків з індивідуальними світильниками, встановлені м'які сидіння та навісні шафки для верхньо-

го одягу. Крім того, кожне купе обладнано санітарним приміщенням з унітазами та рукомийниками і, під ними, контейнерами для сміття. Для провідників передбачені купе для відпочинку, службове купе та окреме туалетне приміщення.

Компонувальна схема для проектування перспективних спальних купейних вагонів класу СЛ "супер люкс" шириною 3,4 м з одним тамбуром, розміщеним в одному з кінців вагонів, і поздовжнім розміщенням одномісних купе, наведена на рис. 2.

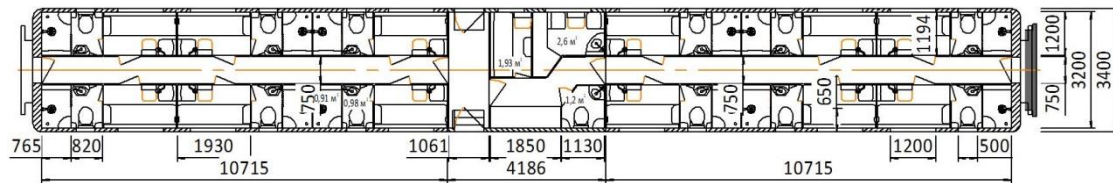


Рис. 2. Компонувальна схема спальня купейного вагона 1-го класу проекту sV-n3.11

Ця схема забезпечує створення перспективних спальних купейних вагонів дуже високого рівня комфортабельності вмістимістю 12 чол. Кожне одномісне пасажирське купе вагона обладнане аналогічно вагону проекту sV-n3.01, але замість туалетного приміщення уже санітарним приміщенням індивідуального користування з входом з купе, в якому встановлені унітаз, рукомийник, контейнер для сміття та душова кабінка. Тамбур та службові приміщення провідників – купе для відпочинку, туалетне приміщення та службове купе, розміщені у середній частині кузова вагона, поділяють пасажирський салон на два окремих відсіки, що сприяє забезпеченню ще вищого рівня комфортабельності за рахунок меншого рівня шуму. Наявність лише двох виходів у цьому проекті вагона видається достатньою, оскільки на кожен припадає по 7-8 чол. з провідниками, а у традиційних купейних вагонах – по 9-10 чол.

Комфортабельність вагонів розглянутих проектів sV-n3.01 та sV-n3.11 у порівнянні з пропонованим проектом sV-n4.01 вмістимістю 20 чол. [2], вирахована за виразом

$$k_{ксп} = (n_m + 0,75n_{ок}) / N_{пас}, \quad (1)$$

де  $n_m$  – кількість туалетних приміщень, од.;  $n_{ок}$  – кількість душових кабін, од.;  $N_{пас}$  – кількість пасажирів у вагоні, чол.,

становить, відповідно,  $k_{ксп}^{n3.01} = 0,5$ ,  $k_{ксп}^{n3.11} = 1,0$  та  $k_{ксп} = 0,2$ , тобто у 2,5...5 разів вища.

В результаті проведених проектно-пошукових робіт встановлено, що основною умовою створення перспективних конкурентоспроможних спальних купейних вагонів високої та особливого високої комфортабельності являється збільшення ширини їх кузовів до 3,4 м. Крім того доведено, що пропоновані компонувальні схеми з поздовжнім розміщенням одномісних пасажирських купе забезпечують створення вагонів більшої вмістимості у порівнянні з вагонами-аналогами, обладнаними одномісними купе, розміщеними у традиційному поперечному напрямку.

#### Список літератури

1. Донченко А. В., Троцький М. В., Крупа А. Г., Рейдемейстер Г. В. Типаж перспективних пасажирських вагонів локомотивної тяги для магістральних залізниць України. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна. Дніпро, 2007. № 14. С. 132-135.
2. Войтків С. В. Напрямки створення спальних купейних вагонів з одномісними купе підвищеної комфортабельності. Прикладні науково-технічні дослідження: матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф., 3-5 квіт. 2020 р. Академія технічних наук України. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2020. С. 180-182.

## КОМПОНУВАЛЬНІ СХЕМИ ПЕРСПЕКТИВНИХ СПАЛЬНИХ КУПЕЙНИХ ВАГОНІВ ВИСОКОЇ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТІ СІМЕЙНОГО ТИПУ

Войтків С. В.

ТОВ «Науково-технічний центр «Автополіпром»

*Voytkiv Stanislav. Layout schemes of prospective sleeping wagons of high comfort family typed.*

**Summary.** *The directions of creation of perspective passenger sleeping compartment cars of high comfort of family type, equipped with sanitary premises of common use by passengers of two compartments, on the basis of application of new layout schemes are offered.*

Із зростанням рівня розвитку будь-якої країни зростають і потреби у пасажирських перевезеннях значно вищого рівня комфортабельності, зокрема і залізничним транспортом – спальними купейними вагонами. Зважаючи на достатньо часті поїздки сімейних пар або двох колег по роботі у відрядження видається доцільним комплектування так званих "нічних" потягів далекого прямування вагонами "сімейного" типу з високими рівнями комфортабельності. Забезпечення високої комфортабельності таких вагонів можлива за рахунок формування блоків з двома одномісними купе, обладнаними туалетними приміщеннями або туалетними приміщеннями з душовими кабінками спільного користування. Для проектування вагонів такого типу оптимальною з умови досягнення їх найбільшої пасажиромістимості являється компоновальна схема з поздовжнім розміщенням одномісних купе [1], яка потребує збільшення ширини вагонів до максимально допустимої за вимогами статичного габариту 1-ВМ, за яким спроектовані пасажирські спальні купейні вагони модельного ряду 61-779, тобто до 3,4 м. Саме таку ширину мають вагони швидкісних потягів локомотивної тяги постійного формування виробництва ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод".

Тому, для розроблення компоновальних схем перспективних спальних купейних вагонів сімейного типу високого рівня комфортабельності з умови їх максимальної уніфікації з серійними вагонами ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод" прийняті наступні розміри: довжина по кузову – 26,1 м, ширина по кузову – 3,4 м.

Варіант компоновальної схеми для проектування перспективних спальних купейних вагонів сімейного типу класу СЛ ("сімейний люкс") з двома тамбурами, розміщеними в обох їх кінцях, наведений на рис. 1.

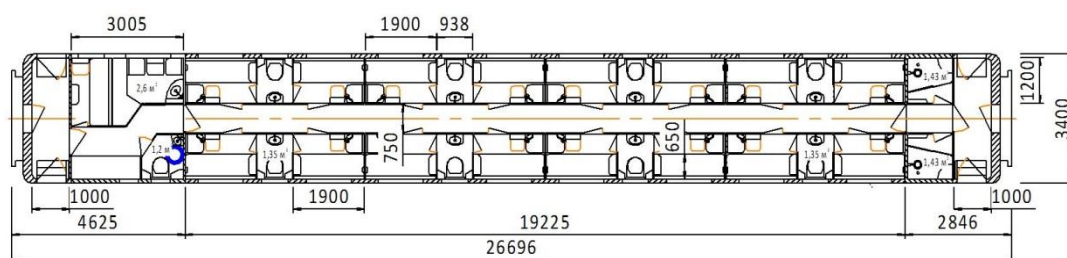


Рис. 1. Компоновальна схема спального купейного вагона класу СЛ проекту sV-f1.01

У пасажирському приміщенні пропонуваного вагона довжиною 19,225 м можливе розміщення 8-ми спальних блоків з двох одномісних купе та туалетного приміщення спільного користування. Довжина і ширина спальних полиць складає, відповідно, 1,9 м та 0,65 м. Крім спальних полиць кожне купе таких спальних блоків обладнане відкидними столиками з індивідуальними світильниками, вішаками для верхнього одягу, рундуками для розміщення ручної кладі та м'якими сидіннями. У туалетних приміщеннях з унітазами, дзеркалами і рукомийниками встановлені також контейнери для сміття. При користу-



вання одним з пасажирів туалетним приміщенням обоє дверей автоматично блокуються у зачиненому стані. Біля неробочого тамбура вагону розміщено два душові приміщення.

Ще одна компоновальна схема для проектування перспективних спальних купейних вагонів сімейного типу, але уже класу ССЛ ("сімейний супер люкс"), наведена на рис. 2.

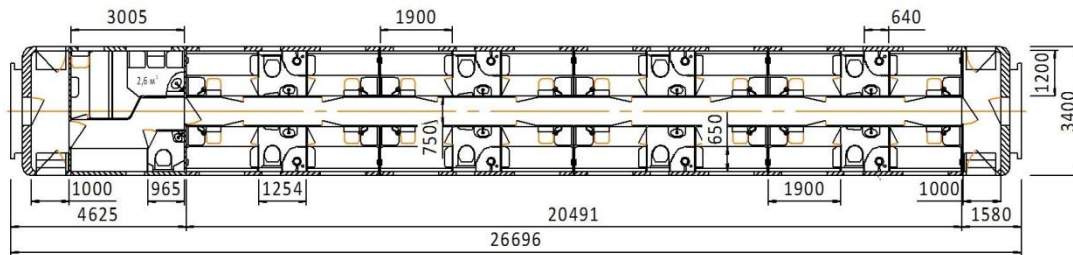


Рис. 2. Компоновальна схема спальня купейного вагона класу "ССЛ" проекту sV-f2.01

У пасажирському приміщенні вагона за цією компоновальною схемою встановлена така ж кількість спальних блоків – вісім, які теж складаються з двох одномісних купе з окремими входами. Але ці блоки обладнані уже санітарними приміщеннями спільного користування пасажиром обох купе, до складу яких входять унітази, рукомийники з дзеркалами, контейнери для сміття, вішаки для одягу та душові кабінки. Комплектація спальних купе аналогічна вагону проекту sV-f1.01. Загальна пасажировмістимість вагонів за обома проектами становить 16 чол., що лише на 4-и пасажирів менше ніж вагонів класу СВ моделі 61-779ЕА (20 чол.) [2], обладнаних двомісними купе з, у кращому випадку, вбудованими у столики рукомийниками. Зате їх комфортабельність вираховується за виразом

$$k_{ксп} = (n_m + 0,5n_{ок}) / (N_{нас}) + 1/n_{нас}, \quad (1)$$

де  $n_m$  – кількість туалетних приміщень, од.;  $n_{ок}$  – кількість душових приміщень, од.;  $N_{нас}$  – кількість пасажирів у вагоні, чол.;  $N_{пр}$  – кількість провідників вагона, чол.;  $n_{нас}$  – кількість пасажирів у купе, чол.,

набагато вища, відповідно,  $k_{ксп}^{f1} = 1,25$ ,  $k_{ксп}^{f1} = 1,0$ , та  $k_{ксп}^{св} = 0,6$ , тобто у 1,67...2,08 рази.

В результаті проведених проектно-пошукових робіт встановлено, що за умови збільшення ширини кузовів вагонів до 3,4 м і застосуванням поперечного розміщення пасажирських купе можливе створення перспективних спальних купейних вагонів високих рівнів комфортабельності класів СЛ та ССЛ, вмістимістю по 16 чол., обладнаних одномісними купе та спільними на кожні два купе туалетними приміщеннями або санітарними приміщеннями з туалетом та душовою кабінкою. Що стосується зменшеної пасажировмістимості пропонується вагонів до 16 чол. замість 20 чол. у вагонів проекту 61-779ЕА, то навіть пропорційне подорожчання квитків на 25 % видається цілком прийнятним для багатьох пасажирів за рахунок непомірно більшої комфортабельності та зручності користування такими вагонами. А якщо їх пасажирські купе обладнати двома вертикально розміщеними спальними полицями, що для сімейних пар та туристичних молодіжних компаній цілком прийнятне, пасажировмістимість вагонів сягне 36 чол.

#### Список літератури

1. Войтків С. В. Компоновальні схеми перспективних купейних спальних вагонів класу 1-СВ. *Зб. наук. праць Українського державного ун-ту залізничного транспорту*. Харків, 2019. № 188. С. 36-45.
2. ПАТ "Крюковский вагоностроительный завод". Пассажирское вагоностроение. Каталог. URL: <http://www.kvsz.com/images/catalogs/tsn.pdf> (дата звернення 03.04.2021).

## КОМПОНУВАЛЬНІ СХЕМИ ПЕРСПЕКТИВНИХ СПАЛЬНИХ ПЛАЦКАРТНИХ ВАГОНІВ ПІДВИЩЕНОЇ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТІ

Войтків С. В.

ТОВ «Науково-технічний центр «Автополіпром»

*Voytkiv Stanislav. Layout schemes of prospective sleeping wagons of high comfort family typed.*

**Summary.** *The directions of creation of perspective passenger sleeping second-class wagons of the increased comfort, equipped with shower cabins, on the basis of application of new layout schemes with one and two vestibules are offered.*

На сьогоднішній день значно зросла потреба у пасажирських перевезеннях залізничним транспортом значно вищого рівня комфортабельності. Зважаючи на найбільші обсяги перевезень пасажирів відносно дешевшими спальними вагонами плацкартного типу, на зріла нагальна необхідність створення нових конструкцій вагонів зі суттєво вищими рівнями комфортабельності. У першу чергу за рахунок забезпечення рівноцінних спальних місць як по довжині так і ширині полиць, часткового відгородження полиць від поздовжніх проходів по вагонах, а також за рахунок обладнання вагонів більшою кількістю санітарних приміщень, зокрема встановлення душових кабінок або душових приміщень.

Підвищення рівня комфортабельності перспективних пасажирських спальних плацкартних вагонів за умови наведених вище заходів потребує збільшення ширини вагонів по кузову. Максимальна ширина вагонів за вимогами статичного габариту 1-ВМ, за яким спроектовані пасажирські спальні купейні вагони модельного ряду 61-779, становить не більше 3,4 м. Саме таку ширину мають вагони швидкісних потягів локомотивної тяги постійного формування виробництва ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод".

Для розроблення компоувальних схем перспективних спальних плацкартних вагонів підвищеного рівня комфортабельності з умови їх максимальної уніфікації з серійними вагонами ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод" прийняті наступні розміри: довжина по кузову – 26,1 м, ширина по кузову – 3,4 м.

Один з можливих варіантів компоувальних схем для проектування перспективних спальних плацкартних вагонів з двома тамбурами, розміщеними в обох їх кінцях, наведена на рис. 1.



Рис. 1. Компонувальна схема спального плацкартного вагона проекту sV-p1.01

Створення спального плацкартного вагона за цією компоувальною схемою забезпечує встановлення у пасажирському приміщенні довжиною 16,385 м 9-ти спальних відсіків, частково відгороджених від поздовжнього проходу по приміщенню. Довжина і ширина усіх спальних полиць однакова, відповідно, 1,8 м та 0,6 м, тобто вони на 0,015...0,13 м довші і на 0,01...0,03 м ширші за спальні полиці більшості існуючих спальних плацкартних вагонів [1,2].



Інша компоновальна схема для проектування перспективних спальних плацкартних вагонів, яка передбачає застосування лише одного тамбура, розміщеного у середній частині кузова вагона, наведена на рис. 2.

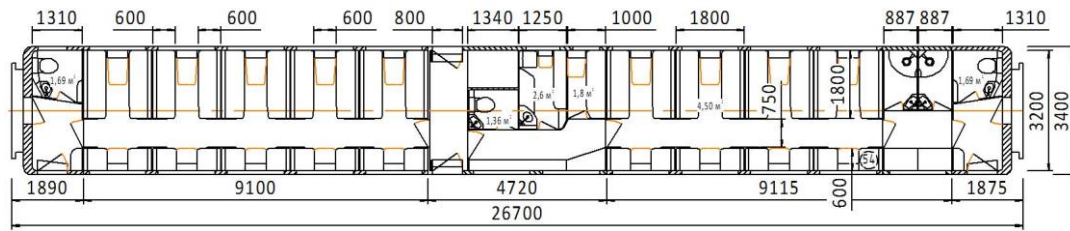


Рис. 2. Компоновальна схема спального купейного вагона класу "ССЛ" проекту sV- p2.01

Обидві запропоновані компоновальні схеми sV- p1.01 та sV- p2.01 забезпечують значно вищий рівень комфортабельності перевезень пасажирів за рахунок обладнання вагона трьома туалетними приміщеннями та двома душовими приміщеннями, встановленими в одному з кінців вагонів. Одне з туалетних приміщень вагона проекту sV- p1.01 обладнане також доволі широким (0,45 м) пеленальним столиком. Зате компоновальна схема проекту sV- p2.01, завдяки поділу пасажирського приміщення на два окремих відсіки, у яких розміщено чотири та п'ять спальних відсіків, забезпечує вищий рівень комфортабельності за рахунок зменшення шуму у кожному відсіку. Напроти душових приміщень передбачені два об'ємні контейнери для збирання відходів та сміття. Варто зауважити, що компоновальна схема sV-p2.01, незважаючи на лише один тамбур, теж забезпечує обладнання вагонів чотирма виходами, два з яких розміщені у їх кінцях напроти туалетних приміщень.

Комфортабельність вагонів розглянутих проектів sV-p1.01 та sV-p2.01 у порівнянні зі стандартними спальними плацкартними вагонами виробництва ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод" моделі 61-779П [1], обладнаного лише двома туалетними приміщеннями вмістимістю 58 чол., вирахована за виразом

$$k_{kcn} = (n_m + n_{dk}) / (N_{nac} + N_{np}), \quad (1)$$

де  $n_m$  – кількість туалетних приміщень, од.;  $n_{dk}$  – кількість душових приміщень, од.;  $N_{nac}$  – кількість пасажирів у вагоні, чол.;  $N_{np}$  – кількість провідників вагона, чол.,

становить, відповідно,  $k_{kcn}^{p1} = k_{kcn}^{p2} = 0,089$ , та  $k_{kcn}^{61} = 0,036$ , тобто у 2,5 рази вища.

В результаті проведених проектно-пошукових робіт встановлено, що основною умовою створення перспективних конкурентоспроможних спальних плацкартних вагонів суттєво вищого рівня комфортабельності по відношенню до існуючих моделей цілком можливе за умови збільшення ширини їх кузовів до 3,4 м. Крім того показано, що така ширина забезпечує можливість формування спальних відсіків з однаковими розмірними параметрами усіх спальних полиць – як поперечних так і поздовжніх, які, до того ж, можуть і повинні бути частково відгородженими від проходів по пасажирських приміщеннях. Зменшена пасажиромісткість запропонованих перспективних вагонів до 54 чол. замість 58 чол. у вагонів проекту 61-779П всього на 6,9 % і, відповідне, збільшення вартості 1-го пасажиромісця цілком допустиме за рахунок суттєво більшої комфортабельності і зручності користування пасажирами запропонованими вагонами.

#### Список літератури

1. ПАТ "Крюковский вагоностроительный завод". Пассажирское вагоностроение. Каталог. URL: <http://www.kvsz.com/images/catalogs/tsn.pdf> (дата звернення 03.04.2021).
2. Тверской вагоностроительный завод. Модельный ряд выпускаемой продукции. URL: <http://www.tvz.ru/catalog/passenger/> (дата звернення 04.04.2021).

## УДОСКОНАЛЕННЯ СХЕМ ОСВІТЛЕННЯ КУПЕ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

Терещак Ю. В.

Львівська філія Дніпровського національного університету залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Tereshchak Yuriy. Improvement of lighting schemes for passenger cars.*

**Summary.** *The research work measured the illumination of luggage racks (lockers) and compartments under the lower bench. It was found that these places need additional lighting. Pre-calculated places for the installation of lighting devices that will provide the appropriate minimum illumination.*

Останні десятиліття спостерігався процес становлення та розвитку пасажирського вагонобудування. В Україні практично з «нуля» розвинулось пасажирське вагонобудування, яке на даний момент має достатні потужності по виготовленню пасажирських вагонів як локомотивної тяги, так і самохідних вагонів. Останні не піддавалися дослідженню, так як конструктивно і технічно дані питання вже були вирішені.

Питанням освітленості пасажирських приміщень в пасажирських вагонах локомотивної тяги займалися спеціалісти, котрі при проектуванні користувались, виходячи із стандартних схем та розрахунків.

До стандартних розрахунків забезпечення освітленості (створення штучної освітленості) відносили наступні методи: метод питомої потужності, метод коефіцієнта використання світлового потоку та точковий метод. При цьому змінювались типи освітлювальних пристроїв та розміщення їх в залежності від спального місця пасажирів, але освітленням нижніх та верхніх багажних полиць практично ніхто не займався. Відповідно питання освітленості тут залишилось відкритим.

Для забезпечення освітленості рундуків та полиць для багажу доцільно провести ряд простих розрахунків та випробувань, котрі дали б можливість встановити відповідні освітлювальні пристрої в потрібні місця із забезпеченням усіх правил електро - протипожежної безпеки для пасажирів та обслуговуючого персоналу.

Забезпеченість освітлення відповідно до мінімальних норм згідно ДСТУ 4049 є досить актуальним, так як багато поїздів локомотивної тяги на даний момент є нічними і висадка пасажирів досить часто відбувається в нічну пору доби, виникає питання забезпеченості освітлення багажних місць. Пасажири, які здійснюють посадку та висадку, постійно звертали увагу на те, що нижні полиці (рундуки) та верхні полиці не обладнані системою освітлення і для того, щоб непомітно і не турбуючи зайти і вийти, потрібно вмикати освітлення в цілому купе для впевненості, що не забули особисті речі, що в свою чергу приносить дискомфорт сусіднім пасажирам, котрі відпочивали.

Дослідження полягає в виявленні оптимальних місць розташування відповідних освітлювальних пристроїв низького електроспоживання, щоб не навантажувати електричну систему вагону, а також створення кращої освітленості для забезпеченості більш якісного прибирання приміщень купе вагона. Система, яка пропонується для встановлення при проведенні ремонтів пасажирських вагонів, має бути півавтоматичною – тобто здійснювати автоматичне увімкнення освітлення під нижньою полицею купе при ввімкненій схемі живлення, а також верхніх багажних полиць купе при ручному увімкненні освітлювальних пристроїв.

Провівши прості дослідження по освітленості вище згаданих місць, було встановлено, що освітленість в багажному відсіку, під нижньою полицею склало в залежності від розташування вагона на станції від 1 до 2 лк, та 2...4 лк для верхнього рундука відповідно, що унеможливило виймання всього багажу без застосування сторонніх засобів освіт-

лення, таких як ліхтарик, мобільний телефон, тощо, або ж увімкнення освітлення точковими світильниками або купе в цілому.

Тому запропонована система освітлення та проведені розрахунки забезпечення мінімальної освітленості відповідно до санітарно-гігієнічних вимог багажних місць із встановленням світильників, освітлювальних LED стрічок в нижній частині нижньої полиці разом із розмикаючим контактом є на даний момент досить актуальною і затребуваною для здійснення перевізного процесу та умов проїзду.

Дослідження також слід продовжити в напрямку пожежної безпеки та електробезпеки, що при розрахунках та дослідженнях тут не розглядались.

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ СПОЛУЧЕНИХ ПОВЕРХОНЬ П'ЯТНИКОВОГО ВУЗЛА ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Мурадян Л. А. \*, Шапошник В. Ю. \*, Подосьонов Д. О. \*\*

\*Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, \*\* Акціонерне товариство «Українська залізниця»

*Muradian Leontii, Shaposhnyk Vladislav, Podosenov Dmitro. Research of the performance properties of surfaces center pad of a freight car.*

**Summary.** *The possibility of increasing the overhaul mileage of freight cars without reducing the level of train safety is considered. The technical condition of the center plate of the car affects its overhaul mileage as a whole. To ensure uniform wear of the center plate of the car in operation, it is proposed to use composite tapes with discrete hardness in length and the technological process - contact welding of pre-formed composite tapes.*

Підвищення техніко-економічних показників вантажних вагонів пов'язане із збільшенням міжремонтних пробігів вагонів без зниження рівня безпеки руху поїздів.

Збільшення міжремонтних пробігів вагонів можливо досягти застосуванням нових технологій ремонту, що забезпечують підвищення міцнісних та зносостійких властивостей деталей та вузлів вагонів.

До ресурсовизначальних вузлів вантажних вагонів відноситься пара «п'ятник – підп'ятник», від технічного стану якої залежить міжремонтний пробіг вагона в цілому. У процесі експлуатації вантажних вагонів відбувається нерівномірне зношення п'ятникового вузла, який пов'язаний із інтенсивністю проходження вагонів по кривим ділянкам колії малого радіусу і в результаті, за станом зносу, підп'ятник потребує передчасного ремонту.

Метою дослідження було визначення інтенсивності експлуатаційних зносів і показників надійності дослідних вантажних вагонів.

Дослідження зносів п'ятників вагона і підп'ятників надресорних балок візків вантажних вагонів проводилися у ремонтних вагонних депо «Батури́нська» та «Нижньодніпровськ-Вузол». Кількість дослідних вантажних вагонів у групі становила 100 одиниць. По характеру зносу підп'ятників надресорних балок візків вантажних вагонів після взаємодії з п'ятником дослідна група ділилась на підгрупи, для яких властивий знос:

- у всіх напрямках;
- у двох напрямках;
- одностороннього характеру.

Кожен дослідний вантажний вагон мав приблизно однакові умови експлуатації. Вантажні вагони у дослідному маршруті курсували по Придніпровській, Одеській, Південно-Західній та Львівській залізницях. Середня довжина одного рейсу складала 1350 км. Коефіцієнт використання пробігу складав 0,65.

Зі складу дослідної групи вантажних вагонів випадковим чином обиралися не менше 10 зразків для повного обміру п'ятників та підп'ятників з метою контролю величин зносу.

Обміри проводилися в середньому через кожні 45 тис. км пробігу під час планових оглядів після прибуття порожніх вагонів для чергового завантаження.

Основні результати зносів п'ятникових вузлів та прогнозні пробіги дослідних вантажних вагонів наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Узагальнені дані величин зносів п'ятникових вузлів та прогнозні пробіги вантажних вагонів

Параметр, що контролюється	Середня інтенсивність зносу, мм/10 <sup>4</sup> км	Вимірювання після 135 тис. км, мм	Нормативні граничні значення, мм	Прогнозні пробіги, тис. км	
				за статистично мінімальним значенням	за статистично максимальним значенням
Діаметр підп'ятника	0,267	307,4	308	174	300
Діаметр п'ятника	0,164	297,2	294	202	366

З даних табл. 1 слідує, що знос підп'ятника дослідних вантажних вагонів відбувається значно інтенсивніше, ніж знос п'ятників.

Отримані дані дослідження вказують на те, що зносостійкість п'ятників достатня для забезпечення міжремонтного ресурсу вантажних вагонів в 300 тис. км, а зносостійкість підп'ятників вантажних вагонів необхідно підвищувати, щоб гарантовано забезпечити ресурс в 366 тис. км – до першого деповського ремонту.

Для підвищення ресурсу підп'ятника пропонується розподіляти твердість матеріалу за діаметром для забезпечення рівномірного зносу підп'ятників в експлуатації. Для цього запропоновано використовувати композиційні стрічки з дискретною твердістю за довжиною (та/або шириною) та технологічний процес – контактне наварювання попередньо сформованих композиційних стрічок.

## ОСОБЛИВОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Мурадян Л. А., Піценко І. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Muradian Leontii, Pitsenko Irina. Features of diagnostics of axleboxes of freight cars.*

**Summary.** *Features of diagnostics of axle boxes of freight cars are described. The most vulnerable part in the axle box assembly are the bearings. Depending on the nature of the occurrence and development of malfunctions of bearing assemblies are: fatigue defects; corrosion defects; wear and interaction defects; mounting defects. A promising method of diagnosis is vibration diagnostics. The basic principles of technology of diagnostics of an axle box knot are considered.*

Чимала роль у забезпеченні надійної експлуатації вагонного парку належить буксовим вузлам. Своєчасне виявлення і запобігання розвитку дефектів буксових вузлів є важливим заходом в комплексній системі експлуатації і технічного обслуговування вантажних вагонів.

Для зниження ризиків відмов та підвищення безпеки руху, підтримки технічного стану та експлуатаційної надійності буксові вузлів необхідно постійно вдосконалювати якість проведення технічного обслуговування та ремонту, впроваджувати сучасні технологічні процеси із застосуванням методів і засобів діагностування буксових вузлів.

Відповідно до ДСТУ 2860 під технічним діагностуванням розуміється визначення технічного стану окремого об'єкту. Завдання при технічному діагностуванні полягають у контролі технічного стану об'єкту, знаходження слабкого місця з визначенням причин відмов чи несправностей, а також з наступним прогнозуванням технічного стану.

На сьогодні застосовуються велике різноманіття методів та засобів технічної діагностики. Їх класифікують за типом засобів вимірювання, за методами обробки даних і алгоритмом прийняття рішень.

Для визначення технічного стану буксових вузлів вантажних вагонів сучасним та найбільш перспективним методом є віброакустична діагностика. Цей метод заснований на аналізі сигналів вібрації, що реєструються п'єзоелектричними вібровимірювальними перетворювачами (датчиками вібрації).

Перед проведенням ревізії буксового вузла доцільно проводити вібродіагностику з метою визначення технічного стану буксового вузла, що дозволить спланувати необхідний вид ремонту.

Залежно від характеру виникнення і розвитку несправностей підшипникових вузлів виділяють:

- втомні дефекти;
- корозійні дефекти;
- дефекти зносу і взаємодії;
- дефекти монтажу.

Вимірювання вібрації є складним фізичним експериментом навіть при роботі в лабораторних умовах. Проведення вимірювань на випробувальних стендах в умовах ремонтних підприємств вагонного господарства вносить додаткові і часто значні ускладнення. Тому вимір вібрації вимагає відповідної попередньої підготовки.

Однією з умов отримання достовірного діагнозу з технічного стану буксового вузла вантажних вагонів є правильний вибір точок і напрямків контролю вібрації. При цьому слід дотримуватися таких рекомендацій:

- точка контролю вібрації буксових вузлів вантажних вагонів повинна бути якомога ближче до місця дії статичного навантаження на підшипник;
- між точкою контролю і місцем формування високочастотних коливальних сил повинен бути мінімум контактних поверхонь і не повинно бути різких змін перетину тих елементів буксового вузла, за якими поширюється високочастотна вібрація;
- вібрація на середніх і низьких частотах повинна вимірюватися переважно в напрямку дії статичного навантаження;
- місце установки датчика на буксовий вузол вантажних вагонів має бути рівним, захищеним від фарби і бруду.

Не слід відкидати того, що при застосуванні вібродіагностики буксових вузлів вантажних вагонів можливі помилки. Підвищити достовірність діагностування буксових вузлів вантажних вагонів можливо шляхом зменшення інструментальної, методичної та суб'єктивної похибок, а саме: знизити інструментальну похибку можливо за допомогою застосування в системі вібродіагностики вимірювальної апаратури з більш високими метрологічними характеристиками; методичну похибку можливо зменшити, якщо застосувати більш досконалі алгоритми і технології діагностування; для виключення суб'єктивної похибки (людський фактор) необхідно повністю виключити вплив оператора на постановку діагнозу щодо технічного стану буксових вузлів вантажних вагонів.

## DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF THE SPRING SUSPENSION OF WAGONS BY PARTICLE SWARM OPTIMIZATION

Reidemeister A. G., Dovhanyuk S. S.

Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan

**Summary.** *The application of the swarm optimization method to determine the parameters of spring suspension of wagons is considered.*

The springs of the suspension of the wagon must satisfy several conditions at once (strength, stiffness, deflection margin, stability, ensuring the required value of the coefficient of relative friction, etc.) which are at least independent, and some contradict each other (for example, an increase in the deflection margin occurs, as a rule, due to an increase in rigidity, which prevents the static deflection from reaching the required value), so the selection of the parameters of the springs (bar diameter, average coil diameter, number of working turns, height in a free state) turns in some cases into a non-trivial problem, the solution of which can be found by the method of trials and errors with too much effort. Recently, heuristic optimization methods have become widespread. They require a significantly larger amount of computations than classical methods, but they can be applied to solving a wide class of problems, not necessarily convex, differentiable, or even continuous. These methods (their list is very large) are built using physical (for example, simulated annealing) or biological (genetic optimization, ant colony method) analogies.

The success of their application is not guaranteed, it must be confirmed in each individual case. The report considers the experience of using the particle swarm optimization method to determine the parameters of the spring suspension of a freight car, consisting of 9 double springs, two wedge springs differ from the springs installed under the bolster, the inner springs are shorter than the outer ones, i.e. the spring suspension has a bilinear power characteristic (piecewise linear one with two segments). The objective functions are fines for static deflections under an empty and fully loaded carriage, stresses in the springs, and the deflection margin factor. Several objective functions are reduced to their weighted sum. Another approach, based on assessing the degree of dominance according to Pareto, was not applied, since it was possible to achieve a positive result in a simpler way. The particle swarm optimization method is iterative. At each step, a finite set of points (from 100 to 500 for the problem under consideration) in the space of the problem variables (the parameters of the springs) are considered. Each point, along with the  $x$  coordinates, is associated with the velocity vector  $V$ . The increment of the vectors  $x$  and  $V$  per step is equal to  $V$  and  $k_1 (g - x) + k_2 (p - x)$ , where  $k_1, k_2$  are the parameters of the method;  $g$  and  $p$  are the best achieved solutions for the entire set of particles and for the considered particle, respectively. The application of the particle swarm optimization method made it possible to determine the parameters of the springs satisfying all the constraints from a very narrow region after several hundred iterations.

## DETERMINATION OF THE PRESENCE AND SIZE OF WHEEL SURFACE DEFECTS BY THE FORCES OF INTERACTION OF WAGONS WITH THE UPPER STRUCTURE OF THE TRACK

Reidemeister A. G., Nastavnyy V. O.

Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan

**Summary.** *A method for determining defects of the surface of wheels by the forces of interaction between the wagon and the upper structure of the track is considered. Stress sensors in several track sections are a signal source that is subjected to band filtering. Then the norms*

$L^\infty$  and  $L^2$  are calculated and processed by the support vector machine. For its training, the results of modeling the interaction between the wagon and the track were used. The hyperparameters (the location of sensors, filtering parameters, metrics entering the recognizer input) are tuned on validation datasets. The quality of recognition has been assessed.

The issues of identification of the state of the wheel surface by the forces of interaction of the car and the track are considered. The purpose of the work is to establish the presence and estimate the size of the most common defects of the wheel surface – flats and wheel non-roundness.

A scheme for identifying a defect in the surface of a wheel is proposed, in which the source of information is the stresses in the soles of the rails, measured in several sections of the track while wagon is passing. Measurements are carried out in real time with a sufficient sampling frequency – up to 1 kHz, which provides several tens of samples for a time interval corresponding to the wheel travel over the sensor – and are transmitted to the processing device, which extracts useful information about the presence, type and size of a defect. The latter is a non-trivial task, since at the moment of passing the track section over the sensor, the defect may not interact with the rail, the force of interaction is determined not only by the presence of a defect, but also by the mass of the car, different defects can lead to the same increase in the maximum force of interaction with the rails, etc. The noisy signal received by the recognizer is first subjected to preprocessing (filtering), during which the values of the metrics are calculated (the  $L^\infty$  and  $L^2$  norms of the original signal and the signal passed through bandpass filters with different passband boundaries), which are then processed by the support vector machine (SVM), that makes the conclusion about the defect.

The recognizer was trained on the data obtained by modeling in the time domain the vertical oscillations of a wagon passing over a section of a track equipped with sensors. The model is a mechanical system with five degrees of freedom, which correspond to vertical movements of a body, a bolster, a bogie frame, a wheelset, a rail and a sleeper with a ballast. The bodies are connected by elastic and dissipative elements, representing a set of spring suspension, rail pads, direct articulation of elastic bodies of finite stiffness. To calculate the stresses we consider rail as an Euler-Bernoulli beam on a Winkler support. During the generation of the training data set, the weight of the car, the speed of movement (up to 100 kmph), the presence, type and size of the wheel surface defect were varied. The oscillation model and recognizer are implemented using the SciPy and scikit-learn libraries.

The recognition quality was assessed on a test dataset obtained using the same model. The measure  $F_1$  was used as a metric. The hyperparameters were tuned (on separate validation datasets), which include the location of the sensors, filtering parameters, and the metric entering the recognizer input. The best of the results obtained so far –  $F_1 = 0.72$  for the flat with five sensors at a distance of 0.75 m from each other – should be improved, for which it is planned to use more advanced metrics based on time-frequency transformations.

## ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ УДАРНО-ТЯГОВИХ ПРИЛАДІВ

Шикунів О. А. \*, Шапошник В. Ю. \*, Шапошник К. М. \*\*, Будній В. Н. \*

\*Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка  
В. Лазаряна, \*\*ТОВ «УК «ТРАНСВАГОНСЕРВІС»

*Shygunov Oleksandr, Shaposhnyk Vladislav, Shaposhnyk Kateryna, Budniy Volodymyr. The reliability improvement of draw-buffer gear.*

**Summary.** *The problem of break away of the automatic couplers in use is considered. The influence of casting defects on the strength of the automatic coupler body is evaluated and the*

*introduction of ultrasonic sound method of coupler bar control is proposed in order to detect casting defects in the area of the hole for the coupler key.*

Проблема виявлення внутрішніх дефектів литва залишається актуальною на залізничному транспорті, а одним з проблемних об'єктів є корпус автозчепу СА-3.

Автозчеп СА-3 призначено для автоматичного зчеплення вагонів, утримання їх на певній відстані один від одного та для сприйняття і передачі зусиль між суміжними вагонами. Цей пристрій є одним з основних елементів вагону від яких залежить безпека руху поїзда, а несучим елементом автозчепу є його корпус.

Аналіз відчепів вантажних вагонів в поточний ремонт показав, що на долю ударно-тягового обладнання може припадати до 8 % від всіх несправностей, а вірогідність їх виникнення підвищується в поїздах підвищеної ваги, у зимову пору року при температурі мінус 40-50 °С та при значних різницях висот осей між суміжними автозчепами. Також було виявлено низку обривів хвостовиків автозчепів в зоні отвору під клин тягового хомута при яких в зоні обриву спостерігалися значні внутрішні дефекти литва, що свідчить про недостатній ступень контролю внутрішніх дефектів при виготовленні автозчепів.

Згідно з технологією вихідного контролю при виготовленні автозчепів внутрішні дефекти контролюються лише руйнівними методами контролю, тобто не всі виготовлені корпуси перевіряються. Неруйнівні методи, що застосовуються для контролю корпусу автозчепу, а саме магнітопорошковий, вихрострумний та ферозондовий методи, неспроможні виявити внутрішні дефекти литва через глибоке їх залягання.

Альтернативою руйнівному контролю для виявлення внутрішніх дефектів можуть стати акустичний або радіаційний методи. На залізничному транспорті широко використовується один із методів акустичного контролю – ультразвуковий метод. За його допомогою контролюють осі та колеса, деталі буксового підшипника та зварні шви.

Для виявлення можливих внутрішніх дефектів корпусу автозчепу пропонується контролювати хвостовик в зоні отвору під клин тягового хомута за допомогою ультразвукового методу неруйнівного контролю, а саме застосовувати тінювий або дзеркально-тінювий метод ультразвукового контролю.

Ці методи засновані на контролі інтенсивності коливань при проходженні звукової хвилі через виріб. Та відрізняються тим, що при тінювому методі випромінювач та приймач коливань знаходяться по різні боки виробу, а при дзеркально-тінювому – з одного боку та контролюється сигнал відбитий від донної поверхні.

Запропоновані методи контролю потребують незначної підготовки поверхні хвостовика перед контролем та доцільно використовувати на етапі вихідного контролю корпусів автозчепів при їх виготовленні та при приймальному контролі автозчепів Укрзалізницею.

## **ЗУСИЛЛЯ НА ОРГАНАХ КЕРУВАННЯ ГАЛЬМІВНИМИ СИСТЕМАМИ ТРАМВАЙНОГО ВАГОНА ФІРМИ PESA МОДЕЛІ МОДЕЛЬ 71-414К**

Шапошник В. Ю., Шикунів О. А., Довганюк С. С., Рижов С. В.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Shaposhnyk Vladislav, Shykunov Oleksand, Dovhaniuk Stepan, Ryzhov Sergey. The required amount of force to put on the brake system control mechanism of tram-car model 71-414k produced by PESA company.*

**Summary.** *The results of determination of amount of required force to put on the brake system controls are presented. During the sealing of emergency brake switch has been detected the inconsistency with specified force intensity.*



Програма оновлення громадського транспорту у великих містах України передбачає оновлення морально та фізично застарілих трамвайних вагонів, переважна більшість з яких побудована 30-40 років тому, на сучасні комфортабельні трамваї вітчизняного та закордонного виробництва.

Враховуючи попередній досвід експлуатації трамвайних вагонів, стан інфраструктури, існуючи та перспективні напрямки розвитку міського електротранспорту однією із перспективних моделей трамвайних вагонів для Українських міст є трамваї моделі 71-414К виробництва фірми PESA які вже декілька років успішно експлуатуються на міських маршрутах у місті Київ.

Головною вимогою побудь якого транспортного засобу є беззаперечне дотримання норм безпеки. Серед багатьох параметрів які безпосередньо впливають на безпеку руху, а саме міцність конструкції, плавність руху, електробезпека, та інших провідну роль має гальмівна система. Гальмівна система трамваю повинна забезпечувати створення та регулювання штучного опору руху вагона, в результаті чого зменшується чи обмежується його швидкість або забезпечується зупинка та утримування в нерухомому стані.

Вимоги до гальмівних систем трамвайних вагонів регламентуються ДСТУ 4224:2003. Трамвайні моделі 71-414К вже проходили ряд приймальних та сертифікаційних випробувань у 2016-2020 роках. Метою останніх гальмівних випробувань, проведених у березні та квітні поточного року, була перевірка гальмівної системи на відповідність вимогам ДСТУ 4224 при експлуатації трамвайного поїзда. Поїзд сформований з двох трьох секційних трамваїв із загальною кількістю осей 12 та управлінням із кабіни головного за напрямом руху трамвая. Для формування поїзда випадковим чином із трамваїв які вже експлуатуються на міських маршрутах міста було відібрано два трамваї які були з'єднані у поїзд.

Однією з вимог стандарту до гальмівних систем є вимоги до органів керування які зазначають, що керування гальмівними системами, а їх повинно бути не менше 5 (робоча, запасна, стоянкова, допоміжна, додаткова) повинно виконуватися рукою або ногою. В трамваї 71-414К керування гальмівними системами здійснюється руками шляхом дії на контролер, аварійну кнопку або стоп-кран, який знаходиться в салоні. Також регламентуються зусилля на органах керування гальмівними системами в залежності від частоти вмикань за годину. Заміряні зусилля на органах керування становили:

- контролер керування – службове гальмування: 14 Н при нормованих  $\leq 70$  Н;
- контролер керування – екстрене гальмування: 35 Н при нормованих  $\leq 100$  Н;
- кнопка аварійного гальмування: 18 Н при нормованих  $\leq 100$  Н;
- стоп-кран: 100 Н при нормованих  $\leq 350$  Н.

Тобто вимоги нормативного документи виконуються. Однак у трамваях які вже експлуатуються стоп-крани був опломбований пломбами із металевими тросиками, які були встановлені без зазору. При наявності пломбування зусилля зриву стоп-крана (сумарна сила розриву тросика пломби та приведення в дію стоп-крана) становила 355,1 Н що перевищує максимально допустиме значення.

Висвітлене питання вказує на недоцільність пломбування стоп-кранів тросиковими пломбами без забезпечення зазору для вільного зривання стоп-крану. В цьому випадку тросик пломби буде розриватися оремо вже після початку руху стоп-крану, а зусилля розриву не будуть перевищувати допустимі значення. Також доцільно зменшити кількість вітей в тросу пломби для зменшення зусилля розриву.

## ПРОБЛЕМИ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ТА ПОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ СЛУЖБИ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

Пуларія А. Л., Донєв О. А., Пономаренко Л. В.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Pulariia Andrii, Doniev Aleksandr, Ponomarenko Leonid. Problems of technical diagnosis and extension of passenger car service.*

**Summary.** *The reasons, purpose, order, results of technical diagnostics of railway passenger cars and types of damages of elements of a bearing design which are found out during diagnostics are considered.*

Зменшення доходів АТ "Укрзалізниця" за останні роки, викликане цілою низкою економічних та політичних чинників, призвело до значного скорочення обсягів оновлення парку пасажирських вагонів. У наслідок цього перед нашою країною постає дуже серйозна проблема. Треба одночасно вирішувати два дуже важливі питання.

По перше – забезпечення у повному обсязі потреби у перевезенні пасажирів, як у межах країни, так і в міждержавному сполученні, що неможливо без достатньої кількості рухомого складу.

По друге – ці перевезення мають бути безпечними, що потребує своєчасного виключення пасажирських вагонів з експлуатації відповідно до нормативного терміну служби встановленого виробником.

Одночасне вирішення цих питань ускладняється ще й дуже великою собівартістю виготовлення пасажирських вагонів. Небажання або неможливість своєчасної закупівлі потрібної кількості пасажирських вагонів за останні майже 30 років призвели до катастрофічного старіння їх експлуатаційного парку.

Безумовно оновлення парку пасажирських вагонів є дуже важливою проблемою, що потребує термінового вирішення але і повне виключення з експлуатації пасажирських вагонів що вичерпали нормативний термін служби неможливе. Для вирішення цієї проблеми у нашій країні діє система продовження терміну служби.

Система продовження терміну служби широко використовується практично у всіх країнах світу і охоплює не тільки рухомий склад залізниць, а й інші технічні засоби, будівлі, та споруди.

Так, для прикладу, в США з середини 50-х років на бойовому чергуванні знаходяться стратегічні бомбардувальники В-52 останній з яких побудований у жовтні 1962 року. Цим літакам неодноразово проводилося подовження терміну служби з виконанням потрібних модернізацій. У березні 2021 року подовження терміну служби з модернізацією пройшов черговий літак В-52 і був прийнятий до активної служби на озброєння 5-го авіаційного крила ВПС США.

Слід враховувати, що в першу чергу, такі рішення обумовлюються необхідністю впровадження технологій ресурсозбереження. Обстеження технічного стану і визначення кваліфікованими фахівцями можливості подовження терміну служби, у межах залишкового ресурсу, для подальшої безпечної експлуатації дозволяє запобігти значних матеріальних витрат. Крім того знижуються витрати на переробку та утилізацію.

Відомо, що встановлений в нормативно-технічній документації термін служби це мінімальний термін експлуатації, протягом якого виробник гарантує нормальну безаварійну роботу з великою імовірністю і несе за це відповідальність. Між тим, кожен об'єкт під час проходження свого життєвого циклу отримує комплекс притаманних тільки йому навантажень та впливів зовнішнього середовища і після закінчення нормативного терміну служби залишковий ресурс. Цей залишковий ресурс може у подальшому збільшуватися і

зменшуватися при виконанні ремонтних робіт, проведенні модернізацій, впливу різних умов експлуатації та обслуговування.

Термін служби пасажирських вагонів регламентується документацією виробника, а саме технічними умовами на виготовлення. Експлуатація пасажирських вагонів з вичерпаним призначеним терміном експлуатації без проведення відповідного технічного діагностування з метою оцінки їх залишкового ресурсу пов'язана з підвищеним ризиком в частині забезпечення необхідного рівня безпеки перевезень пасажирів. Разом з тим, списання вагонів, що вислужили призначений термін, приведе до різкого зменшення експлуатаційного парку і, внаслідок цього, виникнуть значні труднощі по забезпеченню рухомим складом пасажирських перевезень.

Технічне діагностування пасажирських вагонів в нашій країні виконується згідно «Методики технічного діагностування пасажирських вагонів, що вислужили призначений термін, з метою його продовження» ЦЛ – 0070. Воно являє собою комплекс робіт, який включає обстеження технічного стану несучих конструкцій вагонів та підготовку і затвердження технічних рішень щодо можливості подальшої експлуатації або необхідності списання вагонів.

Обстеження технічного стану вагонів виявляє пошкодження їх несучих металоконструкцій. При цьому проводиться визначення фактичних товщин основних несучих елементів кузовів вагонів, рам і надресорних балок візків.

Важливим чинником для прийняття рішення щодо подовження терміну служби пасажирських вагонів є проведення контрольних випробувань. Контрольні випробування проводяться з метою дослідження міцності зразка кузова вагона конкретного типу, зразків рам і надресорних балок його візків та визначення наявності ресурсу необхідного для призначення нового терміну служби.

Проведення обстеження технічного стану несучих елементів металоконструкцій кожного вагона включає три етапи робіт:

- обстеження технічного стану несучих елементів металоконструкцій вагона візуально-оптичним методом з метою визначення місць механічних пошкоджень та деформацій, їх характеру та геометричних параметрів;
- виявлення дефектів в несучих елементах металоконструкцій вагона, які неможливо виявити візуально-оптичним методом, іншими методами неруйнівного контролю;
- визначення ступеня корозійного пошкодження основних несучих елементів металоконструкцій вагона за допомогою ультразвукової товщинометрії та іншого вимірювального інструменту.

Під час обстеження технічного стану пасажирських вагонів найбільшу увагу приділяють пошуку пошкоджень несучих конструкцій рам та кузовів. Найбільше поширеними з них є:

- підрізи полицок швелерів хребтової балки (рис. 1, а);
- тріщини на зварних з'єднаннях верхнього листа шворневої балки з верхньою полицкою швелера хребтової балки (рис. 1, б);
- тріщини зварного з'єднання нижнього підсилюючого листа з нижніми полицками швелерів хребтової балки;
- корозійне пошкодження листів шворневої балки;
- тріщини Z-тів нижньої обв'язки;
- корозійний знос стояків та нижньої обв'язки (рис. 1, в);
- деформації елементів рами та кузова (рис. 1, г).

По результатам технічного діагностування пасажирських вагонів розробляється технічне рішення, яке визначає можливість їх подальшої експлуатації. У ньому наводиться новий термін служби для кожного вагона та вид ремонту, що йому рекомендується або робиться висновок про неможливість його подальшої експлуатації. При розробці технічного рішення експертами спеціалізованої наукової організації аналізуються:

- конструкторська документація по вагону;
- умови його експлуатації, паспортні дані та інша інформація надана власником вагону;
- результати технічного діагностування;
- результати раніше проведених випробувань та розрахунків;
- нормативна документація та інформація, щодо можливостей ремонтної бази підприємств де будуть виконуватися призначені ремонти.



Рис.1. Пошкодження несучих конструкцій рам та кузовів пасажирських вагонів

Призначення вагону нового терміну служби здійснюється поетапно. Одноразове продовження терміну служби не повинно перевищувати п'яти років при призначених деповському (ДР) чи капітальних (КР-1, КР-2) ремонтах. При призначенні капітально-відновлювального ремонту (КВР) термін служби встановлюється у відповідності до відповідних технічних умов (ТУ) на проведення цього ремонту. При цьому граничний термін експлуатації вагона, що експлуатується у пасажирських поїздах (у тому числі візків) з дати побудови не повинен перевищувати 41 рік для звичайних вагонів і 42 роки для вагонів, що пройшли КВР.

На підставі цієї інформації можна зробити висновок, що питання по виключенню з інвентаря та подовженню терміну служби потребує виважених рішень. Ці рішення необхідно приймати з урахуванням цілої низки чинників базуючись, у першу чергу, на безпечній експлуатації та економічній доцільності.

## УДОСКОНАЛЕННЯ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЛИТИХ ДЕТАЛЕЙ

Пуларія А. Л., Безовська Л. П.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Pulariya Andrey, Bezovskaya Lidiya. An improvement of control of parameters of the poured details of rolling stock is on repair enterprises.*

**Summary.** *Modern controls geometrical parameters of the poured details of rolling stock are considered on repair enterprises with application of noncontact and contact methods of measuring and 3d-scan-out.*

Деталі рухомого складу, у тому числі й литі, під час експлуатації сприймають суттєві навантаження, піддаються впливу шкідливих факторів зовнішнього середовища, що призводить до їхнього пошкодження та впливає на безпеку подальшої експлуатації. Віднов-

лення і ремонт пошкоджених деталей відбувається на ремонтних підприємствах і супроводжується виконанням багаточисельних контрольних операцій. Завдяки контролю геометричних параметрів деталей перед ремонтом встановлюють величини зносів поверхонь, а після виконаного ремонту – відповідність розмірів відремонтованих деталей встановленим нормативам.

У теперішній час цей контроль здійснюють вручну за допомогою шаблонів та інших вимірювальних інструментів, безпосередньо контактуючи з деталями. Під час ремонту литих деталей вагонів СТП регламентують використання широкої номенклатури засобів вимірювальної техніки (ЗВТ). Ці ЗВТ потребують спеціальних місць зберігання, періодичного калібрування та ремонту.

Існуючі контактні методи контролю геометричних параметрів литих деталей з використанням ручних інструментів трудомісткі та не забезпечують необхідну точність вимірювань. У першу чергу, це пов'язано з наявністю «людського фактору». При цьому придатність деталі до експлуатації визначається суб'єктивно, що не виключає встановлення помилкових висновків. Вирішення цього питання можливе за рахунок дистанційних засобів контролю.

Автоматизувати процеси контролю геометричних параметрів литих деталей можливе безконтактним і контактним способами з використанням роботизованих установок дистанційного контролю.

Так, вхідний контроль параметрів надресорної балки і бокових рам можна виконувати за допомогою установки, яку показано на рис. 1, в автоматичному режимі безконтактним способом. Лінійні розміри деталей візка вимірюються лазерними тріангуляційними далекомірами, які підводяться у зону вимірювання електронно-механічними маніпуляторами. Обробка отриманої інформації та управління установкою відбувається за допомогою спеціалізованого обчислювального пристрою. Результати замірів можна спостерігати на дисплеї або роздрукувати. Система дозволяє видавати рекомендації щодо необхідності наплавлення або обробки та документувати результати контролю.

Виробники пропонують також застосування систем автоматизованого контролю геометричних параметрів фрикційних клинів, гальмових башмаків, корпусів автозчепів і деталей механізму зчеплення з використанням лазерного сканування. Ці системи безконтактно контролю дозволяють реєструвати, накопичувати, аналізувати, зберігати параметри, що вимірюються, та надавати рекомендації щодо ремонту.

Слід відмітити, що раціонально поєднувати виконання декількох різних технологічних операцій на одному робочому місці, що зменшує час на транспортування деталей. Наприклад, для якісного виконання вихідного контролю візків у зборі при випуску із планових ремонтів доцільно застосовувати автоматизовані процеси їхнього випробування і контролю. Стенд автоматизованого випробування та обміру вагонних візків (рис. 2) контролює: завищення (заниження) фрикційного клина відносно нижньої опорної поверхні надресорної балки, сумарний зазор між напрямними бокової рами візка (вздовж і поперек візка), базу бокової рами візка, діаметри колісних пар, тощо.

Ще одним прикладом застосування універсального обладнання є роботизовані системи вимірювання та наплавки деталей візків вантажних вагонів (боковин, надресорних балок), автозчепів СА-3. Для виконання цієї задачі виробники пропонують універсальні системи, які не тільки вимірюють геометричні параметри деталей, але й відновлюють їх зношені поверхні. На рис. 3 зображено універсальну автономну систему для вимірювання геометричних параметрів деталей візків вантажних вагонів, за результатами яких програмне забезпечення комп'ютера автоматично призначає програми з наплавки з відповідною кількістю проходів. Цей стенд включає до себе: вимірювальну систему, у тому числі, лазерну скануючу голівку з кріпленням для робота; маніпулятор зі зварювальним обладнанням; поворотні тримачі для боковини та надресорної балки із затисками; пристрій зміни інструменту (вимірювальна-наплавочна голівка).



Рис.1. Установка автоматичного контролю литих деталей візків вантажних вагонів



Рис.2. Стенд автоматизованого випробування та обміру вагонних візків

Зараз з'явилися нові можливості вимірювання геометричних параметрів деталей контактним способом за допомогою універсальних контрольно-вимірювальних машин (КВМ), які мають шість ступенів свободи і виглядають як багатоосьова «рука». Використання КВМ у ремонтному виробництві забезпечить високу точність і швидкість збору даних під час вимірювання складних за геометрією поверхонь деталей. На рис. 4 показано перевірку геометричних параметрів надресорної балки візка за допомогою КВМ.



Рис. 3. Універсальна автономна система вимірювання та відновлення деталей візків вантажних вагонів



Рис. 4. Контрольно-вимірювальний маніпулятор геометричних параметрів надресорної балки

Особливу увагу хотілось би приділити комплексам, які виконують 3D-сканування. 3D-сканування забезпечує отримання точних геометричних параметрів деталей, у тому числі й пошкоджених, і як результат – деталізоване об'ємне їх зображення, тобто 3D-модель. Програмне забезпечення дозволяє зберігати та доопрацьовувати результати сканування у графічному редакторі для тривимірної графіки. За необхідності, на підставі отриманої 3D-моделі виконують 3D-друк або виготовлення деталі на іншому сучасному обладнанні. Найбільш перспективним методом 3D-сканування є безконтактне сканування. Для зручності виконання сканування 3D-сканер кріпиться на маніпуляторі типу «рука» (рис. 5). Цей маніпулятор можна використовувати для виконання функцій контактної вимірювання за допомогою інших змінних елементів.

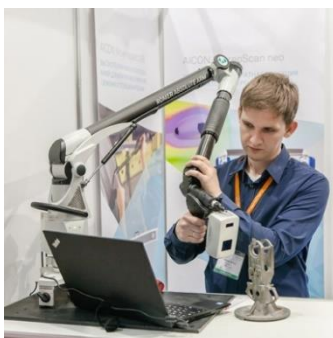


Рис. 5. Безконтактне 3D-сканування деталі

Застосування цих прогресивних технологій здатне підвищити якість ремонту, що буде сприяти безпечній експлуатації та збільшенню міжремонтних пробігів рухомого складу.



## НОВІ МЕТОДИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ НА ІСНУЮЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Ориник Д. Р.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Orynyk Dmytro. New methods of organizing work at existing enterprises.*

**Summary.** *Modern renovation methods, railway structure reconstruction problem solution. Review and solution major work organization weaknesses. Perspectives of "Flexible asynchronous flow" as a modern way of wagons renovation.*

В часи коли світова економіка переживає стрімкий розвиток, від перевізників вимагають швидшої доставки товару, кращого його транспортування, скорочення витрат на перевантажування, збільшення об'єму поставленої продукції. В часи коли морський транспорт та автоперевезення забирають велику частку вантажів у залізниці, потрібно кардинально міняти структуру ремонту, перевезення, логістику побудови маршруту слідування по території України (в її межах чи транзитом). Для того потрібно провести аналіз існуючих проблем.

### **Ремонтна база України.**

Дозволяє ремонтувати вагони різних типів, від спецтехніки до серійних моделей вагонів. Однією з головних недоліків цієї структури є застаріле обладнання, на якому проводять ремонт та модернізацію рухомого складу. Але це не єдиний напрямок де потрібно сконцентрувати свою увагу! Організація ремонтного процесу на існуючих потужностях вимагає кардинальних змін. На підприємствах, що зараз обслуговують та проводять ремонт вагонів, використовують: стаціонарний, потоковий, змішаний методи організації ремонту. Ці методи були ефективними з 1950-тих до 2008 року, після світової кризи у 2008 році різко постало питання по скороченню підприємств, що проводили ремонт, для оптимізації витрат і втримання структури Укрзалізниці конкурентно спроможною. Дії, які були прийняті в ті часи, не дали очікуваного результату, бо були спрямовані на подолання наслідків кризи, а не розвитку структури. Теперішня ситуація в країні та на залізниці перебуває у тому самому становищі, що і у 2008 році. Так як світова економіка перебуває у стагнації з середини 2020 року і найкращі прогнози економістів показують відновлення до кризових показників перевезення вантажів в кінці 2021- середині 2022 років. Це досить оптимістичні прогнози, але потрібно прийняти рішення про перехід залізниці з стагнації у розвиток та модернізацію зараз. Щоб запустити реконструкцію ремонтних потужностей, побудову нових чи перебудову вже існуючих підприємств на новий метод ремонту вагонів. Одним з таких методів може виступити гнучкий асинхронний полі каналний метод. Його переваги над іншими методами він має великі переваги в тому, що не потрібно підлаштовувати ремонтні позиції під окремі типи вагонів чи види ремонту. в ньому можна ремонтувати хопер дозатор з КР (капітальний ремонт), а після нього на тій самій позиції можна проводити ремонт піввагона ДР (деповський ремонт). Другою перевагою його над іншими методами, це велика пропускна спроможність (річна). Третьою перевагою є використання вже існуючих будівель; не потрібно міняти технологічні карти руху вагонів між позиціями. Четвертою перевагою є час простою вагонів у ремонті (менший). За рахунок трансбордерних візків дозволяє легкі вагони (вагони, що мають невеликі конструктивні недоліки, поломки при тому чи іншому виді ремонту) пропускати повз інші вагони з постановкою їх тільки на ті позиції, на які потрібно, без великих часових затримок для маневрів, бо маневри проводяться паралельно з ремонтом (паралельно ремонтних позицій). П'ята перевага - це використання гнучкого потоку не тільки у сфері вагонного господарства. Також цей метод можна використовувати для ремонту локомотивів.

### **Транспорт і перевезення.**

В Україні склалась важка, а місцями критична ситуація з рухомим складом та транспортними шляхами. Це зумовлено тим, що більшість колій не достатньо якісно і своєчасно проводять ремонт (дефектацію), заплановані капітальні ремонти відтермінуються через відсутність достатньої кількості фінансування. Така сама ситуація спостерігається і у тяговому парку. Приблизно 94 % всіх локомотивів вже відслужили свій термін, їх ремонт стає нерентабельним, а заміна на нові, вимагає більшої швидкості. Це стосується не тільки вантажного парку але і пасажирського.

Так як пасажирські перевезення є не від'ємною складовою перевезення, воно вносить свої корективи в розклад руху і слідування вантажних вагонів. Щоб забезпечити швидкість транспортування пасажирів і вантажів потрібно розділити шляхи курсування. Так це доволі складний і дуже затратний проект, але це дозволить збільшити курсування пасажирських вагонів по головним артеріям країни, а вантажні вагони зможуть безперешкодно та з більшою швидкістю слідувати між початковим та кінцевим пунктом слідування, також це дозволить збільшити навантаження на вісь. У свою чергу це призведе до збільшення товарообігу в річному еквіваленті до 10-18 %.

### **Рухомий склад.**

Хоч і розділення вантажних та пасажирських перевезень є ефективним, і перехід на новий метод ремонту (гнучкий потік) дозволить зменшити парк вагонів, що простоюють у парках відстою в очікуванні на свій плановий ремонт. Але для більшої ефективності та швидшого виходу залізниці України з кризової ситуації необхідно розробити нові одиниці рухомого складу. Це не тільки у сфері вагонів, спецтехніки, але і у сфері локомотивного господарства. Потрібно проектувати та будувати локомотивний завод по випуску локомотивів та передбачати на його робочих площах цехи по технічного огляду та ремонту. Так як гнучкий потік можна застосовувати практично у всіх ремонтних сферах, він є енергоефективним, швидким, конкурентоздатним, забезпечує якість, уніфікований для ремонтних одиниць не залежно від габаритів, ваги, складності ремонтної одиниці.

Отож підведемо підсумки. Основними пріоритетами Укрзалізниці на найближчі 5 років повинні бути розпочаті сьогодні та захопити весь спектр послуг і потреб пов'язаних з кожною структурою: вагонна, локомотивна, організація перевезення, зв'язок.

Пріоритетами розвитку залізниці є:

- реконструкція основних виробничих та ремонтних потужностей;
- ремонт та поступовий розвиток транспортних шляхів, розділення вантажних і пасажирських транспортних шляхів;
- розробка і постановка нових транспортних одиниць (вагонів) у вагонний парк;
- використання нового методу організації ремонту. Одним з таких є гнучкий асинхронний поліканальний багатофазний потік.



### СЕКЦІЯ 3 «ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»

#### ПРОБЛЕМАТИКА ТА МОЖЛИВІ ШЛЯХИ СТАБІЛІЗАЦІЇ РОБОТИ ЕНЕРГОСИСТЕМИ НА МІСЦЕВИХ РІВНЯХ

Антонов А. В., Бідноголовка В. Д.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Antonov Andrii, Bidnoholovka Vladyslav. Problems and possible ways of energy system work stabilization at local levels.*

**Summary.** *Excessive over-regulation of Ukraine's energy sector complicates the already extremely complex functioning of the country's energy market. An economically feasible way to stabilize the operation of the power system at local levels is the introduction of photovoltaic stations for power consumption.*

Проблематика останніх років енергетичної галузі України в основному полягає в надмірній зарегульованості, наявності монополістів на державному рівні і їх лобістів. Все це безпосередньо ускладнює і так вкрай складне функціонування енергетичного ринку країни.

Додатково, неефективна взаємодія споживачів та постачальників електричної енергії, наявності заборгованостей по оплаті за спожиті послуги та по «зеленому тарифу», завищення фактичної вартості реконструкції та будівництва електричних мереж призводить до утворення процесу «кругообігу перекидання збитків».

Все це призводить до ускладнення забезпечення якісного рівня електричної енергії за ДСТУ ІЕС 61000-4-30-2010 на всіх складових рівнях енергетичної системи країни та до необхідності здійснення її балансування.

Часткового вирішення цих проблем можливо досягти шляхом впровадження розподіленої генерації та створення сегменту проз'юмерів як складових для сталого розвитку енергетичного сектору України.

Суть механізму Net Metering полягає у створенні умов для стимулювання суб'єктів господарювання та домогосподарств ставати проз'юмерами: тобто не просто споживати електричну енергію, а ще генерувати її з відновлюваних джерел енергії без «зеленого тарифу» і в тому обсязі, який забезпечить їхні власні потреби.

Цей механізм дозволяє бути більш енергоефективними, заощаджувати витрати на енергоресурси та зменшувати вплив на довкілля.

Але, навіть представлена на широкий загал Державним агентством з енергоефективності та енергозбереження України, концепція механізму генерації «чистої» енергії для власних потреб – Net Energy Metering в березні цього року не може бути впроваджена найближчим часом, через складності юридичних процедур.

Тому, поступове збільшення локально впроваджених відновлюваних джерел електричної енергії на власне споживання, яке в тому числі є результатом «застою» відновлюваної енергетики в 2019-2020 роках, підвищення тарифів на електричну енергію, а також послуг з її розподілу стає чи не найголовнішим та найважливішим аспектом забезпечення надійного та ефективного функціонування енергетичних систем на місцевих рівнях.

Особливістю даних електроустановок є можливість паралельного їх функціонування з зовнішньою електричною мережею без необхідності відмежування від неї. Інверторне обладнання фотовольтаїчних електростанцій являється керованим мережею, при цьому забезпечуються висока якість електричної енергії в мережі споживача. Недостача електричної енергії, при необхідності, поповнюється з зовнішньої мережі, а надлишок «зрізається» інверторним обладнанням в парі з «розумними лічильниками» електричної енергії, через що не створюються перетоки електричної енергії в зовнішню електромережу, а необхідність юридичного регулювання подібних процесів просто втрачає сенс.

## CHOICE OF THE CONCEPT OF ELECTRIC ROLLING STOCK FOR HIGH-SPEED TRAFFIC ON THE RAILWAYS OF UKRAINE

Arpul S., Golik S., Voitenko M.

Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan

**Summary.** *The results of comparative analysis of the distributed (motorized) concept of electric rolling stock over concentrated (electric locomotive) are given.*

At this stage of development Ukrzaliznytsia is on the verge of introducing high-speed and high-speed traffic. In general, the problem of creating high-speed and high-speed electric rolling stock and selecting its rational parameters is complex and requires at the same time an in-depth study of the issues of propulsion, track, rail construction, operation, economy, etc.

This work addresses the issues of propulsion, namely the advantages of the distributed (motorized) electric rolling stock concept (ERS) over the concentrated (electric locomotive).

In the process of formation and development of high-speed rail transport abroad, each country was faced with the choice of a particular concept of ERS (electric rolling stock). Over time, some countries have changed their views regarding the previously adopted concept, this primarily concerns the French railways, preferring distributed traction. Therefore, Ukrzaliznytsia should take into account the experience of the world's railways and adopt a profitable option for the introduction of high-speed traffic.

In high-speed and especially high-speed passenger traffic, the use of motor car electric traction has considerable advantages over electric locomotive. Due to the large dispersion and relatively small passenger traffic in individual directions of formation of passenger trains by weight, in case of electric traction for a given power of electric locomotives, usually results in incomplete filling of wagons, and hence the increase in the cost of passenger transport.

Electric train sectioning makes it possible to use any combination of passenger trains in inter-city traffic and to maintain a reasonable frequency and quality of passenger service.

In addition, the main advantages of motorized car traction include the following:

- the uniform distribution of power and thrust by drive, which reduces the load from the axle on the rail and, consequently, the forces influencing the superstructure;
- efficient solution of the problem of electric braking, since the coupling weight of all motorized axles of the train is used significantly increases the braking efficiency of the train and reduces the length of the stopping distance;
- the number of wagons in a passenger train may vary widely, while the tractive capacity is maintained, because the number of wagons changes accordingly the total power of the traction engines in the train while maintaining the specific power, and therefore the magnitude of the acceleration force;
- opportunities for organizing shuttle traffic are created, reduces train turnover time at end stations and improves station capacity utilization.

The advantages of motorcar traction are decisive when, in the case of electric traction, high speeds limit the presence of a large number of curves of small radius, which is characteristic of many directions of Ukrainian railways, the cost of such an allocation could be very high and would therefore save money at this stage.

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КОЛЕКТОРНОГО ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА НЕЗАЛЕЖНОГО ЗБУДЖЕННЯ

Афанасов А. М., Легка О. В., Чабан О. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Afanasov A., Legka O., Chaban O. Prospects for the use of a collector traction electric drive of independent excitation.*

**Summary.** *The problems of increasing the traction properties of locomotives by applying traction electric motors of direct current of independent excitation are considered. It is shown that the use of independent excitation of traction engines is promising for railways both of main and industrial transport.*

Однією з найбільш актуальних проблем магістрального і промислового залізничного транспорту залишається проблема підвищення тягово-зчіпних якостей локомотивів, від яких залежать вагові норми, інтенсивність використання піску, інтенсивність зношування пари «колесо-рейка» і, в кінцевому рахунку, собівартість залізничних перевезень. Одним з найбільш ефективних способів вирішення завдання підвищення протибуксувальної стійкості локомотивів є використання незалежного збудження колекторних тягових двигунів постійного або пульсуючого струму, що забезпечує високу динамічну жорсткість залежності сили тяги від швидкості ковзання колісної пари при буксуванні.

Аналіз інвентарного парку тягового рухомого складу залізниць та промислових підприємств України показує, що найбільша його частина припадає на тягові засоби, в яких використовуються колекторні тягові двигуни постійного або пульсуючого струму. Електропривод тягового рухомого складу промислових підприємств практично весь колекторний. Така тенденція, обумовлена, перш за все, відносною дешевизною колекторного тягового електроприводу, буде зберігатися, мабуть, і в подальшому.

Дослідна експлуатація електровозів з системами незалежного збудження на залізницях колишнього СРСР показала досить високі тягово-експлуатаційні якості таких локомотивів. Однак широкого поширення тяговий привод незалежного збудження не отримав через складність вирівнювання струмів навантажень паралельно включених електродвигунів, проблем, пов'язаних з великими кидками струмів при коливаннях напруги в контактній мережі та поганого використання потужності тягових двигунів. В даний час у зв'язку з інтенсивним розвитком силової електронної перетворювальної техніки і мікропроцесорних систем управління вирішення зазначених вище проблем не становить істотних труднощів.

Вирівнювання струмів навантажень паралельно включених тягових двигунів і зниження кидків тягових струмів в перехідних режимах може бути забезпечено використанням багатоканальної системи автоматичного управління струмами якорів і збудження багатомоторного приводу. Підвищення ступеня використання потужності тягових двигунів при високих швидкостях може бути досягнуто за рахунок використання алгоритму автоматичного управління із завданням струму збудження в залежності від струму якоря.

Система автоматичного управління має забезпечувати автоматичний пуск і рекуперативне гальмування зі стабілізацією тягового і гальмівного зусиль (або прискорень), а також стабілізацію швидкості з автоматичним переходом з режиму тяги в режим рекуперативного гальмування. У таку систему автоматичного управління може бути інтегровано протибуксувальний і противоюзовий захист.

## ПЛАВНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПОСЛАБЛЕННЯ ПОЛЯ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ

Афанасов А. М., Шемет А. Я., Мацюк М. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Afanasov A., Shemet A., Matsyuk M. Smooth regulation of the field weakening of traction motors of electric rolling stock.*

**Summary.** *The problems of improving the traction properties of electric rolling stock by using the smooth regulation of the degree of weakening of the magnetic field of traction electric motors. A method is proposed for forming a tractive characteristic of constant power.*

Одним з важливих показників ефективності тягових засобів магістрального і промислового залізничного транспорту є ступінь використання потужності тягових двигунів. Режимми тяги електрорухомого складу обмежуються граничною тяговою характеристикою, яка представляє собою сукупність кривих обмежень сили тяги від швидкості. Однією з таких кривих є обмеження сили тяги за максимально допустимим струмом тягового двигуна, у даній зоні граничної тягової характеристики сила тяги обернено пропорційна швидкості руху, а потужність, що реалізується тяговим електродвигуном, практично постійна.

Управління потужністю тягових засобів за граничною тяговою характеристикою є найбільш оптимальним з точки зору забезпечення максимальної пропускної спроможності залізниць і зниження питомої витрати електроенергії на тягу поїздів. На новому тяговому і моторвагонному рухомому складі з асинхронним приводом формування тягової характеристики постійної потужності при номінальній напрузі на тяговому двигуні (друга зона) здійснюється системою автоматичного управління за рахунок регулювання величини ковзання. На електрорухомому складі з колекторним електроприводом постійного і пульсуючого струму сталість потужності при номінальній напрузі на тягових двигунах може бути забезпечено шляхом плавного регулювання ослаблення поля.

Практично на всьому електрорухомому складі постійного і змінного струму з колекторним приводом, що експлуатується на залізницях України, застосовується ступінчасте регулювання ступеню ослаблення поля з використанням контакторних систем управління. Таке регулювання, по-перше, вимагає застосування силових контакторів і індуктивних шунтів, тобто, додаткового обладнання, а по-друге, не дає можливості повної реалізації граничної тягової характеристики. Модернізація існуючого електрорухомого складу змінного і постійного струму шляхом обладнання системою плавного регулювання послаблення поля дозволить підвищити ступінь використання потужності тягових двигунів, відмовитися від частини контакторних елементів та індуктивних шунтів, підвищити магнітну стійкість тягових двигунів та знизити ймовірність виникнення кругових вогнів в тягових двигунах при перехідних режимах.

Формування тягової характеристики постійної потужності можливо в зоні зміни швидкостей від розрахункового значення до швидкості, відповідної точці перетину характеристики постійної потужності з кривою обмеження сили тяги за умовами комутації тягового двигуна. Таке формування може бути забезпечено системою автоматичного керування, що реалізує алгоритм стабілізації струму якоря тягового двигуна шляхом широтно-імпульсного регулювання ступеня ослаблення поля при постійній напрузі на тяговому електродвигуні.

## АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОМИСЛОВИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

Балійчук О. Ю., Краснов Р. В., Прудкогляд Ю. О.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Baliichuk Oleksii, Krasnov Roman, Prudkoglyad Yuliya. Analysis of ways of increasing energy indicators of industrial electric drives.*

**Summary.** *The thesis is devoted to the problem of increasing the energy performance of industrial electric drives. The analysis of influence of operational indicators on energy efficiency of electric drives of the enterprises is carried out.*

На сьогодні на частку споживання електроприводом припадає близько 2/3 всієї виробленої електроенергії, тому питання про те, наскільки ефективно використовується ця електроенергія, має велике технічне та економічне значення особливо під час постійного зростання вартості енергоносіїв.

Електроприводи споживають (а при роботі в рекуперативному гальмівному режимі і віддають) з мережі активну потужність. Активна потужність витрачається на виконання корисної роботи і покриття втрат в усій електромеханічній системі.

Умови роботи електродвигунів з точки зору їх енергоефективності, крім коефіцієнта корисної дії (ККД) та  $\cos \varphi$ , оцінюють за допомогою експлуатаційних коефіцієнтів включення і завантаження.

Близькі до дійсних значення експлуатаційних коефіцієнтів, як правило, можна отримати шляхом аналізу навантажень електричної мережі живлення промислових підприємств.

В результаті аналізу встановлено, що недовантаження електродвигунів внаслідок значного запасу за потужністю або моменту призводить до недостатнього відшкодування коштів, які вкладено в електродвигуни, електричну силову мережу і заводські підстанції. Внаслідок недовантаження електродвигунів знижуються їх ККД і  $\cos \varphi$ . Зниження ККД призводить до непродуктивної витрати енергії. Зниження  $\cos \varphi$  при споживанні незмінної активної потужності призводить до збільшення частки реактивного струму, при зростанні якого зростають втрати в мережі і встановлена потужність трансформаторів і генераторів використовується не в повному обсязі.

За отриманими експлуатаційними коефіцієнтами включення і завантаження електродвигунів можна судити також про ступінь використання обладнання і міру технологічності організації виробництва. Так, наприклад, знання коефіцієнтів, що характеризують роботу верстата, сприяє виявленню невикористаних ресурсів верстатного парку та організації їх раціональної експлуатації.

Існує ряд спеціальних інженерно-технічних засобів підвищення  $\cos \varphi$  електричних приводів. До них відносять застосування статичних конденсаторів, що включаються паралельно двигуну, синхронізація асинхронних двигунів, заміна асинхронних двигунів синхронними.

Проведений аналіз показав, що комплекс заходів щодо підвищення енергетичних показників окремих електроприводів наразі не набув широкого поширення через високу собівартість обладнання і тривалий період окупності. Натомість найбільш поширеною поки що залишається компенсація реактивної потужності в масштабі окремого цеху або підприємства в цілому.

## РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИ УПРАВЛІННІ ПОВОРОТОМ ВАЛУ ЕЛЕКТРОДВИГУНА НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Барсов В. І., Мірошніченко Г. А.

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

*Barsov Valeriy, Miroshnychenko Halyna. Solving the problem of optimizing the vitrate of electricity when controlling the rotation of the shaft of the electric motor on the transcorte railway transport.*

**Summary.** *This theses proposes a general method for testing the approximate solutions of the control for the case where the phase variables are approaching splines of the first degree, and close control of piecewise-constant splines. Proposed that the number of nodal parameters in the approximation of the phase variables and parameters that are used at the approach of management to choose the condition of minimizing the corresponding functional.*

Скорочення витрат енергії на залізничному транспорті є однією з актуальних задач. Пропонується підхід до визначення оптимального процесу витрат електроенергії при управлінні поворотом валу двигуна на залізничному транспорті.

Як відомо, рух об'єкта описується системою рівнянь в матричній формі

$$\frac{dx}{dt} = Ax(t) + Bu(t) + f,$$

де  $x = x(t) - n$  – вимірний вектор координат стану об'єкта;  $u = u(t) - r$  – вимірний вектор керування;  $A_{n \times n}$  і  $B_{n \times r}$  – матриці коефіцієнтів.

Для вирішення поставленого завдання потрібно знайти керування  $u(t)$  і відповідну йому траєкторію  $x(t)$ , на яких функціонал енергії досягає мінімуму

$$J(x, u) = \int_0^T \left( \sum_{i=1}^n q_i x_i^2 + \sum_{j=1}^r r_j u_j^2 \right) dt \rightarrow \min_{u \in \Omega},$$

де  $q_i \geq 0$ ,  $r_j > 0$  – задані вагові коефіцієнти.

При введенні змінної  $\tau = \frac{t}{T}$ ,  $0 \leq \tau \leq 1$ ,  $x_i(t) = x_i(T \cdot \tau) = \tilde{x}_i(\tau)$  задача набуває вигляду:

$$\frac{d\tilde{x}_i}{d\tau} = \sum_{k=1}^n \tilde{a}_{ik} \tilde{x}_k + \sum_{l=1}^r \tilde{b}_{il} \tilde{u}_l + \tilde{f}_i(\tau), \quad i = \overline{1, n};$$

$$\tilde{x}_i(0) = x_{i,0}; \quad \tilde{x}_i(1) = x_{i,1}, \quad i = \overline{1, n};$$

$$J(\tilde{x}, \tilde{u}) = \int_0^1 \left( \sum_{i=1}^n \tilde{q}_i \tilde{x}_i^2 + \sum_{j=1}^r \tilde{r}_j \tilde{u}_j^2 \right) d\tau.$$

Інтегруючи обидві частини диференціальних рівнянь по відрізьку  $[0, t]$ , отримаємо:

$$\tilde{x}_i(t) = x_{i,0} + \sum_{k=1}^n \tilde{a}_{ik} \int_0^t \tilde{x}_k(\tau) d\tau + \sum_{l=1}^r \tilde{b}_{il} \int_0^t \tilde{u}_l(\tau) d\tau + \int_0^t \tilde{f}_i(\tau) d\tau, \quad i = \overline{1, n}.$$

Будемо апроксимувати фазові координати  $\tilde{x}_i(t)$ ,  $i = \overline{1, n}$  і координати вектора керування  $\tilde{u}_j(\tau)$ ,  $j = \overline{1, r}$  сплайнами першого порядку:

$$\tilde{x}_i(\tau) = \sum_{p=1}^{M_1} c_{i,p} h_p(\tau);$$

$$\tilde{u}_j(\tau) = \sum_{q=1}^{M_2} d_{j,q} h_q(\tau),$$

де  $h(\tau), h_p(\tau), h_q(\tau)$  – кусково-лінійні функції;  $c_{i,p}, d_{j,q}$  – коефіцієнти.

$$h(\tau) = \frac{1}{2}(|\tau-1| - 2|\tau| + |\tau+1|);$$

$$h_p(\tau) = h(M_1\tau - p); h_q(\tau) = h(M_2\tau - q).$$

Коефіцієнти

$$c_{i,p} (i = \overline{1, n}, p = \overline{1, M_1}), d_{j,q} (j = \overline{1, r}, q = \overline{1, M_2})$$

згідно з методом найменших квадратів в інтегральній формі знаходяться мінімізацією функціоналу

$$J(\tilde{x}, \tilde{u}) = \gamma_1 \int_0^1 \left[ \sum_{i=1}^n \left( \tilde{x}_i'(t) - \sum_{k=1}^n \tilde{a}_{ik} \tilde{x}_k(t) - \sum_{\ell=1}^r \tilde{b}_{i\ell} \tilde{u}_\ell(t) - \tilde{f}_i(t) \right)^2 \right] dt +$$

$$+ \gamma_2 \int_0^1 \left[ \sum_{i=1}^n \left( \tilde{x}_i(t) - x_{i,0} - \sum_{k=1}^n \int_0^t \tilde{a}_{ik}(\tau) \tilde{x}_k(\tau) d\tau - \sum_{\ell=1}^r \int_0^t \tilde{b}_{i\ell}(\tau) \tilde{u}_\ell(\tau) d\tau - \int_0^t \tilde{f}_i(\tau) d\tau \right)^2 \right] dt +$$

$$+ \gamma_3 \int_0^1 \left( \sum_{i=1}^n \tilde{q}_i \tilde{x}_i^2 - \sum_{j=1}^r \tilde{r}_j \tilde{u}_j^2 \right) dt,$$

де  $\gamma_1 > 0, \gamma_2 \geq 0, \gamma_3 > 0$  – деякі параметри,  $\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 = 1$ .

Запропонований підхід доцільно застосовувати для наближеного розв'язання задачі оптимального керування слідкуючим електроприводом, що особливо актуально для залізничного транспорту.

## УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ РЕМОНТУ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ

Білухін Д. С., Марьук Н. І., Гончар Р. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Belukhin D., Mariuk N., Honchar R. Management of production of repair of an electric rolling stock by means of network models.*

**Summary.** Upon arrival at the depot of a new series of locomotives, the question arises of the organization of its maintenance and repair. Currently, many depots and repair plants have to master the repair of new electric locomotives and electric trains. One possible option is to use network modeling in production management.

Будь-яке управління передбачає наявність наступних елементів: об'єкта управління, довкілля, системи або пристроїв, що впливають на об'єкт управління. Процес управління істотно полегшується, якщо керовану систему представити у вигляді моделі. Під моделлю розуміється план розробки, складений таким чином, щоб він відображав весь хід подій по досягненню кінцевої мети при заданих умовах.

Тривалий час в якості моделей, що відображають управління виробничими процесами, виступають лінійні календарні плани, циклограми технологічності. Істотним недоли-

ком таких систем є їх нездатність повною мірою відображати взаємозв'язки окремих операцій і багато іншого. Вже протягом майже півстоліття у багатьох передових країнах світу досить широко застосовуються мережеві моделі, які становлять основу системи мережевого планування і управління. Мережеві моделі – важливий клас оптимізаційних задач, що перетинаються з завданнями календарного планування. Завдання мережевого планування в загальному випадку зводиться до побудови оптимального плану проведення складного комплексу робіт, що складається з окремих елементарних взаємно обумовлених операцій. Легко піддається обробці на сучасних персональних комп'ютерах.

Не так давно організація процесів із застосуванням мережевого моделювання широко застосовувалася при організації виробництва електромонтажних робіт; організації будівельних робіт; в транспортній логістиці при плануванні маршрутів доставки, плануванні змішаного перевезення вантажів та інших процесів оптимізації доставки вантажів. Діапазон досить широкий. Одним з аспектів застосування мережевого моделювання є організація технічного обслуговування і ремонту електровозів і електропоїздів.

При надходженні в депо нової серії локомотива виникає питання організації його технічного обслуговування і ремонту. В даний час багатьом депо і ремонтних заводів доводиться освоювати ремонт нових електровозів і електропоїздів. Перед локомотивними депо стоять наступні завдання: забезпечувати технічне збереження, технічне обслуговування і поточний ремонт тягового рухомого складу, організувати його роботу, організувати роботу локомотивних бригад, організувати роботу ремонтників, матеріально-технічне постачання, забезпечувати безпеку руху та збереження екології, забезпечити ефективність, економічність використання тягового рухомого складу.

Ремонтні процеси більшої частини застарілого рухомого складу, свого часу, проходили оптимізацію ремонтних операцій за допомогою мережевого моделювання. Однак до експлуатаційного парку залізниць вже давно включено і нові одиниці, такі як електровози ДЕ1, ДС3, ВЛ11М6, електропоїзди ЕПЛ2Т, ЕПЛ9Т. Засвоєння нових технологій ремонту без дослідів з можливої оптимізації не дає економії коштів та ефективного використання виробництва. Тому відділи мережевого моделювання слід було б відновити на деякий час.

## **ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВАРІАНТІВ ПРИЄДНАННЯ ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ДО СИСТЕМИ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ЗА СИСТЕМОЮ ЗМІННОГО СТРУМУ**

Бондар О. І., Мася С. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Bondar O., Masia S. Comparative characteristics of options for connection of wind power plants to traction power supply system of Ukrainian railways electrified by AC system.*

**Summary.** *The main criteria for assessing the options for connecting wind power plants to the distribution devices of traction substations of the Ukrainian railways, which are electrified using a 27,5 kV single-phase alternating current system, are formulated. Ways of further development of mathematical models of electrotechnical complexes with renewable power sources are proposed. According to the authors, from the point of view of ensuring uninterrupted power supply of the traction network, special attention in this matter should be paid to mathematical modeling of short-circuit modes in these complexes.*

З відкритих джерел відомо, що обсяг споживання електричної енергії українськими залізницями лише на тягу поїздів складають порядку 3892,1 тис. кВт·год на рік. В той же час частка енергії вітрових електростанцій складає 0,81 % від закупленого залізницями



обсягу електроенергії. Отже, як бачимо, зазначені обсяги електроенергії на сьогодні з одного боку є поки що незначними, але разом з цим відносна частка використання електроенергії вітрових електростанцій (ВЕС) в енергетичному господарстві Укрзалізниці є суттєво вищою, ніж в цілому по ДП «Енергоринок» (0,68 %) та може мати перспективи до подальшого збільшення.

Зазначені вище показники свідчать також про наявний на сьогодні брак практичного досвіду сумісної експлуатації у вітчизняних умовах електротехнічних комплексів, що містять у своєму складі у якості одного з компонентів системи тягового електропостачання електрифікованої залізниці, а з іншого боку приєднаної ВЕС. Передусім це стосується ділянок електрифікованих за системою змінного струму, оскільки для ділянок постійного струму на сьогодні вже наявний п'ятирічний досвід експлуатації ВЕС «Старий Самбір», яку приєднано до енергетичної системи України через РУ-35 кВ тягової підстанції ЕЧЕ-23 Львівської залізниці.

Проте на теперішній час в основі вибору раціональних шляхів приєднання ВЕС до тягових підстанцій залізниць України може лежати передусім математичне моделювання, яке проводиться з метою прогнозування значень певних технологічних та економічних показників. На нашу думку, зазначені показники доцільно умовно поділити на наступні групи. До першої групи належать показники пов'язані із забезпеченням безперебійності електропостачання тягової мережі та безпеки руху поїздів. Це передусім залежності зростання струмів трифазного та однофазного коротких замикань (к.з.) розподільчих установок тягової підстанції від потужності приєднаної ВЕС. Такі залежності одночасно дозволяють оцінити обсяг потрібної модернізації комутаційної апаратури та іншого обладнання розподільчих установок (РУ) тягової підстанції при приєднанні до неї нових черг ВЕС. На нашу думку, їх доцільно отримувати шляхом математичного моделювання режимів трифазного та однофазного к.з. на шинах тягової підстанції, зокрема з використанням методу накладання а також методу симетричних складових для розрахунку струмів однофазного к.з. У відповідності до згаданих залежностей можуть також бути визначені так звані коефіцієнти прирощення струму короткого замикання РУ при збільшенні потужності ВЕС. Оціночні розрахунки показують, що для РУ-27, кВ ці коефіцієнти мають значно менші значення у випадку коли точка приєднання ВЕС знаходиться на шинах РУ-35 кВ або ж РУ-110 кВ у порівнянні з прямим підключенням ВЕС до шин тягової розподільчої установки. Тобто вплив ВЕС на струми короткого замикання в тяговій мережі очікується мінімальним у разі її підключення саме до шин високої напруги 110 кВ (або 220 кВ) тягової підстанції.

До другої групи критеріїв слід віднести економічні показники – очікуваний інтегральний ефект або прибуток за перші 8 років експлуатації, обсяг потрібних капіталовкладень, тощо. Зокрема згідно з ГКД 341.003.004.001-2000 «Техніко-економічне обґрунтування інвестицій в будівництво вітрових електростанцій» у якості критерію економічної ефективності інвестицій рекомендовано використовувати загальну рентабельність по доходах, визначену з урахуванням дисконтування доходів і витрат. Звичайно, показники цієї групи не можуть бути визначальними при виборі точки приєднання ВЕС, оскільки цілком очевидно, що обсяг потрібних капіталовкладень буде, наприклад, суттєво нижчим у разі приєднання ВЕС до шин низької напруги (27,5 кВ) у порівнянні з приєднанням до шин 110 кВ або 35 кВ, що вступає у протиріччя з виконанням критеріїв першої групи. Проте економічні критерії цілком можуть накладати важливі обмеження на розглядувані варіанти вибору точки приєднання ВЕС.

До третьої групи пропонується віднести критерії, що характеризують додаткове завантаження основного обладнання системи електропостачання залізниці, яке пов'язане з транзитом потужності генерованої ВЕС до системи зовнішнього електропостачання та пов'язаних з цим технологічними втратами у зазначеному обладнанні. До таких критеріїв

належать коефіцієнт завантаження трансформатора, величини річних втрат електроенергії в елементах системи, втрати напруги у повітряних та кабельних лініях, тощо. Критерії вказаної групи також вносять певні обмеження, які є мінімальними при підключенні ВЕС до шин первинної напруги тягової підстанції (110 кВ або 220 кВ).

Наприкінці відзначимо, що наведений вище перелік критеріїв раціональності вибору точки приєднання ВЕС до тягової підстанції не є вичерпним, а їх детальний перелік визначається передусім запланованою потужністю приєднуваної ВЕС, необхідністю передбачення передачі додаткових потужностей при її розширенні, схемою головних електричних з'єднань тягової підстанції до якою здійснюється приєднання, схемними особливостями ділянки системи тягового електропостачання залізниці, можливостями обладнання підстанцій системи зовнішнього електропостачання та низкою інших факторів, зокрема необхідністю виконання вимог ГКД 341.003.001.001-2000 «Приєднання об'єктів вітроенергетики до електричних мереж. Порядок і вимоги».

## МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ СИСТЕМ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ВЕЛИКИХ ДАНИХ

Босий Д. О., Земський Д. Р.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Bosyi Dmytro, Zemskyi Denys. Simulating and Analyzing of Traction Power Supply Systems with Big Data concept.*

**Summary.** *This text deals with difficulties that happen when the Traction Power Supply Systems need to be simulated and analyzed. Based on known simulation software authors have proposed own open source library to provide simulation ability of those systems with any complex hierarchy. Applying Big Data approach helps in processing and analyzing a lot amount of data for wide audience of single users.*

Проектна і науково-дослідницька діяльність, що стосується сучасних систем тягового електропостачання, на відміну від трифазних систем живлення зі стаціонарним навантаженням, ускладнюється урахуванням руху поїздів згідно з прийнятим графіком руху, неоднорідністю елементів системи контактна підвіска-рейка, необхідністю враховувати шунтуючу дію землі, а також використанням рейкової і контактної мережі для електроживлення стаціонарних споживачів.

Задачі, які постають перед фахівцями, часто вимагають ретельного аналізу електроенергетичних процесів в системі електропостачання. У той же час, від повноти моделі, яку використовують для обчислення параметрів режимів мереж, залежить якість розрахунків, а також зростає кількість задач, для вирішення яких дану модель можливо застосувати. На сьогоднішній день існує ряд програмних комплексів для аналізу усталених режимів в системах електропостачання загального призначення з можливістю розрахунку тягових систем живлення, а також програм, призначених для прогнозування і оцінки експлуатаційних показників залізничного транспорту.

Серед найбільш потужних програм для моделювання систем тягового електропостачання широко відома OpenPowerNet, яка розроблена інститутом залізничних технологій, дозволяє аналізувати навантаження мереж постійного і змінного струму, розраховувати тягові зусилля для OpenTrack (програма розрахунку логістичних потоків в залізничній мережі), струми короткого замикання, магнітне поля. Також відомі системи для інженерного проектування та управління PSS SINICAL (Siemens, Німеччина) і eTraX (ETAP, США).

Описані продукти знаходяться в комерційному використанні, що, відповідно, ускладнює їх застосування в інженерних і наукових роботах широкого кола фахівців. До того ж зарубіжні програми, як правило, не враховують місцеву специфіку: параметри експлуатованого рухомого складу і особливості систем електрифікації, наявність систем електропостачання сторонніх споживачів від мереж залізниці.

Тому створення свого програмного продукту для здійснення розрахунків може виявитися корисним для некомерційного використання фахівцями різного профілю.

Авторами створено базову бібліотеку функцій, яка реалізує алгоритми для побудови моделей систем тягового електропостачання змінного та постійного струму з можливістю спільного моделювання системи зовнішнього електропостачання і систем живлення нетягових споживачів.

До розробленої моделі висувалися такі вимоги:

- універсальність;
- забезпечення точності розрахунків;
- простота формалізації алгоритму побудови комп'ютерної моделі;
- забезпечення економічності обчислювальних ресурсів;
- забезпечення значущих для поставленого завдання властивостей системи електропостачання.

Для забезпечення універсальності моделі в разі довільної конфігурації досліджуваної системи, використовується метод декомпозиції: систему електропостачання поділяють на прості підсистеми – уніфіковані блоки, з яких можливо збирати моделі різної складності. Універсальність моделі також забезпечує побудова схем заміщення досліджуваного об'єкта у фазних координатах, що зручно при розрахунку несиметричних режимів роботи системи.

У бібліотеці розроблені функції, які на даний момент дозволяють моделювати:

- електроенергетичні системи;
- трифазні лінії;
- тягові підстанції змінного струму;
- тягової мережі;
- електрорухомий склад (як нелінійне навантаження);
- трифазне стаціонарне навантаження;
- лінії спеціального призначення (ДПР).

Точність розрахунків забезпечується використанням відповідних чисельних методів розрахунку системи диференціальних рівнянь і ступенем деталізації моделі. Простота реалізації алгоритму залежить від обраного методу математичного опису системи електропостачання та електричних параметрів обладнання. У той же час параметри обладнання, а як наслідок і чисельні методи розрахунку, залежать від моделювання необхідного режиму.

Наприклад, немає необхідності враховувати нелінійність трансформатора в сталих режимах роботи при струмах в обмотках близьких до номінальних значень. При цьому допущенні значно зменшується час моделювання.

Залежно від цілей дослідника можливо також використовувати різні підходи до моделювання рухомого складу. Реалізована можливість моделювання електрорухомого складу через дво полюсник з активним опором і індуктивністю з постійними значеннями або залежними від часу (т. зв. активна і обмінна характеристики).

Значного спрощення процесу побудови оптимізаційних моделей можливо досягти, застосовуючи методику, яку запропоновано в Дніпровському національному університеті залізничного транспорту. Її суть полягає у визначенні опору тягової мережі як функції в залежності від розташування поїзда на ділянці, схеми живлення і секціонування тягової мережі. Такий підхід, запропонований Почаевцем Є. С., отримав подальший розвиток в

сучасних роботах, де він використовувався для моделювання процесів в системі тягового електропостачання постійного струму.

Застосування сучасних підходів обробки та аналізу великих даних забезпечує доступність використання складних методів розрахунку для звичайного користувача та дозволяє аналізувати процеси в системах тягового електропостачання практично будь-якої складності.

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРИЛАДІВ ОСВІТЛЕННЯ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОДІОДІВ

Васильєв В. Є., Деменков Б. Ю.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Vasilyev Viacheslav, Demenkov Bogdan. Modernization of the electrical part of lighting fixtures through the use of LEDs.*

**Summary.** *For long-term operation of the LED crystal during development, it is necessary to provide an appropriate thermal mode of operation. When designing luminaires for the driver's cab, it is necessary to take into account their overall brightness. The use of luminaires based on LEDs can significantly reduce capital costs for the production of driver's cabs by making cabs of a simpler geometric shape. When designing a headlight for a locomotive based on LEDs, it is necessary to use crystals of the blue glow spectrum of the minimum dimensions, covered with a phosphor to obtain white light.*

Забезпечення безпеки руху поїздів є ключовим завданням в системах управління процесами перевезень на залізничному транспорті.

Елементи безпеки на залізничному транспорті в багатьох випадках характеризуються постійністю в реалізації, що об'єктивно можна пояснити існуючими традиціями, які склалися протягом багатьох десятиліть і які до недавнього часу повністю задовольняли вимогам, що пред'являються до цих пристроїв.

За останнє десятиліття відбувалося бурхливий розвиток світлотехнічних виробів на основі світлодіодів та світлодіодних матриць. Основні переваги світлотехнічних виробів полягають в наступному: великий час безвідмовної роботи, власне випромінювання в різних спектральних діапазонах, різні розміри світлового тіла, різні діаграми спрямованості власної і вторинної оптики, висока світлова віддача.

Зараз все більше технічних рішень на основі світлодіодів можна зустріти і на рухомому складі залізничного транспорту, наприклад, головний джерело світла (прожектор), внутрішнє освітлення кабіни машиніста і сигнальні (буферні) ліхтарі.

При виконанні досліджень зроблено певні висновки.

1. Для тривалої роботи світлодіодного кристала при розробці необхідно забезпечити відповідний тепловий режим роботи.

2. Для вирішення питань загального освітлення кабіни машиніста вкрай важливий кут нахилу зовнішнього скла кабіни.

3. Застосування світильників на основі світлодіодів дозволяє значно знизити капітальні витрати на виробництво кабін машиніста за рахунок виготовлення кабін більш простої геометричної форми.

4. При розробці лобового прожектора для локомотива на основі світлодіодів необхідно використовувати кристали синього спектра світіння мінімальних габаритів, покриті люмінофором для отримання білого світла.

5. Найбільш підходящим типом оптики для формування вузького пучка світла є рішення на основі лінзи.

6. Використання світлодіодів в якості світлового тіла лобового прожектора підвищує безпеку руху рухомого складу, а також дає змогу зменшити експлуатаційні витрати на підтримку локомотивного парку в працездатності.

7. Розроблені системи світильників загального освітлення і прожекторів на основі світлодіодів можуть бути впроваджені на будь-які серії електровозів, тепловозів і електропоїздів.

## ДІАГНОСТИКА ТЕПЛОВОГО СТАНУ АСИНХРОННИХ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ

Васильєв В. Є., Рожков М. М.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Vasilyev Viacheslav, Rozhkov Mikhailo. Diagnostics of the thermal state of asynchronous traction motors.*

**Summary.** *Development of a system for monitoring the thermal condition of traction asynchronous electric motors of locomotives allows us to draw the following conclusions: ventilation calculations show that the lowest speed of the cooling air flow is in the area of the front parts of the stator winding and the short-circuited rings of the motor; the results of modeling the steady state thermal field of an induction traction motor were confirmed by simulation in ELCUT medium not exceeding 10 %; the best method for calculating the heating to a constant temperature of the structural elements of the ATD is a method based on the determination of heating constants, which gives a maximum error of not more than 8,3 %.*

В Україні залізничний транспорт залишається провідним елементом транспортної системи. Значна частина перевезень як пасажирських, так і вантажних проводиться за допомогою залізниці.

Локомотиви є основними технічними засобами системи залізничного транспорту, що забезпечують його надійне функціонування.

В даний час пасажирський і вантажний електровозного парк в основному оснащений електровозами з тяговим електроприводом постійного або пульсуючого струму. Основною причиною виходу з ладу колекторних двигунів є прискорене старіння ізоляції через перегрів обмоток електродвигуна при роботі його в режимах, відмінних від номінального. Зниження витрат на обслуговування і ремонт є можливим із застосуванням в рухомому складі безколекторних машин – асинхронних тягових двигунів (АТД).

Дослідження теплового стану тягових електродвигунів змінного струму в експлуатації тільки починаються, це пояснюється тим, що зараз основне застосування АТД мають на пасажирському рухомому складі. Потрібно відзначити, що в даний час електровози з АТД оснащуються тепловими системами захисту обладнання. Машиніст, після команди системи теплового захисту, може прийняти рішення і змінити параметри роботи електровоза і електродвигуна зокрема. Необхідно відзначити, що дана система контролює значення температури тільки одного елемента конструкції тягового двигуна, який не завжди є найбільш нагрітим і отримана інформація не завжди дозволяє коректно оцінити теплове навантаження всієї машини. Для отримання ж достовірної інформації про тепловий стан всього об'єкту необхідно використання більшої кількості контрольних вузлів, а відповідно установку більшої кількості термодатчиків. Це не завжди є можливим через захащення простору всередині машини і ускладнення системи захисту. Таким чином, стає необхідною розробка системи моніторингу теплового стану тягових асинхронних електродвигунів локомотивів при різних режимах роботи, яка дозволить безперервно контролювати тепловий стан АТД і своєчасно запобігати можливим аварійним ситуаціям.

Для розробки системи моніторингу теплового стану АТД зручно використовувати програмні продукти: Matlab 7, Mathcad 14, Elcut 5.8.

Аналізуючи результати моделювання розробленої теплової математичної моделі асинхронного тягового двигуна, можна зробити наступні висновки.

1. Вентиляційні розрахунки показують, що найменша швидкість охолоджуючого потоку повітря є в області лобових частин обмотки статора і короткозамкнених кілець електродвигуна.

2. Результати моделювання усталеного теплового поля асинхронного тягового електродвигуна були підтверджені моделюванням в середовищі ELCUT. Розбіжності між даними не перевищують 10 %.

3. Кращим для розрахунку нагріву до сталої температури елементів конструкції АТД є метод, заснований на визначенні постійних нагріву. Максимальна похибка даного методу склала 8,3 %.

## МОЖЛИВОСТІ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ГОЛОВНИХ КОРПУСІВ ДНУЗТА

Габрінець В. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Gabrinets Volodymyr. Possibilities of thermomodernization of the main buildings of DNUZTa.*

**Summary.** *On the basis of passport data of old and new buildings and thermal monitoring of these buildings, which was conducted on March 21, 2018, all heat capacity consumed that day through various components of enclosing structures of new and old buildings was calculated. Heating capacities were calculated for both buildings in case the thermal resistances of the walls, windows and roof will be equal to the normative ones after thermal modernization. In this case, the heat capacity that would be spent on heating the two buildings would be 944530. That is, it will be 1,29 times smaller. This indicates the urgent need for such thermal modernization. When using new thermal insulation materials, these costs may be lower than the normal on 40-50 percent compared with the real ones.*

Будівлі, як основні об'єкти праці та проживання населення, споживають в промислово розвинених країнах до 30-50 % всіх викопних видів палива для вироблення теплової енергії на опалення, гарячого водопостачання і рідше на кондиціонування повітря. Тому скорочення витрат на кліматизацію цих будівель є важливою соціально-економічною проблемою. Таке скорочення може бути виконане після проведення енергетичного аудиту, який дозволяє виявити місця найбільших втрат теплової енергії та розробити конкретні заходи по їх скороченню. В цій роботі представлені результати енергетичного аудиту двох головних корпусів ДНУЗТа та заходи по їх скороченню, а також можливі результати таких заходів.

Енергетичний аудит (енергетичне обстеження) – це визначення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) та розроблення рекомендацій щодо їх поліпшення. На базі паспортних даних старої та нової будівель та теплового моніторингу цих будівель, який було проведено 21 березня 2018 року, були прораховані всі теплові потужності, які витрачались в цей день через різні складові огорожувальних конструкцій будівель нового та старого типу.

Розрахунок теплових втрат для огорожувальних конструкцій споруд двох головних корпусів ДНУЗТа проводиться за формулою:

$$Q_{m.n} = \frac{kF(t_b - t_3)n}{R},$$

де  $k$  – коефіцієнт запаса – 1,29;  $F$  – площа споруди;  $t_b$  – внутрішня розрахункова температура;  $t_z$  – зовнішня розрахункова температура;  $n$  – поправочний коефіцієнт на розрахункову різницю температур, який залежить від місця розташування поверхні по відношенню до зовнішнього повітря;  $R$  – опір теплопередачі конструкції.

$$R = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_r} + \frac{\delta_w}{k_w} + \frac{1}{\alpha_s}},$$

де  $\alpha_r$ ,  $\alpha_s$  – коефіцієнти тепловіддачі всередині приміщення (8,7 Вт/м<sup>2</sup>К) та на повітрі зовні (23 Вт/м<sup>2</sup>К);  $\delta_w$  – товщина цегли будівель (0,7 м, 0,55 м),  $k_w$  – коефіцієнт теплопровідності цегли 0,7 Вт/мК.

Втрати через підлогу розраховувались за загальноприйнятою зональною методикою В. Д. Мачинського. Температура ґрунту приймалася рівна 40С. Тепловий опір 12 м<sup>2</sup>С/Вт. Площа першого поверху нового та старого корпусів дорівнює 3278,3 та 7653,2 м<sup>2</sup> відповідно. Втрати тепла через світлопрозорі конструкції в нашому варіанті це вікна зі стандартним двійним листовим склінням з опором теплопередачі  $R = 0,2$  м<sup>2</sup>С/Вт. Втрати на інфільтраційну вентиляцію будівель приймалися рівними 20 % від загальних.

Були розраховані аналітичні реальні теплові втрати, аналітичні нормативні теплові втрати для усіх видів огорожуючих конструкцій (стіни, вікна, двері, стеля, підлога). Ці витрати порівнювалися з витратами тепла самої котельної на обігрів двох корпусів старої та нової будівлі ДНУЗТа в той день, для якого здійснювалися ці розрахунки. Вони були наступні. Сумарні розраховані реальні втрати тепла на дві забудови 1218067 Вт. Сумарні розраховані нормативні втрати тепла на дві забудови 944530 Вт. При розрахунках нормативних втрат теплові супротиви огорожуючих конструкцій приймалися відповідно ДБН В.2.6.31-2006р., де вони значно вище за реальних значень конструкцій ДНУЗТа. Витрати тепла котельної на обігрів двох корпусів 21 березня 2018 року склали 1188856 Вт. Розрахунки реальних та нормативних витрат здійснювалися з врахуванням погодних умов, які мали місце на 21 березня 2018 року.

Експериментально виміряна теплова потужність, яка була відпущена котельною на обігрів цих будівель, дорівнювала в той день 1188350 Вт. Вона приблизно однакова з реальною розрахунковою 1218067 Вт, але нижче за нормативну 944530 Вт.

В результаті проведеного теплового аудиту стану навчальних корпусів було встановлено ділянки поверхонь з підвищеними втратами теплоти. Найбільші втрати теплоти мають місце:

- в старому корпусі це значні втрати теплоти через дерев'яні вікна;
- в старому та новому корпусах для північно-східних стін мають місце втрати теплоти через стіну;
- по всій поверхні будівель, як в старому, так і в новому корпусі в різних місцях присутні окремі втрати теплоти через вікна, як правило, по краях встановлених пластикових вікон, що пов'язано з їх нещільністю або неякісним встановленням. По всій поверхні будівель спостерігаються витоки тепла під вікнами в місцях встановлення нагрівальних приладів системи опалення. Для зменшення втрат теплоти рекомендується встановити за нагрівальними приладами термоізоляційні рефлектори.

По результатам проведеного аудиту запропоновані наступні заходи:

- для виключення цих втрат теплоти рекомендується провести заміну старих дерев'яних вікон на більш сучасні;
- для встановлення комфортного мікроклімату всередині опалюваних приміщень, покращення здатності системи опалення до регулювання роботи, підвищення ефективності її роботи в цілому рекомендується впровадити індивідуальне регулювання відпуску теплоти на кожному окремому нагрівальному приладі (або на групі приладів у великих приміщеннях);

– необхідно підвищити тепловий супротив стін старого та нового корпусів шляхом встановлення на стіні додаткового шару теплоізоляції для зменшення теплових втрат через стіни.

Для обох будівель були прораховані потужності на обігрів для випадку, якщо термічні опори стін, вікон та даху будуть дорівнювати нормативним після проведення термомодернізації. В цьому випадку тепла потужність, яка витрачалась би на обігрів двох будівель, дорівнювала б 944530. Тобто вона буде в 1,29 рази меншою. Це свідчить про насущну необхідність такої термомодернізації. При застосуванні нових теплоізоляційних матеріалів ці витрати можуть бути нижче за нормативні, тобто бути скорочені на 40-50 % в порівнянні з реальними.

## ПРО ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ТЯГУ ПОЇЗДІВ

Гетьман Г. К., Бака Б. О., Горб О. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Hetman Hennadii, Baka Bogdan, Gorb Alexander. About reduction of power consumption on traction of trains.*

**Summary.** *The dynamics of the energy intensity of railway transportation at the first stages of the expansion of the electric traction landfill is considered. An overview of possible ways to reduce power consumption for traction of trains in modern conditions are given.*

Відшкодування витрат електроенергії на тягу поїздів складають відчутну частку експлуатаційних витрат залізниць, тому вся історія їх електрифікації нерозривно пов'язана з пошуком і реалізацією резервів зниження енергоємності перевезень.

Розширення полігону електричної тяги в перші десятиліття супроводжувалося значним зниженням витрати електроенергії на тягу поїздів у всіх видах руху. Так на залізницях СРСР, в період 1950-1975 р.р. питомі витрати знизились з 218 до 125 кВт·год/10 тис. т·км брутто, тобто приблизно на 42 %.

Такі значні результати були отримані за рахунок впровадження різних енергозберігаючих заходів (поліпшення використання потужності електровозів при зростанні маси поїздів; збільшення середнього статичного навантаження на вісь вагона, тобто більш повного використання вантажопідйомності; зниження втрат в пристроях електропостачання; розширення полігону застосування рекуперативного гальмування; вдосконалення конструкції рухомого складу та колії). В подальшому, коли резерви зниження енергоємності перевезень за рахунок впровадження названих енергозберігаючих заходів були значною мірою вичерпані, питома витрата електроенергії на тягу поїздів становила 124,6-124,1 кВт·год/10 тис. т·км брутто і в подальшому знаходилась на приблизно однаковому рівні.

Питання енергозбереження набуло особливої актуальності в останні десятиліття в зв'язку з ростом цін на енергоносії. І, природно, з'явилися нові роботи, присвячені економії електроенергії на тягу поїздів. В полі зору дослідників перебувають обидві головні ланки загального енергобалансу електротяги – пристрої електропостачання і тяговий електрорухомий склад. Виконані дослідження і в такому важливому для завдання зниження енерговитрат, як нормування витрат. З огляду на важливість проблеми, нарізла необхідність узагальнення та аналізу результатів виконаних досліджень. Результати такого аналізу та оцінка основних напрямків робіт по зниженню енергоємності залізничних перевезень наводяться в доповіді.



## КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РОЗРАХУНКАХ ТЯГОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ З АСИНХРОННИМ ТЯГОВИМ ПРИВОДОМ

Гетьман Г. К., Васильєв В. Є.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Hetman Hennadii, Vasilyev Viacheslav. Computer technologies in calculations of traction support of electric rolling stock with asynchronous traction drive.*

**Summary.** *When solving the problem of determining the parameters of the nominal mode of traction drive of an electric train, it is necessary to find such a value of nominal mode power and corresponding values of traction force and speed to ensure the movement of trains of the required composition with a given level of average speed. Starting acceleration and acceleration at design speed unambiguously determine the parameters of the nominal mode of the asynchronous traction drive. Limit values of longitudinal accelerations of electric trains are limited in terms of passenger comfort. The expressions which allow to define parameters of a nominal mode of an electric train (speed, traction force) by means of the computer are received.*

Питання визначення оптимальних значень параметрів тягового забезпечення завжди неминуче виникає при формуванні технічних вимог на новий рухомий склад. Для залізниць України це завдання в даний час є особливо актуальними у зв'язку з необхідністю оновлення морально і фізично застарілого локомотивного парку в умовах гострого дефіциту коштів, коли важливо уникнути придбання малоефективних технічних засобів.

При вирішенні задачі визначення параметрів номінального режиму тягового приводу електропоїзда необхідно для заданого полігону тяги знайти таке значення потужності номінального режиму  $N_H$  і відповідні їй значення сили тяги  $F_{KH}$  і швидкості руху  $v_H$ , щоб забезпечити рух поїздів необхідної составності із заданим рівнем середньої швидкості руху при виконанні встановлених обмежень (по швидкості руху, за показниками комфортності, за умовами зчеплення і ін.)

Для складання технічних вимог на електропоїзд необхідно попередньо вибрати ряд вихідних даних: спосіб розподілу тягової потужності по довжині поїзда; масу поїзда і коефіцієнт інерції обертових мас; прискорення поїзда при швидкості виходу на номінальний режим навантаження  $a_p$ ; прискорення при конструкційній швидкості  $a_o$  (залишкове).

Навантаження на рушійну вісь можна прийняти, орієнтуючись на технічні дані існуючих поїздів. Прийняті значення навантаження від вісі на рейки визначають масу поїзда, оскільки кількість вагонів у поїзді приведено в завданні на складання технічних вимог.

Прискорення, яке може бути реалізовано поїздом, є його важливою експлуатаційною характеристикою, оскільки визначає час розгону і максимальну середню швидкість руху на дільниці. Пускове прискорення і прискорення при конструкційній швидкості однозначно визначають параметри номінального режиму асинхронного тягового приводу. Граничні значення поздовжніх прискорень електропоїздів обмежують за умовами комфортності пасажирів.

Прискорення при конструкційній швидкості  $a_o$  залежить від питомої потужності тяги, тобто потужності, що припадає на 1 т маси поїзда. На практиці для руху на горизонтальній дільниці його величину приймають  $a_o = (0,05...0,15)$  м/с/с. Вибір викладеним вище чином вихідних даних є наближеним і в подальшому може коригуватися за результатами тягових розрахунків.

При асинхронному тяговому приводі з 3-х зонним частотним регулюванням, регулювання потужності може здійснюватися як в межах номінальних режимів, так і з перевищенням останніх, тобто з перевантаженнями.

Отримано вирази, які дозволяють визначити параметри номінального режиму електропоїзда (швидкості, сили тяги) за допомогою ЕОМ.

Асинхронні тягові двигуни дозволяють використовувати обмежену за тривалістю роботу з навантаженнями, які перевищують номінальне значення, тобто дозволяють використовувати так звані бустерні режими. Це в ряді випадків дозволяє знизити потрібну потужність номінального режиму.

Кінцевий висновок відносно правильності вибору параметрів номінального режиму можна зробити на основі оцінки техніко-економічної доцільності вводу в експлуатацію на заданому полігоні тяги поїзда з прийнятими параметрами. Вихідні дані для визначення такої оцінки отримують за результатами тягових розрахунків.

### ЗМЕНШЕННЯ ЧАСУ ВІДКЛЮЧЕННЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ШВИДКОДІЮЧИХ ВИМИКАЧІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Данилов О. А., Сіксяєв В. О., Ісмагілов Є. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Danylov Oleksii, Siksiaiev Vitalii, Ismahilov Yevhen, Reducing the tripping time of high-voltage DC high-speed circuit breaker.*

**Summary.** *The paper deals with the issues of high-speed DC circuit breakers. The importance of reducing the shutdown time is shown. It is indicated that the use of existing microprocessor-based protection for fast shutdown leads to an increase in false trips. The experimentally obtained tripping delays have shown the possibility of using a pre-emptive trip with subsequent analysis of the current change.*

Автоматичні швидкодіючі вимикачі використовуються в якості комутаційного обладнання на тягових підстанціях постійного струму. Крім того вони виконують функцію захисту. Конструкція вимикача дозволяє йому відключатися при досягненні струму певної величини. Треба зазначити, що швидкість відключення аварійного режиму дуже важлива. Наприклад, коротке замикання біля підстанції при виникненні дуги, може перепалити контактний провід за час менший 0,1 с.

Час відключення струму к.з. швидкодіючим вимикачем складається з трьох частин:

- часу від початку аварії до команди на відключення;
- часу від команди на відключення до початку розходження контактів;
- часу гасіння електричної дуги в дугогасійній камері.

Перший час залежить від параметрів струму к.з. і струму уставки вимикача. Другий час залежить від конструкції швидкодіючого вимикача. Третій час неможна робити дуже малим, тому що це приводить до значних перенапружень. Поява мікропроцесорних захистів дала можливість зменшити першу частину відключення.

В останні роки швидкодіючі вимикачі почали доповнювати мікропроцесорними захистами. У своєму складі мікропроцесорний захист має декілька окремих захистів, в тому числі: максимальний струмовий захист і захист по швидкості зростання струму. Максимальна швидкість зростання аварійного струму відбувається в перші дві мілісекунди. Якщо використовувати цей захист для відключення, то це б дало змогу подавати команду на відключення вже через 2 мс від початку аварії. Але живлення тягового навантаження супроводжується режимами, які характеризуються різкою зміною струму з великою швидкістю зростання. Використання швидкості зростання струму в якості основної ознаки ава-

рійного режиму призвело до значної кількості хибних відключень. Тому на практиці цей захист часто відключають.

Відключення вимикача від зовнішніх пристроїв відбувається за рахунок розмикання живлення «утримуючої» котушки. Ця котушка має велику кількість витків і магнітопровід виконано з цільного заліза великим перерізом. Тому при знеструмленні «утримуючої» котушки, магнітний потік, який утримує силові контакти в замкненому стані, буде зменшуватися повільно і контакти почнуть розмикатись, через деякий час після відключення «утримуючої» котушки. Треба зазначити що в вимикачах з «розмагнічуючим» витком (АБ-2/4, ВАБ-43), цей час залежить від силового струму, який протікає через головні контакти вимикача.

Всі ці обставини дали можливість запропонувати наступний алгоритм роботи мікропроцесорного захисту: при спрацьовуванні захисту по швидкості зростання струму відключається «утримуюча» котушка і далі іде відлік часу і аналізується подальша зміна струму. Якщо це був неаварійний короточасний стрибок струму, то відновлюємо живлення «утримуючої» котушки і вимикач не встигає відключитись. Складність цього методу полягає в тому, що час, коли можна відмінити команду на відключення залежить від силового струму, струму «утримуючої» котушки і струму уставки, при якому швидкодіючий вимикач автоматично відключається. Тому були проведені експериментальні заміри проміжків часу, при яких можна відмінити команду на відключення при різних струмах навантаження і уставки. Дослідження проводились на вимикачі АБ-2/4. Було вибрано найгірший варіант живлення «утримуючої» котушки оперативним струмом, зменшеним на 10 %. Струм навантаження забезпечував випрямляч УВМР-4000-75, який дозволяє задавати струм в межах від 0 до 4000 А. Отримані витримки часу показали можливість використання випереджуючого відключення з подальшим аналізом зміни струму. Наприклад, при швидкості зростання струму 150 кА/с є 20 мс для аналізу характеру зміни струму. Якщо за цей час з'ясується, що дана ситуація не аварійна, то можна відмінити відключення, подавши напругу на «утримуючу» котушку. Вимикач при цьому хибно не відключиться. Також було виявлено, що час відключення збільшується при збільшенні струму уставки.

## **ПРОТИКОРОЗІЙНИЙ ЗАХИСТ МІСЦЕВИХ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД В РАЙОНІ ЕЛЕКТОРОФІКОВАНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ**

Дьяков В. О., Мітяєв Д. М., Хорбенко Р. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Diakov Viktor, Mitiaev Dmitry, Khorbenko Ruslan. Rustproofing of local underground structures in the area of electrofical railways.*

**Summary.** *The theses present the results of a research of the effect of redistribution of loads of adjacent traction substations located within the city of Dnipro to improve the efficiency of rustproofing of underground structures of the city.*

Місто Дніпро є одним з найбільших міст України за довжиною підземних споруд (газопроводи, водопроводи, теплопроводи, силові і кабелі зв'язку і т. п.). Кількість і протяжність міських підземних споруд з року в рік збільшується. Більшість міських підземних споруд пролежало в землі більше 40 років, якість їх ізоляції різко погіршилась. У зв'язку з цим однією з найактуальніших проблем є їх своєчасний антикорозійний захист. Для підземних споруд, розташованих в зоні впливу блукаючих струмів електрифікованих залізниць, в даний час найбільш ефективним способом протикорозійного захисту є застосування поляризованих електричних дренажів.

Для дослідження впливу перерозподілу навантажень суміжних тягових підстанцій, розташованих в межах міста Дніпро, на роботу поляризованих електричних дренажів персоналом Придніпровської залізниці, АТ «Дніпрогаз» і ДПТ було проведено експеримент зі зміною напруги на шинах тягової підстанції Горяїново. Результати вимірювань наведені в таблиці.

Таблиця	
Тягова підстанція	Горяїново
Напруга «+» шини, кВ	3,25 3,425
Загальнопідстанційний струм, кА	1,1 1,8
Потенціал «рейок-земля», В	5,84 - 9,0
Потенціал «газопровід-земля», В	-0,92 -5,3
Струм електричного дренажу, А	16 512

У таблиці в чисельнику дані значення до регулювання напруги на шинах тягової підстанції Горяїново, в знаменнику – після.

Результати вимірювань дозволяють зробити наступні висновки:

1. До регулювання напруги на шинах тягової підстанції Горяїново електричний поляризований дренаж практично не працював.
2. Після підвищення напруги на шинах тягової підстанції Горяїново відбувся перерозподіл навантажень на суміжних тягових підстанціях, що позитивно позначилося на потенційному стані газопроводів за рахунок різкого збільшення струму електричного дренажу.
3. Результати експерименту показали, що оптимізація рівнів напруги на шинах тягових підстанцій, може істотно поліпшити корозійний стан підземних споруд в місті Дніпро.

## GASDYNAMICS OF THE SONIC JET FOR THE CONTINUOUS CASTING COOLING PROCESS

Zhevezhyk O. V., Pertsevyi V. O., Bilostotska K. V., Derii O. V.

Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan

**Summary.** *The purpose of work is development of mathematical model of calculation of gasdynamic parameters (pressure, density, velocity) of the cooling medium (transonic air jet) at its movement along the surface of the continuous cast slab within secondary cooling zone of the continuous casting machine (CCM).*

*For this purpose implementation the technique and algorithm of calculation of gasdynamic parameters of the free and semi-bounded jet of the cooling medium at its movement along the surface of the continuous cast slab were developed. Results of the experimental study confirm adequacy to the proposed mathematical model.*

One of effective measures directed on upgrading of the surface of the continuous cast slab is an improvement of the secondary cooling zone of CCM. Efficiency of thermal processes of the continuous cast slab formation is mostly predefined by a method and modes of cooling of the continuous cast slab, in particular in the secondary cooling zone of CCM.

One of basic disadvantages of the water spray cooling is formation of transversal cracks at the slab surface, especially at its corners. As a result thermal cycling of the slab surface is observed.

Water spray cooling replacement by the mist-spray cooling allows to avoid those disadvantages.

Disadvantages of the mist-spray cooling are as follows: sprayer clogging; skim emergence inside mold channels and rolls; nonuniform continuous cast cooling; shell damage of the continuous cast slab.

In the secondary cooling system of the continuous cast slab which is developed within this work efficiency of partial replacement of water by air is proved.

Comparison of the convective heat transfer coefficients for both cooling mediums allows make a conclusion that water is more efficient cooling medium for continuous cast slab at the secondary cooling zone of the CCM.

But it should be mentioned that in operating conditions of the CCM with mist-spray cooling real value of the heat transfer coefficient is much lower than calculated one due to the water evaporation at the continuous cast slab surface that leads to the appearance of the steam layer at the slab surface that significantly decreases heat transfer intensity.

Therefore heat transfer intensities for mist-spray and air cooling are quite comparable.

Moreover, heat transfer coefficient value is able to provide mild cooling of the continuous cast slab that increases its quality.

For more precise determination of the heat transfer coefficient values mathematical modeling is needed.

Difference between calculation of the total gauge air pressure on the bottom of the closed channel, i.e. on the continuous cast slab surface and its measured values is quite acceptable for such type of a task.

Also, averaged technological parameters of the modern CCM, disadvantages of the water spray cooling and mist-spray cooling in the secondary cooling zone of the modern CCM are shown. Comparison of the spraying density for modern Ukrainian CCM is executed. Parameters of the known devices for air cooling of the continuous cast ingots in the secondary cooling zone of CCM are outlined.

## ОЦІНКА ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Кедря М. М.<sup>\*</sup>, Карабут Ю. О.<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, <sup>\*\*</sup>Управління Придніпровської залізниці

*Kedrya Mikhailo, Karabut Yuliya. Estimation of dynamik properties of traction electric drive direct current.*

**Summary.** *Consideration of traction electric direct current drive. Based on the structural scheme and transfer functions, the frequency and time characteristics of the drive are determined and its stability is estimated.*

Розглядається тяговий електропривод восьмивісного електровоза постійного струму. На основі представленої розрахункової схеми привода та введених допущень складені диференційні рівняння які описують динаміку роботи привода в тяговому режимі. Диференційним рівнянням відповідає структурна схема привода, де вхідною величиною є напруга, діюча на затискачах двигуна, а вихідною – швидкість руху електровоза. Структурна схема та рівняння дозволяють отримати передаточну функцію по напрузі, що підводиться до двигуна. Отримавши дійсну та уявну частотні функції визначаємо амплітудну і фазову частотні функції та їх логарифмічні аналогії. Частотні функції і графіки показують, що відношення амплітуд коливань між виходом і входом структури привода зростає з ростом частоти вхідних коливань, а вихідні коливання відстають по фазі від вхідних. За допомогою передаточної функції по напрузі отримані перехідна та імпульсна перехідна функції і побудовані графіки відповідних характеристик. Часові функції містять експоненціальні

складові і тому графіки часових характеристик показують наближення перехідних процесів до ustalених значень. Аналіз частотних і часових характеристик показав, що тяговий електропривод за динамічними властивостями відповідає аперіодичній ланці другого порядку. Для аналізу стійкості роботи привода отримані нулі та полюси передаточної функції. Їх розташування на комплексній площині показує, що тяговий електропривод є стійким. Це підтверджується критеріями Гурвіца та Михайлова. Якість процесу регулювання оцінена за допомогою кривої перехідного процесу та корінним методом за допомогою передаточної функції. Отримані нулі та полюси відображають на площі коренів запас стійкості системи та її здатність до коливань.

## СПОСІБ МОДЕРНІЗАЦІЇ АКУМУЛЯТОРНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Костира М. В., Корпач С. В., Герасіка Н. С.

Інститут транспортних систем і технологій НАН України

*Kostyrya Maryna, Korpach Svitlana, Herasika Nataliya. Method for modernization of battery systems for vehicles.*

**Summary.** *The results of studies of methods for synthesizing composite materials for electrodes of lead-acid and alkaline batteries are presented. The influence of the components of electrode materials on the electrochemical, electrical, corrosion and mechanical properties of the electrodes of battery systems is examined. It is shown that the distribution of new electrical materials is one of the ways of modernization of accumulator systems.*

У залізничному транспорті широко використовуються акумуляторні батареї різних типів. По-перше, це пускові акумулятори та суперконденсатори для тепловозів, які повинні забезпечувати великий пусковий струм двигуна протягом короткого інтервалу часу. По-друге, акумулятори складають основу систем автономного електропостачання вагонів в поїздах далекого прямування. Кожен вагон обладнаний акумуляторною батареєю, за допомогою якої здійснюється автономне електроживлення бортового обладнання.

Основними типами акумуляторів, які випускають для рухомого складу, є свинцево-кислотні (СКА) і лужні нікель-залізні і нікель-кадмієві акумулятори. Як і раніше збільшення терміну служби і питомих показників акумуляторів є основними вимогами сучасного виробництва та наукових досліджень, що передбачає як удосконалення способу виробництва акумуляторів, так і розробку нових матеріалів для створення нових варіантів.

Одним із способів модернізації акумуляторних систем є використання композитних електродних матеріалів, які можуть мати підвищені механічні, електричні і корозійні властивості. Так, наприклад, добавки до складу електродних матеріалів решіток, що не вступають у реакцію в електродній активній масі, забезпечують якісну структуру сплавів і високу питому провідність контактного шару, що дозволяє підвищити питомі електричні характеристики свинцево-кислотного акумулятора і його ресурс. Додавання в позитивну електродну активну масу СКА сполучних і структуруючих добавок у вигляді вуглецевих матеріалів: анізотропних графітів, вуглецевих волокон, технічного та активованого вуглецю, сажі, активованого вугілля, терморозширеного графіту та скловуглецю значно покращують електричні, корозійні та експлуатаційні характеристики СКА.

Нові композиційні матеріали, що мають підвищену питому поверхню і структуру з високим ступенем дефектності можна отримувати методом електроосадження металів в таких умовах, які перешкоджають отриманню гальванічних осадів з регулярною кристалічною структурою, при цьому властивості композитних осадів можна варіювати, підбираючи матеріали та технологічні умови електролізу.

Фахівцями Інституту транспортних систем і технологій НАНУ шляхом регулювання параметрів режиму електролізу і складу електроліту синтезовані композитні свинцеві матеріали з нанодисперсним оксидом титану, аеросилом, графітом, вуглецевими нанотрубками різної структури.

Вивчали залежність електричних, корозійних властивостей синтезованих композитних осадів свинцю від вмісту нанодисперсних частинок в електроліті в процесі електролізу. Використання нанорозмірних включень при електрохімічному співосажденні металів і дисперсних неметалічних матеріалів дозволяє отримувати матеріали з високою питомою поверхнею. Застосування таких композитів дозволяє значно поліпшити пористість електродів, і як наслідок – покращується дифузія в електроліті і, відповідно, більша кількість активної маси вступає в реакцію. Ефектом є підвищення питомої енергії електродів і акумулятора в цілому, тобто має місце покращення експлуатаційних характеристик акумуляторів.

Були вивчені особливості електрокристалізації, структура і морфологія композитних осадів на основі свинцю, отриманих з електролітів, що містять вуглецеві нанотрубки. Методом скануючої електронної мікроскопії встановлено, що кристали свинцю в осаді, зберігаючи в цілому форму правильних багатограних фігур, містили в собі капсульовані глобули. Такі композити мали підвищену електропровідність і покращені корозійні характеристики.

Електроосадження дає можливість не тільки отримати композит певного складу шляхом добавок в електроліт або використання попередньо легованого анода, а й поліпшити стан поверхні решітки шляхом нанесення на поверхню решітки тонкого шару композиційного електрохімічного покриття. Експериментально доведено, що підвищена корозійна стійкість такої решітки забезпечується не тільки створенням зовнішнього корозійностійкого шару, але і більш однорідною структурою поверхні свинцевого матеріалу. У свою чергу, однорідність поверхневого шару сприяє протіканню рівномірної поверхневої корозії без локалізованих корозійних руйнувань з катастрофічними наслідками, що дозволяє знизити вагові втрати акумуляторних решіток при корозії.

Одним з варіантів модифікації залізо-оксидного електрода лужного акумулятора є спосіб отримання залізного порошку, від якого залежить його дисперсність, кристалічна структура, морфологія поверхні, і як наслідок – електрохімічні властивості в процесах заряду/розряду. Істотний вплив на властивості безламельних електродів надає також їх склад і спосіб виготовлення.

Методом потенціодинамічного циклювання вивчали електрохімічні властивості пресованих залізних електродів, що містять в активній масі домішки різних вуглецевих матеріалів (графіт, сажа, вуглецеві нанотрубки і нановолокна). Експериментально доведено, що попередня обробка залізних порошоків у водневому середовищі дозволяє отримати значне збільшення розрядної ємності електродів в процесі циклювання. Встановлено, що у відновленій формі залізний порошок має високу електропровідність, тому немає необхідності включення в активну масу електропровідних матеріалів. Аналогічний ефект мав місце, якщо відновлення в водневому середовищі піддавався порошок оксидів заліза, а вуглецеві добавки включалися в електродну масу після операції відновлення.

Таким чином, прогрес у створенні більш ефективних і надійних акумуляторних систем можливий за рахунок створення нових матеріалів і функціональних домішок до активних мас електродів, що підвищують техніко-економічні показники, міцність, довговічність, екологічність і утилізацію з можливістю репродукції найбільш цінних матеріалів.

## ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ МАНЕВРОВИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ЛЕБІДОК

Маренич О. Л., Карзова О. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Marenych Oksana, Karzova Oksana. Increasing the power factor of electric drives of shunting railway winches.*

**Summary.** *In order to numerically increase the power factor of electric drives of shunting railway winches by switching on permanently static unregulated compensating capacitors, an algorithm of calculations is proposed and the studies are conducted for two models of shunting winches, the results of which allow to give certain recommendations.*

Збільшення коефіцієнту потужності  $\cos\varphi$  електроприводів є одним з напрямків збереження електроенергії в усіх галузях господарства країни. При існуючих технологіях виробничих процесів на підприємствах залізничного транспорту велика кількість електроприводів працює при завантаженні значно меншим номінального. Тому підвищення коефіцієнтів потужності таких електроприводів є актуальною задачею.

Метою роботи є розробка рекомендацій по застосуванню раціонального способу збільшення  $\cos\varphi$  електроприводів маневрових лебідок. Одним із характерних прикладів таких технологій є завантаження та розвантаження вагонів. Якщо при цьому для пересування вагонів застосовуються маневрові лебідки, то електродвигуни (як правило це трифазні асинхронні двигуни – ТАД) цих лебідок значну кількість часу працюють з коефіцієнтом завантаження ( $k_{zi} = \frac{P_{2i}}{P_{2ном}}$ ) суттєво меншим, ніж номінальний. Відповідно зменшується  $\cos\varphi$  ТАД електроприводу.

Манєврова лебідка – це спеціальна тягова лебідка для пересування вагонів. Використовується як альтернатива манєврового тепловоза для підтягування, обміну завантажених вагонів на порожні та інших робіт на вантажно - розвантажувальних дільницях при рельсових залізничних складах.

Існує значна кількість моделей манєврових електричних лебідок з потужністю ТАД орієнтовано від 4кВт до 11кВт та синхронною частотою обертання 1500 об/хв., 750 об/хв.

Мала вага компенсуючи конденсаторів, відсутність частин, що обертаються, незначні втрати енергії в них, легкість обслуговування, безпека та надійність у роботі дають можливість рекомендувати їх для підвищення коефіцієнта потужності ТАД у нашому випадку.

З метою спрощення схеми бажано застосовувати нерегульовані конденсатори, які постійно ввімкненні у схему.

Авторами запропоновано алгоритм розрахунків значення реактивної потужності компенсую чого конденсатора для раціонального підвищення коефіцієнта потужності електродвигуна привода лебідки.

З використанням цього алгоритму проведені відповідні розрахунки, які показали, що при підключенні на постійно до ТАД (4 кВт,  $n_c = 1500$  об/хв.) привода лебідки моделі ТЛ-8Б нерегульованого конденсатора з реактивною потужністю 1,5 квар коефіцієнт потужності електродвигуна збільшується при мінімальному коефіцієнті завантаження з 0,58 до 0,73, а при номінальному коефіцієнті завантаження з 0,84 до 0,95.

При підключенні до ТАД (5,5 кВт,  $n_c = 750$  об/хв.) привода лебідки моделі ЛВ нерегульованого конденсатора з реактивною потужністю 4квар коефіцієнт потужності електрод-



вигуна збільшується при мінімальному коефіцієнті завантаження з 0,41 до 0,848, а при номінальному коефіцієнті завантаження з 0,74 до 0,956.

Для електроприводу лебідки ТЛ-8Б може бути використаний, наприклад, конденсатор косинус ний типу ZEZ SILko CSADSG 1-0,4/1,5 (1,5 квар). Для лебідки ЛВ – конденсатор типу, наприклад, ZEZ SILko CSADSG-0,4/4 (4 квар).

Отримані чисельні значення підвищення коефіцієнтів потужності потрібних при цьому конденсаторів можуть бути використані в якості первинної інформації при вирішенні питання доцільності модернізації електроприводів маневрових лебідок шляхом встановлення на постійно нерегульованих косинус них конденсаторів.

В обох випадках доцільне постійне вмикання лише одного конденсатора вказаних типів для досягнення вищевказаного підвищення лебідок моделей ТЛ-8Б та ЛВ.

## СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ ДНІПРОВСЬКОГО МЕТРОПОЛІТЕНУ

Михайленко Ю. В., Голік С. М., Василенко Д. О.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Mikhaylenko Yurii, Holik Serhii, Vasylenko Dmytro. State and prospects of electric trains operation of The Dnipro Metro.*

**Summary.** *The report provides analysis the results of subway electric trains operation, considers the possibility of their improvement with the introduction of the first line second phase, taking into account the positive experience of organizing the work of subways in other cities of Ukraine.*

Метрополітен був внесений Урядом України до переліку стратегічних об'єктів, які мають важливе значення для економіки і безпеки держави. Адже щодня найшвидшим і найбезпечнішим видом громадського транспорту користується майже 1,8 млн. пасажирів. На сьогодні в країні є діючими три метрополітени в містах мільйонниках – Києві, Харкові, Дніпрі. Загальна довжина експлуатаційних ділянок метрополітенів України складає майже 116 км. Виконуючи величезний обсяг роботи з перевезення пасажирів ці комунальні підприємства залишаються збитковими і потребують додаткового фінансування в різних обсягах в залежності від умов роботи. Так Дніпровський метрополітен щодобово перевозить пасажирів у 30 разів менше ніж Харківський і майже 69 разів менше ніж Київський але при цьому існує нагальна потреба транспортного розвантаження основних магістралей в центрі міста і особливо мостів через річку Дніпро, пропускна здатність яких вичерпалась ще у 80-х роках минулого століття. Тому великі сподівання покладаються на введення в експлуатацію другої черги першої лінії метрополітену яка споруджується компанією LІMAK. З її запуском експлуатаційна довжина лінії досягне 11,8 км і пройде по центральній частині міста, що дає сподівання на суттєве збільшення пасажиропотоку.

Такі перспективи обумовлюють необхідність поповнення інвентарного парку рухомого складу метрополітену, який на сьогодні складає 45 одиниць. Найближчим часом планується закупити ще два тривагонні склади, що дозволить обслуговувати збільшений пасажиропотік і суттєво зменшити інтервал між поїздами з 15 до 8-9 хвилин у денний та вечірній час і з 8-9 до 5-6 хвилин у час пік. Розрахунки вказують на необхідність збільшення штату експлуатаційного персоналу, зокрема кількість машиністів електропоїздів повинна зрости з 24 до 47 штатних одиниць, також зросте штат працівників цеху ремонту.

За результатами експлуатаційної роботи станом на тепер щоденно дільницею проходить 190 потягів з дільничною швидкістю 36,3 км/год, що вище за показники інших видів

міського транспорту. Середньодобовий пробіг вагона експлуатованого парку становить 300 км. Враховуючи світові тенденції розвитку залізничного і міського електричного транспорту, зростаючі темпи урбанізації промислових центрів такі результати не відповідають сучасним вимогам і не можуть задовільнити потреб пасажирів перш за все за критерієм «тривалість поїздки» і рівнем комфортності перевезень.

Основним типом рухомого складу в метрополітенах України є вагони серії 81-717.5М/714.5М виробництва 80-90-х років минулого століття або інших моделей старшого віку. Лівова їх частка вже вичерпали встановлений термін служби і продовжують експлуатуватися завдяки проведеній глибокій модернізації конструкції. Сучасний рухомий склад в інвентарному парку електропоїздів метрополітену складає невелику частку і представлений дослідними зразками зарубіжних виробників і невеликою кількістю вагонів власного виробництва. Так депо Київського метрополітену поповнюються вагонами 81-7021/81-7022, які є перспективною розробкою Крюківського вагонобудівного заводу.

Парк вагонів Дніпровського метрополітену експлуатується понад 25 років. Наближається термін завершення їх експлуатації. За цей час не проводились роботи з модернізації. На даний момент 45 % обладнання вагонів потребує заміни, оскільки воно не підлягає ремонту або відновленню, також є складнощі в придбанні запасних частин для ремонту та обслуговування.

Ситуація вимагає рішення, необхідна глибока модернізація рухомого складу, за прикладом проведеної на вагонах серії «Е» Київського метрополітену за сприяння фонду «зелених інвестицій». Модернізація дозволить покращити характеристики рухомого складу, дозволить заощадити кошти на придбання нових вагонів і нового технологічного оснащення.

В ремонтній галузі назріла необхідність у будівництві нових виробничих дільниць з впровадженням сучасних технологічних процесів та відповідним технологічним обладнанням.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТ ЕНЕРГІЇ В СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА ТЯГОВІЙ ПІДСТАНЦІЇ

Панченко В. В., Харін Р. О.

Український державний університет залізничного транспорту

*Panchenko Vladyslav, Kharin Ruslan. Research of energy losses in a solar power plant at a traction substation.*

**Summary.** *The analysis of losses is conducted in solar power-station of direct-current №18 of Zmiiv, Kharkiv region with all climatic conditions of this region. The analysis of the main quality indicators of electricity, which is produced by solar power plants and supplied to the electrical system, was carried out. The energy losses of solar energy produced was analysed with the application of the PVsyst software package. It allowed us to analyze the parameters of electricity losses and visualise it with the charts of losses for the year as well as to illustrate the dependence between the amount of losses and the generation of electricity by solar panels.*

Електрифікований залізничний транспорт є базовою складовою транспортного сектору України та забезпечує функціонування і сталий розвиток економіки держави. Крім того, він є однією з найбільш енергоємних галузей, яка володіє високим потенціалом з енергозбереження. Приєднання сонячної електростанції (СЕС) до мережі може покращити рівні напруг у вузлах системи, але необхідно передбачити резерв потужності в системі для покриття дефіциту потужності у випадку раптового відключення через природні фактори.

Проаналізувавши дослідження, які проводилися в Україні та в інших європейських країнах, можна зробити висновок, що вплив неякісної електроенергії на електричне обладнання є досить суттєвим. Дослідження проблеми впливу джерел нетрадиційної генерації на показники якості електроенергії дозволить визначити шляхи зменшення втрат електроенергії та збільшити термін роботи електричного обладнання.

При сприятливих погодних умовах сонячні панелі поглинають сонячну енергію і виробляють електричну. Постійний струм, що генерується сонячними панелями, через інвертор перетворюється на змінний з необхідними напругою і частотою для підключення до промислової електричної мережі.

У запропонованому дослідженні проект сонячної електростанції, встановленої на даху тягової підстанції №18 Зміїв і підключеної до мережі, проаналізовано за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення PVsyst. Програмне забезпечення PVsyst використовується для розрахунку вихідної потужності, продуктивності, а також повних втрат станції, підключеної до мережі.

У будівлі тягової підстанції використовуються різні види електричного обладнання, тому щомісяця, на власні потреби, споживається велика кількість електроенергії. Поверхня даху тягової підстанції є пласкою великої площі, якої повністю вистачає для установки сонячної електростанції.

З метою досягнення високої ефективності перетворення сонячної енергії, а також для забезпечення простоти обслуговування і естетики будівлі сонячні панелі встановлюються на даху на кронштейнах під кутом  $33^\circ$  (оптимальний кут нахил для східного регіону України та місця розташування підстанції) спрямовані у східному напрямку. Загальна площа даху складає близько  $378 \text{ м}^2$ , при цьому майже вся вона придатна для розміщення сонячної електростанції. На ній можна змонтувати чотири масиви, кожен з яких складається з десяти послідовно з'єднаних сонячних панелей марки Jinko Solar JKM305M-60 Eagle потужністю 305 Вт. Запропонована система загальною площею  $65 \text{ м}^2$  підключається до чотирьох інверторів трифазного струму потужністю 2,9 кВт, на кожен з яких припадає по масиву.

За результатами дослідження визначено, що втрати електроенергії сонячних батарей, пов'язані з температурним режимом становлять близько 4,18 %. При стандартній робочій температурі сонячних панелей ( $25^\circ \text{C}$ ) різниця з сезонними температурами в цій місцевості досить висока: влітку температура повітря може досягати  $+40^\circ \text{C}$ , а взимку знижуватися до  $-20^\circ \text{C}$ . Найменші втрати, відповідні значенням 0,1 %, спостерігаються в електричних з'єднувальних кабелях, оскільки їх довжина не перевищує 5 м. Втрати потужності можуть коливатися від 10 % до 70 % залежно від різних факторів, що впливають на продуктивність фотоелектричної системи.

При цьому корисна вихідна потужність інвертора – близько  $3,18 \text{ кВт} \cdot \text{годин} / \text{кВтп}$  на добу. ККД сонячної електростанції в середньому становить 84,6 %. З травня по вересень виробляється найбільша кількість електроенергії, в січні і лютому – найменше. Загальний середньорічний об'єм електроенергії, який сонячна електростанція передає в мережу, складає  $13916 \text{ кВт} \cdot \text{годин} / \text{рік}$ .

Втрати знижують кількість енергії, переданої в мережу та ефективність роботи електростанції, підключеної до мережі.

## КОМБІНОВАНА СИСТЕМА РОЗГОНУ ДЛЯ ТЯГОВОГО ПРИВОДУ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ТРАНСПОРТУ

Плаксин С. В. \*, Шкіль Ю. В. \*, Муха А. М. \*\*

\*Інститут транспортних систем і технологій НАН України (ІТСТ НАН України)  
«Трансмаг», \*\*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Plaksin Serhii, Shkil Yurii, Mukha Andrii. Combined acceleration system for traction drive for high-speed transport.*

**Summary.** *The concept of a combined method for controlling the mode of levitation and traction of a typical track structure for a magnetic levitating crew is presented, which allows realizing a levitating force using traction coils when they are powered by direct current.*

На теперішній час високошвидкісний наземний транспорт, побудований з використанням магнітолевітаційних систем, реалізовано за двома основними принципами, так звані «транспрапід» та «маглев». Недоліки та переваги цих систем розкрити у значній кількості наукових робіт, приділимо увагу питанню початкової фази руху – розгону.

«Маглев» починає свій рух маючи опору на спеціальні колеса, і тільки після досягнення заданого рівня швидкості екіпаж переходить у режим левітації із зазором 100-150 мм.

«Транспрапиду» колеса для розгону не потрібні, оскільки екіпаж завжди левітує із зазором 5-10 мм, тобто постійно знаходиться у стані готовності до руху. Це вигідно відрізняє транспрапід з точки зору готовності до руху, але вимагає точної шляхової структури і відповідної системи керування. Для «маглеву» висока точність шляхової структури не потрібна, оскільки використовується відносно великий левітаційний зазор.

Чи існує можливість створити статичне магнітне поле, для створення левітаційної статичної сили, для підйому екіпажу системи «маглев» на стоянці?

Так, існує. З цією метою можливо використовувати тягові котушки для створення статичного магнітного поля, шляхом підключення до потужного джерела постійного струму. Такий підхід відображає особливості розробленої у «Трансмаге» розподіленої комбінованої секційної шляхової структури, коли під час розгону частина котушок виконує функцію підвищення екіпажу, а інші створюють змінний магнітний потік для створення поступового руху екіпажу. З підвищенням швидкості руху відносна кількість тягових котушок збільшується, а тих що підвищують екіпаж зменшується. На встановленій швидкості, усі котушки шляхової структури переходять у режим тягових.

Іншим граничним режимом комбінованої системи є стоянка, коли усі котушки шляхової структури працюють для підвищення екіпажу, тобто живяться від джерела постійного струму.

Проведені дослідження встановили, що для тягової секції, яка складається із 40 котушок, для створення початкового моменту руху, достатньо перевести у режим тяги 10-у та 40-у котушки, з подальшим поступовим переводом у режим тяги усіх 40 котушок, для режиму встановленої швидкості.

## ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ПОСТІЙНОЇ ЧАСУ ДОСЛІДНИХ ЗРАЗКІВ ПРИ СТЕНДОВИХ ВИПРОБУВАННЯХ СИЛЬНОСТРУМОВОГО КОНТАКТУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Саїд Ахмад Мохаммад Діаб

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Mohammad Al Said Ahmad. Determination of thermal constant time of test samples at bench tests of power-current contact of electric transport.*

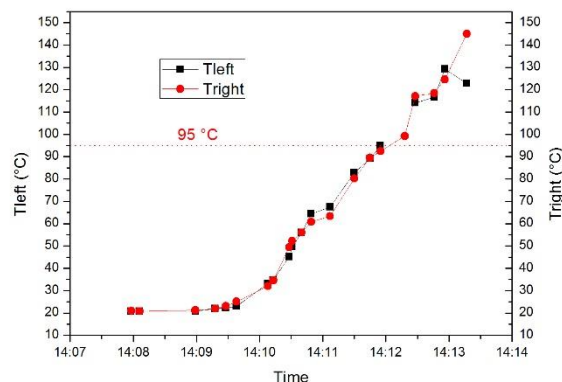
**Summary.** *The formulation of the problem and some results on the determination in laboratory conditions of the thermal time constant of a sliding contact when a current flows through it are presented.*

Для реалізації надійного сильно-струмового ковзного контакту як правило необхідно проведення тривалих експлуатаційних випробувань. Для прискорення проведення цих випробувань застосовують загальноприйнятий підхід – попереднє проведення стендових випробувань.

Призначення стендових випробувань полягає не в тому, щоб відтворити усі реальні умови експлуатації, а в тому, щоб порівняти властивості різних видів накладок, їх вплив на нагрів і знос контактного проводу, при рівних умовах проведення експерименту. У всьому світі є загально прийнятим, що тільки за результатами стендових випробувань приймаються рішення щодо допуску накладок струмоприймачів до експлуатаційних випробувань.

Під час випробування порівняльних випробувань здійснювався контроль за нагріванням контактного проводу та недопущення перевищення максимальної температури згідно ГОСТ 2584 (95°C).

Джерелом теплової енергії є струм який протікає скрізь незначну за розміром струмову альфа-пляму. Розсіюються ця тепла енергія у навколишнє середовище з поверхні дослідного зразку та поверхні контактної проводу, і ця система є інерційною з часом встановлення теплового статичного режиму. Автором, разом з науковим керівником, проведено ряд однотипових, з однаковими початковими умовами експериментів, по визначенню часу досягнення усталеного теплового режиму, у місці ковзного контакту, випробувальний струм дорівнював 300 А (див. рисунок). Експериментальна тепла постійна часу при цьому дорівнює приблизно 600 с.



Далі, на підставі проведених розрахунків теплової моделі системи, стало можливим змодельовати режими роботи сильнострумового ковзного контакту лабораторного стенду.

## ЛІТІЙ-ПОЛІМЕРНИЙ АКУМУЛЯТОР ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Скосар В. Ю., Бурилов С. В., Дзензерський В. О.  
Інститут транспортних систем і технологій НАН України

*Skosar Vyacheslav, Burylov Sergiy, Dzenzerskiy Victor. Lithium-polymer battery for transport systems.*

**Summary.** *The promising batteries for transport system are considered. The lithium-ion batteries and lithium-polymer are highlighted. The improvements in lithium-polymer battery manufacturing technology are proposed. The new lithium-polymer batteries should be characterized by increased safety, the ability to discharge powerfully and the ability to charge quickly.*

Літій-полімерні акумулятори – це варіанти літій-іонних акумуляторів. Вони характеризуються високою питомою енергією (200 Вт·год/кг) і найкраще підходять для електротранспорту. Від звичайних літій-іонних акумуляторів вони відрізняються наявністю полімерного електроліту. Полімерні плівки в літій-полімерних акумуляторах замінюють звичайні рідкі електроліти, а також сильно знижують ризик займання і роблять акумулятори набагато безпечнішими. Крім того, застосування полімерних електролітів у вигляді плівок дозволяє істотно зменшити товщину акумулятора (до одного мм) і зробити акумулятор компактним і практично будь-якої форми. Зазначені переваги літій-полімерних акумуляторів, незважаючи на їх відносну дорожнечу, роблять їх дуже перспективними в тих областях, де необхідні малі габарити і висока енергоємність джерел живлення. Йдеться, перш за все, про транспортні системи, які використовують магнітну левітацію, а також про авіаційну і космічну техніку.

Пристрій літій-полімерного акумулятора багато в чому збігається з пристроєм звичайного літій-іонного акумулятора, якій використовує рідкий електроліт. Катод акумулятора містить найчастіше активний матеріал у вигляді перехідного металооксиду літію – оксидів літію-кобальту-нікелю-марганцю ( $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{Li}(\text{Ni}/\text{Co}/\text{Mn})\text{O}_2$ ,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ) або фосфату літію-заліза ( $\text{LiFePO}_4$ ), а також струмопровідної добавки для підвищення електропровідності. Струмовідводом для катода служить алюмінієва фольга. Анод акумулятора містить активний матеріал у вигляді графіту. Струмовідводом для анода служить мідна фольга. Триває пошук інших ефективних матеріалів, які можуть знайти застосування в літій-полімерних акумуляторах.

В літій-полімерних акумуляторах полімерний електроліт може являти собою чистий полімер (наприклад, поліакрилонітрил, полівінілпіролідон) і електролітичну сіль літію. Однак, останнім часом більшою популярністю стали користуватися полімерні електроліти, що представляють собою полімерний гелеобразний електроліт, якій містить електролітичну сіль літію. Для цього використовують полімери, що володіють гелеутворюючими властивостями, наприклад: суміші полівініліденфториду-гексафторпропілена (ПВДФ-ГФП) з поліметілметакрілатом (ПММА) та ін. Солі літію часто вибирають з наступного ряду речовин: перхлорат літію ( $\text{LiClO}_4$ ), гексафторфосфат літію ( $\text{LiPF}_6$ ), трифторметансульфонат літію ( $\text{LiSO}_3\text{CF}_3$ ), та ін. Відповідними розчинниками солей літію можуть бути: етиленкарбонат (ЕК), пропіленкарбонат (ПК), діетилкарбонат (ДЕК), диметилкарбонат (ДМК), метилетилкарбонат (МЕК) або їх суміші. У підсумку виходить, що полімери утворюють гелеобразний електроліт в електролітичному розчині, виконуючи функції електроліту і сепаратора між катодом і анодом.

Зазначимо основні недоліки літій-полімерних акумуляторів. По-перше, відносна дорожнеча: літій-полімерні акумулятори дорожче, ніж звичайні літій-іонні акумулятори з рідким електролітом. По-друге, літій-полімерні акумулятори не можуть розряджатися великими струмами (понад  $10 \cdot C$  (А), де  $C$  – номінальна ємність (А·год)), і в цій характерис-

тиці вони поступаються нікель-кадмієвих акумуляторів, здатним видавати дуже високі розрядні струми (до  $50\cdot C$ ). І якщо існує реальна перспектива здешевлення літій-полімерних акумуляторів зі збільшенням серійності їх випуску, то другий недолік вимагає нових технічних рішень.

Фахівці Інституту транспортних систем і технологій НАНУ проводять розробки в галузі вдосконалення літій-полімерних акумуляторів, що дозволить підвищити здатність акумуляторів до розряду високими струмами (до  $20\text{--}30\cdot C$ ), а також здатність до більш швидкого прийому заряду. Це дозволить істотно розширити сфери застосування літій-полімерних акумуляторів, як високоенергоємних, а також швидкозорядних і швидкозарядних джерел живлення.

Для досягнення цих цілей нами запропоновано використовувати механоактивацію при виготовленні порошкових анодних і катодних матеріалів, з наступним змішуванням матеріалу кожного електрода з полімерним гелеутворюючим електролітом і нанесенням активних мас на струмовідводи. Механоактивація порошкових матеріалів на планетарному млині з металевими кульками, що роздрібнюють, призводить до подрібнення частинок активного матеріалу, до зміни кристалічної структури останнього, а також викликає певні хімічні реакції. При механоактивації графіту з оксидом літію, які застосовуються для анода, відбувається формування областей в графіті, які характеризуються підвищеною відстанню між атомними площинами, а також відбувається насичення графіту наночастинками металевого літію. Цей ефект досягається при механоактивації в умовах часткового вакууму. Наслідком є підвищення спроможності анода поглинати і звільняти іони літію. При механоактивації катодного активного матеріалу спільно з графітом і оксидом літію в умовах часткового вакууму виникають такі позитивні ефекти. У кристалічних структурах перехідних металооксидів літію утворюються мікродфекти, які послаблюють механічні напруження в матеріалі, що виникають при інтеркаляції і деінтеркаляції іонів літію в матеріал під час роботи акумулятора. Це запобігає деградації активного матеріалу і насичує його наночастинками металевого літію. Крім того, механоактивація призводить до утворення композитів активного матеріалу з вуглецем, і на поверхні частинок перехідних металооксидів літію формується тонкий шар з атомів вуглецю. Це підвищує електропровідність катодного матеріалу. Сумарний ефект механоактивації полягає в підвищенні здатності акумулятора до потужного розряду і швидкому прийому заряду.

Застосування полімерних гелеутворюючих електролітів (різних для катода, полімерної плівки і анода, або однакового для всього акумулятора) дозволяє зробити акумулятор безпечним і малогабаритним.

Попередні випробування літій-полімерних комірок, виготовлених новим способом, показують перспективність представлених тут розробок. Нові акумулятори можуть знайти застосування в транспортних системах, які використовують магнітну левітацію, в авіаційній і космічній техніці, а також на серійному електротранспорті: електромобілях і гібридних автомобілях, електропоїздах, метрополітені, тролейбусах, трамваях.

## **ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА НА ОСНОВІ МАГНІТНОЇ ЛЕВІТАЦІЇ, ЯКА ПРИЗНАЧЕНА ДЛЯ ЗАПУСКУ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ**

Скосар В. Ю., Ворошилов О. С., Комаров С. В.

Інститут транспортних систем і технологій НАН України

*Skosar Vyacheslav, Voroshilov Olexiy, Komarov Sergiy. Transport system based on magnetic levitation designed for launching space vehicles.*

**Summary.** *The original concept of space transport system based on magnetic levitation was proposed. This space transport system includes: an space vehicles, which contains elements of a linear electric motor and elements of an internal magnetic levitation system; booster tube,*

*which contains elements of a linear electric motor and elements of an internal magnetic levitation system; magnetic levitation systems and tension cable systems for booster tube; an active magnetic shielding devices and lightning protection devices.*

У США розробляється перспективна транспортна система, призначена для виведення космічних апаратів на низьку навколоземну орбіту, а також на геостаціонарну орбіту, згідно Patent 6311926 US, Int.Cl. 7 B64F 1/04, Space Tram, Nov.6, 2001. Весь фокус у тому, що транспортна система Space Tram заснована на принципах магнітної левітації, і здатна істотно здешевити вивід корисного вантажу на орбіту в порівнянні з ракетними технологіями. Досягається це за рахунок того, що в новій транспортній системі не потрібно тягнути проти сили тяжіння велику масу ракетного палива. Однак, спочатку необхідні великі витрати на зведення нової транспортної установки, заснованої на магнітній левітації.

Розглянемо особливості зазначеної системи Space Tram. Вона включає до свого складу літальний апарат для виходу в космос, з боків якого розміщені елементи лінійного електродвигуна і елементи внутрішньої системи магнітної левітації. Зазначені елементи розташовані з боків літального апарату. Літальний апарат може мати додаткові ракетні двигуни для підйому на більш високі орбіти, але вони не є обов'язковими. Повна маса літального апарату 200 Мт, корисне навантаження 70 Мт, габаритні розміри  $5 \times 5 \times 30$  м, швидкість вильоту з установки 8 км/с. У систему входять також розгінний тунель і розгінна труба для літального апарату, в яких створено частковий вакуум і розміщені елементи лінійного електродвигуна і елементи внутрішньої системи магнітної левітації. Перевантаження при прискоренні не перевищує 2,5 g. Розгінний тунель довжиною 1600 км розташований на землі, вхід в розгінну трубу також розміщений на землі, а вихід з труби – в стратосфері, на висоті 22 км. На зазначеній висоті атмосферний тиск становить всього 5 % від номінального, і сили аеродинамічного опору досить малі. Довжина розгінної труби 281 км, а її фіксація в похилому положенні забезпечена за рахунок зовнішньої системи магнітної левітації, створеної потужними струмами в двох контурах, які складаються з груп 7 надпровідних кабелів. Один такий контур (7 кабелів) розміщений на землі, а інший контур (7 кабелів) зафіксовано безпосередньо над розгінною трубою, вище на 30 м труби, щоб магнітне поле зовнішньої системи магнітної левітації не перевищувало 1000 Гс всередині розгінної труби. Кожен надпровідний кабель може проводити струм величиною до 2,07 МА. Надпровідний кабель являє собою складну конструкцію з надпровідників на базі NbTi і каналом для рідкого гелію, а також алюмінієвої оболонкою. Розгінна труба внутрішнім діаметром 7 м виготовлена з 6 шарів графіто-епоксидних стільникових ячеек, з площею поверхні менше одного м<sup>2</sup> кожна ячейка, для усунення ризику розгерметизації труби. Елементи лінійного електродвигуна і елементи внутрішньої системи магнітної левітації розташовані на бічних стінках розгінної труби. Механічна міцність конструкції, що левітує, в умовах вітру забезпечена за рахунок системи натяжних тросів з міцного, легкого матеріалу, наприклад, кевлара і орієнтованого поліетилену.

Однак, у даній оригінальній розробки є два серйозних недоліки, пов'язаних з її безпекою. По-перше, незахищеність установки від електричних розрядів блискавок, які можуть істотно зашкодити і навіть знищити установку, якщо блискавки вразять одночасно всі 7 надпровідних кабелів і виведуть їх з надпровідного стану. Тоді вся конструкція впаде на землю. Крім того, блискавки можуть вивести з ладу або з надпровідного стану елементи лінійного електродвигуна і елементи внутрішньої системи магнітної левітації. По-друге, при вході в розгінну трубу і при виході з неї на великій швидкості (8 км/с) всередині тіла космонавта виникає різко змінне магнітне поле, що народжує сильні вихрові струми, небезпечні для здоров'я і життя людини. Тому ми вирішували завдання удосконалення перспективної транспортної системи Space Tram, переслідуючи мету забезпечення її безпеки.



Нами запропоновано, по-перше, змінити число і конфігурацію розташування надпровідних кабелів зовнішньої системи магнітної левітації. Замість 7 необхідно використовувати 8 кабелів, розташованих симетрично навколо розгінної труби. (І так само збільшиться число надпровідних кабелів на землі). Таким чином можна досягти майже повної компенсації магнітного поля всередині розгінної труби і істотно мінімізувати змінне магнітне поле, яке з'являється при вході і виході з розгінної труби в обсязі літального апарату. Крім того, така конфігурація надпровідних кабелів зводить до нуля ризик одночасного ураження блискавкою всіх кабелів, оскільки одна частина кабелів буде екранувати іншу їх частину. По-друге, для більш надійного захисту надпровідних кабелів основного контуру від блискавок нами запропоновано закріпити поблизу кожного надпровідного кабелю грозозахисний трос, який має заземлення поблизу входу в розгінну трубу. Це сприятиме запобіганню виникнення блискавок або, в крайньому випадку, їх відведення через грозозахисні троси. В результаті всі елементи розгінної труби і літального апарату виявляються закриті від ураження блискавками, а надпровідні кабелі досить захищені. По-третє, для кожного місця, де розташований космонавт, в літальному апараті ми пропонуємо встановити активне магнітне екранування. Пристроями активного магнітного екранування послужать три пари кілець Гельмгольца (радіусом 2,5-3,0 м), розташовані в трьох ортогональних площинах, і підключені до блоку живлення. Це дозволить компенсувати всі три компоненти змінного магнітного поля. Джерелами харчування для кілець Гельмгольца можуть послужити компактні і легкі літій-полімерні акумулятори. Блок живлення кілець Гельмгольца повинен бути запрограмований на таку форму імпульсу струму, яка дозволить компенсувати змінне магнітне поле в місці розташування космонавтів.

Наша розробка, в порівнянні з відомою системою Space Tram, може забезпечити набагато більш безпечний висновок пілотованих космічних апаратів на орбіту. Це пов'язано з тим, що в даному випадку ми застосовуємо активне магнітне екранування космонавтів, а також загальний захист від блискавок всієї установки. Пристрої активного магнітного екранування можуть використовувати в якості джерел живлення нові літій-полімерні акумулятори, які розробляються фахівцями Інституту транспортних систем і технологій.

## АНАЛІЗ РІВНЯ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ НА ПОКАЗНИК ПИТОМИХ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ТЯГУ

Сулим А. О., Хозя П. О., Мельник О. О., Юшко О. О.

ДП «Український науково-дослідний інститут вагобудування» (ДП «УкрНДІВ»)

*Sulym A., Khozia P., Melnyk O., Yushko O. Analysis of the level of influence of factors on the indicate of specific costselectric power for traction.*

**Summary.** *The main factors influencing the value of the specific electricity consumption on the traction of rolling stock are identified. It is established that for the given conditions the greatest influence on the value of specific electricity consumption of rolling stock is exerted by the characteristic of the efficiency of the traction drive.*

В Україні енергозбереження на сьогоднішній день визнано одним із пріоритетних напрямків економічного розвитку держави. Особливо це стосується транспортної галузі. Підприємства транспортної галузі, що мають та експлуатують електрорухомий склад (ЕРС), є потужними споживачами електроенергії у масштабах цілої держави. Близько 70-80 % електроенергії, що споживається цими підприємствами, витрачається на тягові потреби ЕРС.

Зважаючи на тривалий цикл експлуатації ЕРС, витрати на його розробку, виробництво і утилізацію незрівнянно нижчі за витрати на експлуатацію. Тому сучасні тенденції розви-

тку та виробництва ЕРС базуються першочергово на зниженні витрат на їх експлуатацію. Витрати на експлуатацію ЕРС складаються з витрат на енергоресурси, а також витрат на технічне обслуговування та ремонт. Слід зазначити, що протягом останнього часу спостерігається збільшення частки витрат на енергоресурси за відношенням до загальних експлуатаційних витрат. Це явище можливо пояснити суттєвою динамікою зростання вартості електроенергії за останні декілька років. Тому, зменшення витрат на енергоресурси та зниження вартості життєвого циклу ЕРС є досить нагальним питанням, яке потребує якнайшвидшого вирішення.

Аналіз ряду досліджень дозволив встановити, що питання зниження витрат енергоресурсів під час експлуатації ЕРС залишається невирішеним в повному обсязі та потребує проведення подальших досліджень в цьому напрямку. Зокрема, недостатньо приділено уваги питанню оцінки витрат енергоресурсів та можливих резервів їх зниження під час експлуатації ЕРС ще на етапі його розробки і проектування. Враховуючи зазначене, в цій роботі запропоновано розглянути це питання більш детально та за результатами проведених досліджень надати рекомендації щодо основних напрямків і резервів зниження витрат електроенергії на тягу в процесі експлуатації ЕРС.

Мета – проаналізувати наявні фактори і дослідити рівень їх впливу на значення показника питомих витрат електроенергії за допомогою спеціалізованої імітаційної моделі.

Основними факторами, що здійснюють вплив на питомі витрати електроенергії ЕРС на тягу, є коефіцієнт корисної дії (ККД) тягового приводу, налаштування системи керування тяговим електроприводом, маса рухомого складу, основний опір руху, коефіцієнт інерції обертових мас.

В цій роботі запропоновано дослідити рівень впливу зазначених факторів на значення показника питомих витрат електроенергії на прикладі рухомого складу метрополітену. Для оцінки зазначених факторів впливу на значення показника питомих витрат електроенергії використано спеціалізоване атестоване програмне забезпечення. З використанням програмного забезпечення виконано моделювання розгону, вибігу та гальмування під час руху складу на прямолінійному перегоні загальної довжини 1700 м без ухилів за умов реалізації середньої швидкості сполучення на перегоні 42 км/год та максимальної експлуатаційної швидкості руху 80 км/год. Дослідження впливу кожного із зазначених факторів здійснювалось шляхом проведення трьох окремих тестів, за яких досліджуваний фактор є величиною змінною, а інші фактори впливу залишались незмінними.

Рівень впливу перелічених факторів на значення показника питомих витрат електроенергії на тягу для заданих умов, зображено у вигляді діаграм на рис. 1, 2.

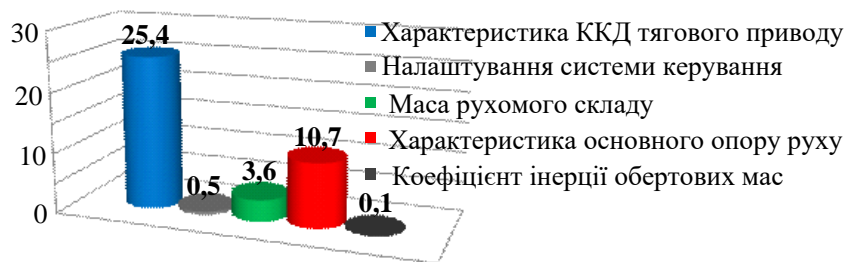


Рис. 1 – Рівень впливу факторів на значення питомих витрат електроенергії для середньої швидкості руху на перегоні 42 км/год

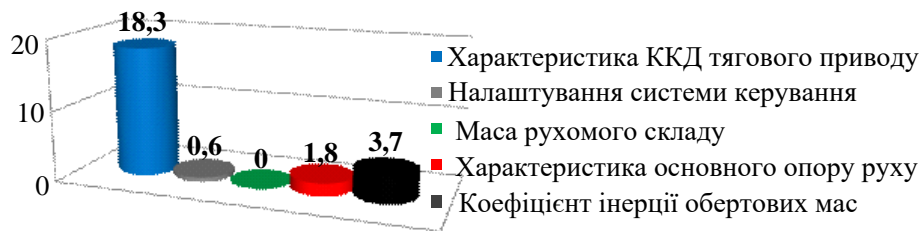


Рис. 2 – Рівень впливу факторів на значення питомих витрат електроенергії під час розгону до швидкості руху 80 км/год

За аналізом результатів розрахунків встановлено, що для заданих умов найбільший вплив на значення питомих витрат електроенергії на тягу здійснює характеристика ККД тягового приводу (рис. 1, 2), інші фактори мають значно менший вплив. Слід зазначити, що сумарний вплив таких факторів як налаштування системи керування, маса, основний опір руху, коефіцієнт інерції обертючих мас у порівнянні з впливом ККД тягового приводу менший на 10,5 % та на 12,2 % відповідно для середньої швидкості на перегоні 42 км/год та під час розгону до 80 км/год.

**Висновки.** Вагомий вплив на значення питомих витрат електроенергії на тягу здійснює характеристика ККД тягового приводу, інші фактори мають значно менший вплив. Під час створення інноваційного електрорухомого складу особливу увагу необхідно приділяти саме вибору тягового електроприводу, оскільки за умов обрання ефективного тягового електроприводу з покращеними енергетичними характеристиками на етапі проектування можливо досягти значного зниження експлуатаційних витрат та вартості життєвого циклу ЕРС.

Подальші дослідження запропоновано направити на оцінку заощаджень від зменшення витрат на енергоресурси саме за рахунок впровадження ефективного економічного тягового приводу на конкретному ЕРС для заданих умов експлуатації.

## ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОБОТИ СИЛОВОГО КОВЗНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО КОНТАКТУ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЙОГО ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ

Устименко Д. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Ustymenko Dmytro. Physical and technological aspects of the work of power sliding electrical contact and their influence on its performance.*

**Summary.** *It is shown that in the framework of bench laboratory tests of the stability of the power sliding electrical contact, you can use the temperature to predict its life.*

Загальновідомо, що робота силових ковзних електричних контактів тісно пов'язана з тертям та зносом, до того ж в процесі їх експлуатації на процеси тертя впливає електричний струм. Причому, працездатність силових ковзних контактів, що пов'язана з їх зносом, в основному визначається процесами в поверхневих шарах пар тертя. Протікання електричного струму через поверхні пари тертя, призводить до підвищення їх нагріву, збільшення кінетики протікання хімічних реакцій, проявляється перенос металів, що обумовлений електричними явищами. При цьому висока локальна температура в зоні безпосереднього контакту пояснюється високою густиною струму в  $\alpha$ -плямах, внаслідок їх малої площі.

Усі фактори, що впливають на працездатність силових ковзних електричних контактів прийнято розділяти на три основні групи: конструкційні, металознавчі, експлуатаційні. Надалі основна увага буде приділена групі металознавчих факторів.

Адсорбційна активність контактних поверхонь приводить до того, що на них утворюється тонкий граничний шар [1], який відрізняється по структурі і властивостям від поверхневого (перехідного) шару твердого тіла. Фізичний стан речовини такого граничного шару може бути різним і залежить як від параметрів стану (температури, тиску і т.і.), так і від характеру взаємодії з твердою фазою. Адгезія поверхонь, що труться багато в чому визначає закономірності тертя і зношування. Поверхневі шари в процесі тертя зазнають різних змін, ці зміни можуть носити як зворотній, так і незворотній характер, бути причиною зносу, схоплювання і інших явищ. Тертя в умовах граничного змащування супроводжується формуванням між робочими поверхнями тонкого шару мастила, що набуває властивостей «третього тіла».

В силових ковзних електричних контактах, що застосовуються для забезпечення передачі електричної енергії на борт рухомого складу один з контактних елементів виготовлено з металу (контактний провід), в якості основного матеріалу другого контактного елемента (контактна вставка струмоприймача) використовують твердозмащувальні електропровідні композиції чотирьох основних типів: металографітні, графітні, вугільно-графітні та електрографітні.

Експериментальні дослідження показали, що товщина, склад і структура перенесених плівок взаємопов'язані з зовнішніми параметрами ковзного контакту (навантаження, швидкість), складом композиту, контртіла і навколишнього середовища [2]. В той же час плівка визначає механізм проходження струму, а відповідно, електричні характеристики контакту, характер і інтенсивність тепловиділення.

Електричний струм є додатковим зовнішнім параметром, що впливає на усі характеристики силового ковзного контакту [3], цей вплив виражається:

- в зниженні сили тертя при збільшенні густини струму («ефект змащування»);
- в надлишковому зношуванні елементів контакту в порівнянні з так званим механічним зносом за відсутності струму («електричне» зношування).

В вугільно-графітових і електрографітових вставках сполучним матеріалом є фенолформальдегідні смоли до 60 мас. % (цим і пояснюються такі великі значення питомого опору: для матеріалу У – 30 мкОм·м, а для матеріалу УМ – 8 мкОм·м [4]), підвищення густини струму, який проходить через контакт, призводить до інтенсивного тепловиділення і як наслідок до його руйнування.

Для графітових щіток, які мають також відносно високий вміст некарбонізованого (полімерного) сполучного матеріалу, «ефект змащування» вище деякої критичної густини струму проявляється незворотно і виражається досить різко, оскільки тепловиділення, як і для вугільно-графітових і електрографітових вставок, стає причиною руйнування сполучного матеріалу і композиції.

У металографітових матеріалів з високим вмістом металу (масова доля – до 90 %) вплив густини струму на коефіцієнт тертя практично не проявляється і тільки при високій густині струму (більше ніж 20 А/см<sup>2</sup>) коефіцієнт тертя незначно зростає. У таких матеріалів кількість перенесеного матеріалу на поверхні контртіла незначна, і фрикційна поведінка таких композицій близька до поведінки металів.

Досить важко прогнозувати інтенсивність зношування контакту за величиною густини струму через різноманіття факторів дії струму і складного характеру їх взаємозв'язку. Всі фактори можуть діяти одночасно, а їх головною першопричиною є виділення теплоти на перехідному контактному опорі [5]. З урахуванням цього можна проводити оцінку ресурсних можливостей силового ковзного електричного контакту на основі вимірів інтенсивності тепловиділення в зоні контакту.

В умовах стендових випробувань стійкості контактного проводу та контактних вставок полозів струмоприймачів отримані наступні результати (табл. 1).

Таблиця 1

Тип контактної вставки	Умови стендових випробувань	Величина зносу контактного проводу на $10^4$ проходів, мкм	Температура контактної вставки, °C
Композит «Романіт-УВЛШ»	- струм через контакт 300 А; - лінійна швидкість в ковзному контакті 4,83 м/с;	35	36...38
Вугільна Тип Б	- 10000 проходів.	59	150...160

Величина зносу контактного проводу може бути прив'язана до температурного показника, який може виступати універсальним «мірилом» ресурсу контактної пари, у випадку незмінності умов проведення стендових лабораторних випробувань.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мышкин Н. К. Трение, смазка, износ. Физические основы и технические приложения трибологии. [Текст] / Н. К. Мышкин, М. И. Петроковец – М: Физматлит, 2007. – 368 с.
2. Сидоров, О. А. Исследование и прогнозирование износа контактных пар систем токосъёма с жестким токопроводом: Монография / О. А. Сидоров, С. А. Ступаков. – М: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». 2012. – 174 с.
3. Ustymenko D. V. Physico-technological aspects of work of lubricant films in the tribosystem «overhead line – current collector contact strip» [text] / D. V. Ustymenko // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2018, № 3 (75). – С. 78-86. doi: 10.15802/stp2018/133323.
4. ДСТУ ГОСТ 32680:2016 Струмознімальні елементи контактні струмоприймачів електрорухомого складу. Загальні технічні умови. – [діє від 01.10.2016]. – М.: ФГУП Стандартиформ, 2016. – 16с. – (Міждержавний стандарт).
5. Ustymenko D. V. Nanostructures in the formation of the properties of high-current sliding electrical contacts on the electric rolling stock [text]: 2019 IEEE 39th International Conference / D. V. Ustymenko, A. M. Mukha, O. Y. Baliichuk, O. Ya. Kurylenko, S. Romanov, T. Sebiev // ELECTRONICS AND NANOTECHNOLOGY (ELNANO), Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2019. – P. 233-236.

#### ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН РУХОМОГО СКЛАДУ

Шаповалов О. С.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Shapovalov Oleksandr. Reliability problems of electric machines.*

**Summary.** *The results of research of reliability of electric machines of a rolling stock are resulted. Units of electric machines in which malfunctions most often arise are considered. The reasons of failures of electric machines of different types are analyzed. As a result of the analysis the necessity of carrying out post-repair tests of electric machines is proved.*

Якість роботи електричної машини являє собою сукупність параметрів, які визначають її придатність до експлуатації. Надійність є найважливішим техніко-економічним показником якості будь якого технічного приладу, особливо електричної машини, яка визна-

час її здатність безвідмовно працювати зі сталими технічними характеристиками протягом заданого проміжку часу, при певних умовах експлуатації. Відмови електричних машин наносять вагомі матеріальні збитки. Підвищення надійності електричних машин є важливою науково-технічною проблемою сьогодення.

Проблема надійності технічних систем за останні десятиліття різко погіршилась, що можливо пояснити наступними причинами:

- значний знос інвентарного парку рухомого складу;
- збільшенням складності технічних систем, які вводяться в експлуатацію;
- екстремальні умови, в яких експлуатуються електричні машини (високі швидкості, значні прискорення, високі температури, перепад температури та ін.).

Традиційно дослідження надійності електричних машин проводять шляхом вивчення статистичних даних про відмови. При початковому вивченні статистики відмов за типами електричних машин, найбільшу увагу приділяють «слабким» вузлам та причинам відмов.

При дослідженні система розбивається на блоки, на основі аналізу функціонального призначення та фізичних процесів, які проходять в системних блоках. Проте недоцільно досліджувати всі блоки, які входять в систему, оскільки їх надійність значно відрізняється. Відмови деяких блоків практично неможливі, тому їх врахування ускладнюють розрахунки, при цьому результат розрахунків практично не змінюється. Тому при складанні структурних схем використовують метод «слабких ланок», виділяючи блоки, надійність яких найменша.

В асинхронних двигунах при дослідженні на надійність необхідно виділити як «слабкі ланки» обмотку статора та підшипниковий вузол. В синхронних машинах необхідно виділити обмотки статора та ротора, щітковий апарат та контактні кільця, підшипникові вузли. В машині постійного струму необхідно виділити колекторно-щітковий апарат, обмотка якоря, підшипникові вузли, обмотка збудження, додаткові полюса та компенсаційна обмотка.

Проаналізуємо причини відмов електричних машин різних типів. В переважній більшості випадків 85-95 % відмови асинхронних двигунів виникають через пошкодження обмоток. На підшипниковий вузол приходить 5-8 % відмов, та невеликий відсоток пов'язаний з такими причинами як: скручування валів, розрив стрижнів ротора, розпайка вивідних кінців та ін.

Переважна кількість виходів з ладу синхронних машин виникає в результаті пошкодження обмоток статора, обмоток збудження та пускової обмотки. Частим є вихід з ладу щіткового вузла та струмознімальних кілець. Також відмічається вихід з ладу підшипникових вузлів.

В переважній більшості випадків 44-66 % відмова машин постійного струму виникають через пошкодження колекторно-щіткового вузла та підшипників. Пошкодження корпусної ізоляції менш об'ємні, проте наслідки, як правило, тяжкі. В більшості випадків це порушення ізоляції між провідниками секції, розпайка з'єднувальних «півників» з колекторними пластинами, руйнування бандажів, які тримають обмотку.

Як відомо, надійність роботи електричних машин після ремонту знижується. Це пов'язано з тим, що практично неможливо в умовах ремонтного цеху забезпечити технологічні умови заводу виробника. У зв'язку з цим підвищується важливість проведення післяремонтних випробувань електричних машин, завдяки яким можливо визначити відповідність параметрів відремонтованої машини паспортним даним.

## СЕКЦІЯ 4 «ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ»

### ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ

Бех П. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Bekh Petro. Research of cargo delivery management systems.*

**Summary.** *Information systems that reproduce the processes of interaction between the transfer of cars and goods are currently almost non-existent. There are also no connections between the delivery environments of the delivery participants' management systems. It can be stated that there is no single national transport system for managing the delivery of goods.*

Основна проблема дослідження обумовлюється обмеженою кількістю наукових робіт, в яких досліджується питання взаємодії учасників доставки вантажів на всіх етапах процесу: від підприємств-виробників до отримувача вантажу. Також дуже обмежена кількість даних, що характеризують процеси не скоординованості дій транспортників.

Завдання, що повинні вирішуватись при дослідженні можна визначити:

- необхідністю врахування, при прогнозуванні та плануванні логістичних ланцюгів доставки вантажів та координації спільних транспортних процесів, не тільки експлуатаційних витрат перевізника, а також якісних та кількісних показників з обслуговування відправників та одержувачів вантажів, характеристик надійності партнерства;

- розробкою спільного для всіх учасників перевезення інструменту обліку втрат із-за неузгоджених дій різних транспортних систем,

- розробкою спільного для всіх учасників перевезення термінологічного тезаурусу.

Для обґрунтування та вибору основних принципів побудови системи управління транспортом необхідне вирішення ряду задач, що складаються з:

- вибору технологічних методик, реально функціонуючих зараз на транспорті, з організації та координації їх взаємовідношень;

- оцінки обраних методик на предмет достатності та доцільності їх технологічних рішень для координації, виходячи з таких класифікаційних ознак – рівень управління, управляючий суб'єкт, об'єкти управління, метод і функції управління, критерії управління, що досліджуються, та інше;

- оцінка корисності рішень, які покладені в основу роботи цих технологій, а також визначення недоліків з метою їх подальшого усунення;

- аналізу необхідності та можливості створення системи з використанням сучасних інформаційних технологій, баз знань та експертних систем;

- конкретизації інтерфейсних границь та зв'язків загальної області діяльності, яка підлягає управлінню за критеріями узгодженості та ефективності управління.

Для управління вантажними перевезеннями – із взаємодією декількох видів транспорту – наразі актуальне завдання створення єдиної системи управління доставкою, що має у своєму розпорядженні методи оптимального управління, в т.ч. методи планування, контролю, підтримки прийняття рішення та економічної, фінансової оцінки наданої клієнту послуги.

Одне з базисних завдань при дослідженні системи – визначення «інструментів», спільних критеріїв для моніторингу за процесами виконання транспортної послуги у ланцюгу доставки вантажів при їх прогнозуванні, плануванні, відправленні, транспортуванні і до моменту одержання клієнтом.

## РОЗВИТОК ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖ НА ПРИКЛАДІ ISZTP

Бех П. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Bekh Petro. Development of transport networks on the example of ISZTP.*

**Summary.** *The analysis of the scientific literature shows that the issues of modeling the processes of cargo delivery are given enough attention in many publications, which note the effectiveness and necessity of modern research, including using fuzzy set theory.*

Моделювання, планування та контроль складних логістичних процесів розглядається у численних працях науковцями різних країн.

Сучасні передові методи дослідження проблем, пов'язаних з доставкою вантажів, логістичними мережами розвиваються у напрямках розробки математичних методів для моделювання, оптимізації та контролю за складною логістикою мереж. Фахівцями з використання математичних методів, такими як нечітка логіка та нейронні мережеві підходи, вирішуються проблеми побудови інтелектуальних виробничих та логістичних систем; розглядаються наслідки невизначеності у виробничих мережах. У ряді робіт наводиться думка, що в останні роки у сучасній економіці суспільств складні логістичні процеси та ланцюги поставок є одними з найважливіших видів діяльності. На них впливає швидкі зміни попиту споживачів, зміни замовлень, зупинки транспорту та комунікації, тощо.

У своїх дослідженнях автори використовують основні загальні теми, такі як «течія руху транспорту», «пропускна спроможність та рівень обслуговування», контроль дорожнього руху, планування перевезень, вплив на навколишнє середовище тощо.

Фахівці на практиці йдуть шляхом впровадження сучасних методів роботи у взаємодії із клієнтами. Так Польська Державна Залізниця впровадила систему замовлення онлайн ниток поїздів – Internetowy system zamawiania trasy pociągu (ISZTP) та систему конструкції розкладу – System Konstrukcji Rozkładu Jazdy (SKRJ) власної розробки.

У даний час система ISZTP служить інструментом для всебічної обробки заявок, щодня обробляється більше 3000 заявок. ISZTP ґрунтується на принципі «Замовляй і їдь». Кожен перевізник, який зареєструвався у системі може цілодобово зайти в систему та замовити нитку графіку з будь-якого місця, де є Інтернет. У такій системі можливі декілька варіантів розкладів руху: річний розклад руху поїздів; каталоги маршрутів – звід готових розкладів (маршрутів) для певних ділянок, з якого, володіючи певними параметрами маси та тяги, можна швидко скласти маршрут на замовлення, такий каталог має перевагу – короткий час очікування відповіді, недолік – жорсткі параметри (маса, довжина, потужність локомотива); індивідуальний розклад – побудований на замовлення.

Автоматизовані обчислювальні центри обробки заявок знаходяться у регіональних філіях, а робочі місця диспетчерів, що впроваджують графіки у дію в Центрі управління рухом, що у свою чергу складається з відділів Головного диспетчерського управління та Управління залізничним рухом.

В основі SKRJ лежить цифрова інформація про всю інфраструктуру залізничної мережі компанії, так званий реєстр інфраструктури. Маючи всю інформацію про стан залізничної мережі, графісти за досить короткий проміжок часу можуть підготувати індивідуальний розклад руху. Середній час для підготовки індивідуального розкладу – дві години.

Цілями такої організації перевезень є максимальне використання пропускної спроможності та ефективне використання залізничної інфраструктури, а також задоволення всіх потреб клієнта.



## УПРАВЛІННЯ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИМИ ЗАСОБАМИ НА КОНТЕЙНЕРНИХ ТЕРМІНАЛАХ

Бех П. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Bekh Petro. Management of cargoing facilities on container terminals.*

**Summary.** *The organization of transportation by rail and the level of service of passengers, cargo and rolling stock in the coming years must fully comply with European standards and especially in those areas that are part of the transport corridors, where the bulk of cargo (except bulk) planned for transportation in containers.*

Однією з основних проблем оптимального управління перевантажувальними процесами є вибір раціональної стратегії управління транспортними засобами в межах виконання робочого циклу, коли дальність їх переміщення при розрахункових швидкостях і прискореннях руху є визначальною з урахуванням обмежень, що накладаються на параметри управління. Ці обмеження визначаються конструктивними та експлуатаційними умовами (допустимими швидкостями та прискореннями для конкретного вантажного фронту, максимальними тяговими зусиллями, експлуатаційною продуктивністю, ємністю площадок та ін.).

Критеріями оптимізації можуть бути вартісні параметри на виконання основних операцій робочого циклу з урахуванням енергетичних витрат у залежності від дальності переміщення транспортних засобів.

Але при розв'язанні цієї задачі виникає ряд протиріч: з одного боку, збільшення дальності переміщень дає можливість підвищення швидкості і скорочення загальної тривалості робочого часу, зменшення простоїв під вантажно-розвантажувальними операціями, збільшення продуктивності і зменшення числа перевантажувальних механізмів, а з іншого боку, обслуговування вантажного фронту значної довжини викликає додаткові простої вагонів на коліях сортувального парку станції, збільшення числа колій, повторного сортування вагонів та числа маневрових локомотивів. Разом з тим зменшення дальності переміщень збільшує загальне число ввімкнень двигуна, що різко змінює обсяги витрат електроенергії, а також зменшує середню швидкість при виконанні робочого циклу, але при цьому зменшує середню швидкість при виконанні робочого циклу, але при цьому є можливість секціонування колій вантажного фронту, що дозволить з одночасною подачею та забиранням вагонів на суміжні секції зменшити простій у сортувальному парку та скоротити міжопераційні простої при виконанні основних технологічних операцій перевантажувального процесу.

Оптимізація процесу управління перевантажувальними засобами на контейнерних терміналах може характеризуватися функцією вартості, яка визначає мінімальні експлуатаційні витрати при певних значеннях дальності переміщень. Ці витрати повинні визначатися окремо протягом початково-кінцевих відрізків шляху та під час стабільного руху.

У подальших дослідженнях передбачається вибір оптимальних варіантів поєднання потужності суміжних каналів обслуговування в залежності від їх конструктивних і технологічних параметрів системи вантажної станції.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНТРЕЙЛЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ

Вернигора Р. В. \*, Дорош А. С. \*, Дьяченко В. О. \*\*

\*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна,

\*\*Відокремлений структурний підрозділ «Автотранспортний фаховий коледж  
Криворізького національного університету»

*Vernyhora Roman, Dorosh Andrii, Diachenko Victoriia. Research of the effectiveness of piggyback transportation in Ukraine.*

**Summary.** *The paper deals with the problems of improving the logistics of freight traffic in Ukraine on the basis of piggyback technology. To assess the prospects for the use of piggyback technology in Ukraine, calculations were made on a comparative assessment of the costs of shippers when organizing cargo transportation on the Dnipro – Chop route according to different delivery schemes. The costs of shippers in organizing road, rail and piggyback transportation along the route have been determined, and the conditions for the effective use of piggyback technology for the transportation of goods have been established.*

Ефективна діяльність компаній-перевізників на сьогоднішній день неможлива без клієнтоорієнтованої політики, використання сучасних логістичних методів управління транспортним процесом і застосування гнучких технологій перевезення. В ринкових умовах необхідно створювати нові клієнтоорієнтовані транспортні продукти, в основі яких має лежати принцип інтеграції різних видів транспорту. Перевезення, для яких необхідна доставка вантажу з виконанням принципів «точно в строк» та «від дверей до дверей», є одними з перспективних сегментів транспортного ринку з високими доходами. Найчастіше такі перевезення здійснюються з використанням декількох видів транспорту. В даний час таке перевезення забезпечують комбіновані та інтермодальні перевезення, які передбачають транспортування вантажу на всьому маршруті в незмінній вантажній тарі, що дозволяє істотно скоротити час і витрати на перевалку вантажу між видами транспорту. Під такою тарою розуміють універсальні або спеціалізовані контейнери, а також автопричеми або автопоїзди. З кінця минулого століття в США і країнах ЄС все більшої популярності здобувають контрейлерні перевезення, які є різновидом комбінованих і передбачають транспортування вантажу в автомобільних причепах і напівпричепах, частково по автомагістралях і здебільшого по залізниці на спеціальних платформах. Контрейлерні перевезення зберігають стан дорожнього полотна, розвантажують автомагістралі, знижують аварійність на дорогах, а також економлять паливо і продовжують термін служби автомобілів. Крім того, використання контрейлерної технології дозволяє прискорити терміни доставки вантажів, підвищити рівень сервісу, а також знизити негативний вплив автоперевезень на навколишнє середовище.

У ЄС за контрейлерною технологією здійснюється близько 30 % усіх вантажних перевезень; при цьому держава компенсує автоперевізникам, які використовують контрейлерну технологію, до 50 % транспортних витрат. За оцінками експертів, здійснення контрейлерних перевезень в Євросоюзі дозволяє знизити екологічні витрати на 200...220 млн. євро на рік, а витрати на ремонт автомобільних доріг – на 500 млн. євро в рік. Окрім того, вартість перевезення 1 т. вантажу за контрейлерною технологією у 2...3 рази нижча за ставки автоперевезень.

Варто зазначити, що розвиток комбінованих перевезень, зокрема, і контрейлерних, визначено як один з пріоритетних напрямків у «Національній транспортній стратегії України до 2030 року». Разом з тим, в Україні контрейлерна технологія практично не використовується, незважаючи на позитивний досвід поїздів «Вікінг» та «Ярослав». Серед основ-

них причин: відсутність державної підтримки контейлерних перевезень, негнучка тарифна політика Укрзалізниці, відсутність відповідного рухомого складу і термінальної інфраструктури.

В Європейських країнах наразі використовується і впроваджується кілька технологій контейлерних перевезень: RollingRoad, Modalohr, CargoSpeed, CargoBeamer, FlexiWaggon та ін.; для реалізації цих технологій є спеціалізований рухомий склад, термінальна інфраструктура, нормативно-законодавча база, а також державні програми підтримки.

Для оцінки ефективності застосування контейлерної технології перевезення в Україні авторами були виконанні відповідні техніко-економічні розрахунки; при цьому у якості об'єкта дослідження обрано маршрут між терміналами Дніпро-Ліски та Чоп. Аналіз показав, що у сучасних умовах для організації в Україні контейлерних перевезень доцільно використовувати найбільш дешеву технологію торцевого або горизонтального завантаження за допомогою спеціальних рамп, а також платформи вітчизняного виробництва моделі 13-4095.

Виконана оцінка витрат вантажовідправників при перевезенні вантажів між терміналами Дніпро-Ліски та Чоп показала, що в структурі витрат на контейлерні перевезення частка залізничної складової знаходиться в межах від 80...90 % при несупроводжуваному перевезенні до 55...75 % при супроводжуваному; при цьому частка автотранспорту більше при використанні вантажовідправником орендованого автотранспорту. Крім того, до 40 % оплати по залізничному тарифу за перевезення контейлерної платформи становить плата за порожній рейс, введена в 2018 р. (для порівняння – частка порожнього рейсу при перевезенні контейнера на фітінговій платформі складає 25...30 %).

Порівняльна оцінка витрат вантажовідправників на перевезення вантажів за різними технологіями показала, що при існуючій тарифній політиці Укрзалізниці контейлерні перевезення можуть конкурувати з автомобільними тільки при використанні вантажовідправником найманого (оренованого) автотранспорту. Найбільш ефективною є несупроводжуване контейлерне перевезення маршрутними відправками та спеціалізованими контейлерними поїздами; при цьому економія витрат вантажовідправника, в порівнянні з автоперевезенням, складе 275 USD (-22 %) при несупроводжуваному перевезенні та 67 USD (-5 %) при супроводжуваному з одним водієм.

При існуючій системі залізничних тарифів для вантажовідправників більш вигідною є пряме залізничне перевезення контейнера; при цьому економія, в порівнянні з автоперевезенням в орендованому автомобілі складає від 432 USD (-35 %) до 725 USD (-58 %), а в порівнянні з автоперевезенням у власному автомобілі – від 41 USD (-6 %) до 151 USD (-22 %). Розмір економії залежить від форми власності контейнера (Власний, орендований) та технології транспортування контейнера залізницею (вагонне відправлення, прискорене, маршрутне, контейнерний поїзд).

Разом з тим, навіть при існуючій тарифній системі в разі організації руху маршрутними і, особливо, контейлерними поїздами перевезення вантажів за комбінованою технологією може бути вигідною для вантажовідправників, тим більше, якщо вони не мають власного автотранспорту і користуються найманим.

Безумовно, контейлерна технологія більш екологічна і дозволяє зберегти автошляхи, а для власників автопоїздів – скоротити витрати на паливо і ремонт рухомого складу. Однак, незважаючи на зазначені переваги, вантажовласники керуються, в першу чергу, економічною доцільністю, а Укрзалізниця, в свою чергу, проводить досить слабку маркетингову політику з просування комбінованих технологій перевезення. Крім того, практично відсутня інфраструктура для виконання вантажно-розвантажувальних операцій і спеціалізовані термінали для організації контейлерних перевезень. Очевидно, що без суттєвої державної підтримки та стратегії розвитку комбінованих перевезень в даний час контейлерні перевезення не отримають в Україні широкого поширення.

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РИНКУ ТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ

Джимай В. О., Назаров О. А.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Dzhymai Vadym, Nazarov Oleksii. Perspectives for the development of the transport market in Ukraine.*

**Summary.** *In modern conditions, one of the most popular and dynamically developing types of transport business is the organization of container shipping. According to the State Statistics Service of Ukraine, the indicators of transit and transshipment of goods in seaports have worsened. The development of cross-border transport hubs in the presence of logistics centers at key hubs will allow to avoid a drop in transit and transshipment rates, ensure minimal downtime, delays, as well as optimize routes and methods of cargo delivery within the Europe-Caucasus-Asia transport corridor.*

Мультиmodalні перевезення – майбутнє транспортної галузі України. Наразі Україна відчуває величезну залежність від рівня розвитку транспортної інфраструктури, від якого залежить й соціальний розвиток держави. Слід зазначити, що частка транспортних витрат складає значну частину в собівартості продукції виробництва.

У сучасних умовах одним з найбільш затребуваних видів транспортного бізнесу, що динамічно розвиваються, є організація контейнерних перевезень, при цьому питання розвитку інфраструктури транспортно-експедиторських комплексів для організації контейнерних перевезень є одним з основних.

Ринок вантажних перевезень розвивається відповідно до загальних тенденцій в країні, оскільки логістичні оператори займаються обслуговуванням українських виробників і імпортерів, а отже обсяги безпосередньо залежать від рівня попиту, обумовленого динамікою виробництва, внутрішньої і зовнішньої торгівлі.

Аналізуючи дані Державної служби статистики України з обсягу вантажообігу автомобільним і залізничним транспортом в Україні та структури вантажообігу за видами транспорту, обсягу вантажних перевезень автомобільним транспортом та структури вантажів по відправникам, перевалки контейнерів в морських портах, перевезення контейнерів залізничним і автотранспортом з морських портів України, перевезення контейнерів по видам вантажів, робимо висновок, що за 2016-2019 роки всі показники погіршилися.

Слід зазначити, що за 2020 рік українські порти повідомили про значне падіння показників перевезення вантажів, пов'язаних зі скороченням транзиту руди на 93,6 % або на 343,75 тисяч тонн, з них 23 % – в результаті введення в експлуатацію морського порту Усть-Луга (Росія).

Проведені міжнародні форуми в містах Одеса, «З'єднуючи Європу та Азію: новий погляд на формування системи транспортних маршрутів» (03.12.2015 р.), і Київ, «Інфраструктура і транспорт MINTRANS» (05.11.2020 р.) продемонстрували певну ступінь неготовності України взяти активну участь у розвитку транснаціональних контейнерних коридорів, що може привести до ізоляції нашої країни від глобальних транспортних проектів.

Покращити становище, що склалося, покликаний Закон України «Про приєднання до Угоди про розвиток мультиmodalних перевезень ТРАСЕКА». Прийнятий в грудні 2020 року Закон допоможе уникнути падіння показників транзиту і перевалки вантажів, а також надасть поштовх для розвитку прикордонних транспортних вузлів, за наявності в ключових вузлах логістичних центрів, які забезпечать мінімальні простої, затримки, а також оптимізацію маршрутів і способів доставки вантажів в межах транспортного коридору Європа – Кавказ – Азія.

## ЗАСТОСУВАННЯ SWOT-АНАЛІЗУ З МЕТОЮ ВДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЦЬ

Журавель А. В., Журавель І. Л.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Zhuravel Anton, Zhuravel Iryna. Application of SWOT analysis to improve the operation of freight stations in the railway network.*

**Summary.** *The expediency of application of SWOT-analysis for the purpose of improvement of work of freight stations of a network of railways is characterized.*

Відповідно до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року в якості пріоритетних напрямів визначено надання якісних та ефективних послуг перевезення за умови підвищення безпеки та надійності перевезень.

В 2020 р. на залізничному транспорті продовжилась тенденція до зменшення загальних обсягів вантажних перевезень (порівняно з 2019 р. -2,3 %, що значно менше за падіння на автотранспорті в -21,7 %, та може свідчити про достатню кризостійкість і надійність). Збільшення відбулось лише для залізничної сировини (+ 6,9 % завдяки гарній кон'юктурі на світовому ринку та відповідному зростанню обсягів експорту на 16 %) та мінеральних будівельних матеріалів (+ 16,7 % завдяки реалізації урядових програм).

Важливу роль у виконанні вантажних перевезень на залізничному транспорті відіграють вантажні станції мережі. В структурі регіональної філії «Залізниця Пр» АТ Укрзалізниця (УЗ) функціонує 50 вантажних станцій, які обслуговують потужні промислові та аграрні підприємства, морський і річкові порти та значну кількість невеликих підприємств і споживчих баз регіону.

Для пошуку шляхів підвищення ефективності роботи вантажних станцій можливим є застосування SWOT-аналізу, що є інструментом стратегічного планування, який дозволяє досить реалістично описати стан справ будь-якої компанії, в т. ч. й транспортної. Завдяки йому можна деталізувати сильні та слабкі боки фірми як внутрішні чинники, а також можливості та загрози як зовнішні чинники. При чому, починати аналіз більш ефективно саме з визначення релевантних умов зовнішнього середовища – загроз і можливостей.

До загроз, які ускладнюють роботу вантажних станцій регіональної філії, можна віднести:

- економічні проблеми як в діяльності АТ УЗ, включаючи нестачу коштів на оновлення та модернізацію основних виробничих фондів, так і в цілому в житті країни, в т. ч. в умовах пандемії (зокрема, проблеми зі збереженістю вантажів, розкомплектуванням вагонів тощо);

- високий рівень конкуренції з боку автотранспорту;
- політичні проблеми в житті країни;
- суттєві затримки вагонів на станціях внаслідок несвоєчасного підведення поїзних локомотивів під состави сформованих поїздів, а також внаслідок неприймання суміжними залізницями поїздів в напрямку морських портів;
- суттєва зношеність вагонного парку;
- складнощі в тарифоутворенні на залізничному транспорті.

До можливостей, які відкриваються перед вантажними станціями, можна віднести:

- тенденції до зростання виробництва на підприємствах, які орієнтовані на експорт і виробляють конкурентоздатну на світовому ринку продукцію;
- сучасні розробки інноваційних вантажних і транспортних одиниць на ринку вантажних перевезень;

– сучасні методи та способи організації перевезень вантажів (підвищення рівня контейнеризації, застосування технології блок-чейн тощо)...

До слабких сторін відносяться суттєва зношеність і недостатнє технічне оснащення колійного розвитку станцій, недостатнє оснащення станцій маневровими локомотивами, нестача працівників (оперативного персоналу) та ін., а до сильних – наявність розвиненої інфраструктури, постійної клієнтури залізничного транспорту, продукцію яких недоцільно перевозити іншими видами транспорту, в першу чергу, за умови наявності під'їзних колій, раціональної взаємодії з іншими підрозділами регіональної філії, а також досвідченого й кваліфікованого персоналу.

В умовах загострення проблем у функціонуванні підприємств залізничного транспорту є необхідним перегляд традиційних підходів до аналізу показників і пошук більш раціональних способів вдосконалення їх роботи.

### ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ КОНТЕЙНЕРИЗАЦІЇ НА СТАНЦІЯХ ДИРЕКЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ Д

Журавель І. Л.<sup>\*</sup>, Журавель А. В.<sup>\*</sup>, Дудка А. С.<sup>\*\*</sup>, Тітов В. В.<sup>\*</sup>, Антоненко В. А.<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна, <sup>\*\*</sup>Відокремлений структурний підрозділ «Дніпровська  
дирекція залізничних перевезень» Регіональної філії «Придніпровська залізниця»  
АТ «Укрзалізниця»

*Zhuravel Iryna, Zhuravel Anton, Dudka Antonina, Titov Vadim, Antonenko Viktoriya. Increasing the level of containerization at the stations of the Directorate of Railway Transportation D.*

**Summary.** *The factors that cause an increase in the level of containerization at the stations of the Directorate of Railway Transportation are characterized.*

Відповідно до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 р. передбачено створення конкурентоспроможної мультимодальної національної транспортної системи. При цьому найбільш перспективним видом мультимодальних перевезень є контейнерні, що обумовлено їх суттєвими перевагами – прискоренням доставки вантажів, підвищенням рівня їх збереженості та відповідно екологічної безпеки, можливістю подальшого підвищення рівня механізації вантажних і складських операцій та відповідним зростанням продуктивності праці тощо.

Світовий ринок контейнерних перевезень починаючи з 2011 р. показав щорічний приріст в інтервалі 2,3...8 %. При цьому, такими напрямками, які найбільш динамічно розвиваються, є маршрути з Азії до країн Північної Європи та Середземномор'я.

В Україні обсяги контейнерних перевезень на залізничному транспорті щороку в період з 2008 р. по 2019 р. зростали на 15 % та збільшились в 5,5 разів. Рівень контейнеризації на залізницях України в 2018 р. оцінювався як 0,5 %, на початку 2020 р. досягнув 2 %, а восени 2020 р. – склав близько 2,3 %. При цьому, в розвинених країнах світу частка контейнерних перевезень досягає 30 % загального вантажообігу. Частка релевантних для перевезення в контейнерах вантажів на напрямку Китай – ЄС досягає 80 % (більше половини з яких становлять обладнання та промислові вироби, металопродукція, товари зі скла та кераміки, будівельні матеріали, а також одяг, взуття та текстиль, а з Китаю до Німеччини контейнеризовано практично всі вантажопотоки, включаючи рудну сировину та паливо), а частка залізничного транспорту в таких перевезеннях в 2017 р. порівняно з 2011 р. зросла з 0,65 % до 1,37 %.

Дирекція залізничних перевезень Д (ДН Д) є структурним підрозділом регіональної філії «Залізниця Пр». На станціях ДН Д виконується навантаження вантажів широкої но-

менклатури: кам'яне вугілля, чорні метали, хімічні та мінеральні добрива, кокс, зернові вантажі, макуха, будівельні матеріали та інші (в т. ч. в контейнерах, обсяги застосування яких постійно зростають). З 55 станцій ДН Д з контейнерами регулярно працюють 18. Обсяги навантаження вагонів з контейнерами в 2019 р. порівняно з 2018 р. зросли на 40 % (тоді як в 2018 р. порівняно з 2017 р. зростання склало лише 3,6 %).

До чинників, які впливають на збільшення обсягів перевезень вантажів контейнерами на теперішній час, можна віднести:

- збільшення різновидів контейнерів (як універсальних, так і спеціалізованих);
- підвищення рівня безпеки перевезень, в першу чергу, через зниження впливу людського фактору, а ризик аварій і катастроф на залізничному транспорті за статистикою є суттєво нижчим, ніж на автомобільному;
- підвищення рівня збереженості вантажів (зокрема, прокату чорних металів, зернових тощо) внаслідок зменшення викрадань, а також (за умови забезпечення вірного розміщення та кріплення, дотримання вимог виконання поїзної та маневрової роботи та у зв'язку з виключенням вантажних робіт безпосередньо з вантажем на шляху прямування) за рахунок забезпечення логістичного принципу «доставка від дверей до дверей»;
- можливість забезпечення принципу мультимодальності – перевантаження контейнерів з одного виду транспорту на інший без перевантаження самого вантажу, що значно прискорює виконання пов'язаних з цим операцій в пункті перевалки та ін.

Збільшення рівня контейнеризації на мережі залізниць країни і на ДН Д зокрема є можливим за рахунок збільшення відправниками вантажів відвантаження наливних вантажів у танк-контейнерах або з використанням флексі-танків, насипних вантажів (зокрема, зернових) із застосуванням контейнерних вкладишів, біг-бегами (разовими або багаторазовими) чи спеціалізованими контейнерами.

Застосування найбільш перспективних логістичних підходів у взаємодії підрозділів ДН Д з клієнтурою, використання інноваційного рухомого складу (в першу чергу, танк-контейнерів), зростання рівня використання цифрових технологій за умови забезпечення необхідного технічного оснащення дозволить суттєво підняти рівень контейнеризації на станціях ДН Д і підвищити ефективність їх функціонування.

Наразі глобальна світова економіка стикається з новими викликами. Зокрема, пандемія в 2020 р. викликала безпрецедентну дестабілізацію торгівлі, але при цьому сприяла збільшенню обсягів електронної торгівлі, що призвело до зростання конкуренції на ринку контейнерних перевезень і гострого дефіциту порожніх контейнерів, і, відповідно, до затримки в очікуванні навантаження (до кількох тижнів) та зростанню ціни морського фрахту. Тенденції щодо глобалізації розмірів морських суден-контейнеровозів призвели до підвищення ризику під час проходження ними морських каналів. Врахування можливих ризиків під час контейнерних перевезень за участю різних видів транспорту з метою підвищення їх ефективності та якісного задоволення потреб клієнтури є важливою задачею учасників транспортного ринку.

## **ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ПРИПОРТОВОЇ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ**

Золотаревська О. О., Вернигора Р. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Zolotarevska Olha, Vernyhora Roman. Problems of development of the Ukrainian port-side railway infrastructure.*

**Summary.** *The report examined the problems of interaction between Ukrainian railways and seaports in modern conditions. The main problem is the mismatch between the capacity of*

*port railway infrastructure and increased traffic volumes. A possible solution to this problems is public-private cooperation in investment projects for the development of port railway infrastructure.*

Ефективна транспортна система – обов’язкова умова для успішного розвитку економіки України у глобалізованому світі. Значна доля у вартості вітчизняних товарів припадає на транспортну складову та впливає на її конкурентоспроможність. Варто зазначити, що саме залізнично-водне сполучення є одним з основних сполучень для перевезення вантажів в нашій державі. Залізничний транспорт має змогу забезпечити перевезення за порівняно низькою ціною при значних обсягах масових вантажів з місць виробництва або видобутку у морські порти для подальшого експорту. Морські порти дозволяють перевантажити експортні вантажі на морський транспорт, що відкриває нові можливості для здійснення та розвитку міжнародної торгівлі. Саме тому одним із головних факторів, який визначає ефективність вітчизняної логістики доставки вантажів на міжнародні ринки, є взаємодія магістрального залізничного транспорту та морських портів.

В останні роки однією з основних проблем ефективної взаємодії залізниць та морських портів є невідповідність пропускної здатності припортової залізничної інфраструктури (станцій та ділянок) новим обсягам та структурі вантажопотоків, що прямують, в першу чергу, у напрямку портів. Так, якщо за останні 10 років обсяги залізничних перевезень вантажів знизились на 33 % – з 457,5 млн. т у 2012 р. до 305,5 млн. т. у 2020 р., то обсяги перевалки вантажів в українських портах за цей період, навіть, незважаючи на загальне падіння економіки, навпаки, зросли на 5,65 % – з 150,7 млн. до 159,1 млн. т. При цьому основне зростання обсягів перевалки відбулось за рахунок зростання експорту на 29 % – з 95 млн. т у 2012 р. до 123 млн. т у 2020 р.

В СРСР порти та припортові залізничні станції України були переважно орієнтовані на імпорتنі перевезення. Окрім того, в той час усі учасники перевізного процесу – і порти, і залізниця – перебували у державній власності, що суттєво впливало як на технологію взаємодії залізничного і морського транспорту, так і на їх інфраструктуру. Разом з тим, аналіз показує, що за останнє десятиліття відбулось переорієнтування вантажопотоків, що переробляються у морських портах України – так, якщо у 2012 р. експорті вантажі складали 63 % від загальних обсягів (для порівняння, у 2007 – 43 %), то у 2020 р. – 77 %. Значною мірою на таку ситуацію вплинула втрата у 2014 р. великих металургійних підприємств, що залишились на тимчасово непідконтрольній території Донецької та Луганської областей. При цьому великі виробники залізної руди – гірничо-збагачувальні комбінати Криворіжжя та Полтавщини – вимушені були переорієнтуватись від внутрішнього споживача на зовнішні ринки: у 2013 р. через порти експортовано 22,4 млн. т руди, а у 2020 р. – 34,2 млн. т (+52 %). Окрім того, вдвічі зросли обсяги перевалки на експорт зернових вантажів – з 25 млн. т у 2013 р. до 52 млн. т у 2019 р. (+108 %).

Майже 70 % усіх вантажів у порти доставляється залізничним транспортом. Так, серед п’ятірки станцій Укрзалізниці з найбільшим вантажообігом у 2020 р. дві припортові – Чорноморська (30,5 млн. т.) та Берегова (18,2 млн. т). Варто зазначити, що за роки незалежності залізнична інфраструктура, зокрема, припортові станції залишились у власності держави, однак при цьому з’явився приватний парк вагонів (у 2020 р. приватний парк у 88 тис. вагонів склав 51 % від загального), а також приватні вантажовласники, експедиторські компанії тощо. На відміну від залізниць у морських портах за цей час приватна термінальна та причальна інфраструктура активно розвивалась, в портах працюють десятки приватних стивідорних компаній (тільки в порту Одеси – більше 20). При цьому тільки у розвиток портових терміналів за останні 10 років було інвестовано понад 1,5 млрд. USD.

В цих умовах на припортових станціях суттєво збільшились обсяги сортувальної та маневрової роботи з підбирання подач вагонів по власникам рухомого складу, по стивідо-



рам, по типу вантажів тощо. При цьому залізнична інфраструктура припортових станцій та ділянок практично не розвивалась, що створило диспропорцію між обсягами роботи портів та пропускною здатністю станцій та ділянок. Вказана проблема посилюється також загальною зношеністю основних фондів залізниць та дефіцитом локомотивної тяги. Наприклад, якщо добова переробна спроможність Одеського порту складає близько 1300 вагонів, то для припортовий станції Одеса-Порт цей показник всього 800 вагонів. Аналіз показує, що в пікові періоди перевезень припортова залізнична інфраструктура, в першу чергу, портів Одеського регіону завантажена на 95...98 %.

Одним з напрямків удосконалення залізничних перевезень який з 2017 р. активно впроваджує Укрзалізниця, є відправницька маршрутизація вагонопотоків. При цьому скорочується обіг вагону та витрати на переробку вагонопотоків на технічних станціях, однак зростають витрати відправників на формування маршрутів. Окрім того, обслуговування маршрутних поїздів на припортових станціях потребує додаткових витрат, зокрема на маневрову роботу, формування порожніх маршрутів (у випадку кільцевих маршрутів).

Один із варіантів вирішення проблеми кризового становища залізничного транспорту може бути використання методів державно-приватного партнерства для розвитку приватної припортової залізничної інфраструктури. У такому випадку необхідно провести аналіз умов перевезень вантажів у залізнично-водному сполученні на основних напрямках, порівняти умови функціонування стивідорних компаній, що обслуговуються залізничним транспортом загального та не загального користування, та на основі проведених досліджень розробити пропозиції щодо вирівнювання конкурентних умов функціонування припортової залізничної інфраструктури державної та приватної форми власності. Саме пошук та залучення приватних інвестицій у розвиток припортової залізничної інфраструктури є одним із головних напрямків роботи створеної на Одеській залізниці у 2018 р. дирекції із організації взаємодії з портами (ДН-5). Позитивним прикладом розвитку такого державно-приватного партнерства є модернізація залізничної ділянки Чорноморська – порт Південний, реалізована на кошти компанії ТІС, що дозволило істотно підвищити пропускну здатність цієї ділянки.

Разом з тим, при розробці проектів щодо збільшення пропускної спроможності припортової інфраструктури виникає проблема визначення раціональних технічних та технологічних параметрів станцій та ділянок. Окрім того, у випадку залучення на реалізацію цих проектів приватних інвестицій необхідно чітко визначити пріоритети для таких капіталовкладень та оцінити їх ефективність як для безпосередніх інвесторів, так і для інших учасників перевізного процесу. Вирішення цих питань не можливе без застосування сучасних наукових підходів. Одним з потужним та ефективних інструментів для оцінки інвестиційних інфраструктурних проектів є імітаційне моделювання.

### ЛОГІСТИЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИБОРУ ВИДУ ТРАНСПОРТУ З ПЕРЕВЕЗЕНЬ МЕТАЛОПРОКАТУ

Кіріцева О. В., Фалендиш А. П., Іванченко Д. А.  
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

*Kiritseva Olena, Falendysh Anatoliy, Ivanchenko Dmytro. Logistic approach to the choice of type of transport from rolled metal transportation.*

**Summary.** *An analysis of many sources on the issue of «Logistics». The conclusion is formulated that logistics is a tool for effective management of any processes at the lowest cost. A metallurgical enterprise in a market economy attaches great importance to optimizing the process of cargo delivery using logistics planning. The process of metal rolling on the example of road and rail transport is considered as an example of finding a compromise (optimal) option.*

Головним з основних підходів, який дозволяє підвищити прибуток від перевезення вантажів є логістичне планування або логістичне обслуговування будь-якого підприємства. Основною метою логістичного обслуговування в рамках металургійного підприємства є доставка готової продукції визначеної якості у необхідній кількості у необхідне місце і потрібний час. Логістика покликана задовольнити сформований маркетинговий попит з мінімальними витратами. Зрозуміло, що головну роль при цьому відіграє правильно організоване перевезення вантажу від виробника до споживача. Саме тому, транспорт, яким здійснюється перевезення вантажу безпосередньо впливає на швидкість, час та ефективність руху, збереження продукції при її доставці від виробника до кінцевого споживача.

Для досягнення найкращого співвідношення витрат та отриманого результату необхідно знайти певні підходи між усіма ланками від виробництва до споживача. При розподілі вантажу за видами транспорту важливо визначити наступні фактори: обсяг перевезень, номенклатуру та вагу, відстань, обмеження за часом та якість вантажу. Тільки тоді можливо підібрати такий варіант, при якому сукупні витрати на виробництво, збереження та доставку вантажу будуть мінімальні.

На великих металургійних підприємствах все більш важливе значення набуває удосконалення перевезень масових вантажів: залізної руди, металу та вугілля. При виборі того чи іншого варіанту перевезень, необхідно враховувати вимоги вантажовласників та існування значної нерівномірності в обсягах перевезень. Наприклад, якщо мова йде про перевезення металопродукату, то треба, по-перше, розглянути види та призначення існуючого прокату: арматурний, дрібний, листовий, трубний, також у вигляді дроту-катанки. Як правило, для перевезення невеликих партій використовують автомобільні засоби, кузова яких мають ширину до 2,5 м і підносяться на 1,5 м. Довжина кузова у різних типів вантажівок варіюється і тут вибір необхідного транспорту буде залежати вже від довжини самого вантажу. Майже всі види металопродукату, за рідкісним винятком, від самого початку, вже на виробництві упаковуються в так звані «пачки». Якщо замовлення комплектується на заводі, то перевезення, швидше за все, обійдеться без зайвих несподіванок, тому що металопродукат в пачках значно простіше завантажувати/розвантажувати і транспортувати. Якщо ж походження металопродукату невідомо, а вам пропонують забрати його зі складу оптово-роздрібної торгівельної організації, треба бути готовим до того, що «пачки» будуть розпаковані, «розбиті», а сам металопродукат перебуватиме в кілька розсіяному стані, що чимало ускладнює як вантажно-розвантажувальні роботи, так і процес перевезення. При плануванні розміщення у транспортному засобі листового металопродукату необхідно враховувати, що тонкі металеві листи (товщиною до 3 мм) мають розкрій до 1250 x 2500 мм, а металеві листи товщиною від 4 мм мають розкрій 1500 x 6000 мм. Деякі види листової сталі випускаються і упаковуються у рулони, а для їх перевезення необхідні спеціальні піддони (дерев'яні або металеві), які дозволяють закріпити рулони, щоб вони під час транспортування не «дефілювали» по кузову. Нерулонний листовий прокат упаковують у пачки. При комплектуванні збірних металевих вантажів необхідно мати на увазі, що листовий прокат повинен бути завантажений на транспортний засіб першим, оскільки він більш плоский, ніж інші види металопродукату. Комплектування збірних металевих вантажів передбачає навантаження не тільки плоских листів, але і рулонів в один транспортний засіб з іншими видами металопродукату, що потребує серйозного попереднього розрахунку. У зв'язку з чим, до транспортного засобу можуть бути пред'явлені особливі вимоги. Іноді, основним кінцевим споживачем металопродукції являються будівельні організації, розташовані яких є не зовсім зручним з точки зору під'їзних залізничних колій.

Але, якщо мова йде про перевезення великого обсягу металопродукату, тоді потрібно розглядати залізничний транспорт. З кожним роком на залізничному транспорті поліпшується організація перевізного процесу вантажів та удосконалюється експлуатація рухомого складу. Скорочення обігу та покращення використання технічних параметрів вагонів

дозволяє скоротити його загальний парк. Ефективне використання вагонів дозволяє значно знизити капітальні вкладення і експлуатаційні витрати на їх утримання та ремонт. Вагони, які використовує металургійне підприємство на вивезення власної готової продукції, тобто металопрокату, можуть бути як власними, орендованими, так і належати іншим власникам компаніям-операторам: наприклад: ГП «ДВРЗ», ГП «Укрспецвагон», ЗАТ «Ілліч-Сталь», Спеценергосталь, ЗАТ «Труб.груз.ком», ТОВ «КоксоХімТранс», ТОВ «Юнитранс Опер», «ЧАО «ММК ім. Ілліча», тощо. Як правило, для зручності кріплення та розташування вантажу у вагоні при перевезенні металопрокату використовують універсальний напіввагон. Перевезення здійснюються у країни ближнього та дальнього зарубіжжя, наприклад: Болгарія, Боснія та Герцеговині, Греція, Ізраїль, Індія, Йорданія, Ірак, Польща, Румунія, Туреччина, Словаччина, тощо. Але, якщо відстані відносно недалеко, то перевезення вантажу здійснюється у спеціалізованому рухомому складі: рулоновозах або платформ. Використання такого рухомого складу має значний недолік – порожній оберт на підприємство, що тягне додаткові витрати.

Зробивши загальний огляд існуючої системи на металургійному підприємстві з перевезення готової продукції, а саме металопрокату, автомобільним та залізничним транспортом, було встановлено, що для оптимального підбору виду транспорту необхідно чітко знати: заявлені, узгоджені та кореговані обсяги вантажу; номенклатуру, дальність перевезення (пункт відправлення, пункт призначення, держава призначення), обмеження за часом, рід рухомого складу, вага. Як видно з перерахованих вище параметрів, вантажовласник може розрахувати вартість перевезень для кожного виду транспорту і вибрати раціональний варіант для себе.

## ІНТЕРЕСИ І РИЗИКИ СТЕЙКХОЛДЕРІВ У РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ РЕГІОНУ

Кудряшов А. В., Мазуренко О. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Kudryashov Andrii, Mazurenko Oleksandr. Interests and risks of stakeholders in the development of transportation and logistics infrastructure of the region.*

**Summary.** *The article substantiates the role of stakeholders in the development of transport and logistics infrastructure in the region; highlights the main groups of stakeholders and their interests; considered for each group of stakeholders possible risks from the development of transport and logistics infrastructure in the region.*

У розвитку регіональної транспортно-логістичної інфраструктури головними дійовими особами, як правило, виступають органи влади і представники бізнесу даного регіону. Вони, окремо один від одного або спільно, вкладають величезні фінансові кошти в проекти, пов'язані з будівництвом та / або модернізацією об'єктів даної інфраструктури, чекаючи при цьому від своїх вкладень максимально можливу вигоду. У свою чергу позитивні результати розвитку транспортно-логістичної інфраструктури на певній території неможливі без врахування інтересів ключових груп зацікавлених сторін або стейкхолдерів. В якості основних груп стейкхолдерів, які можуть бути зацікавлені у розвитку транспортно-логістичної інфраструктури в регіоні, можна виділити наступні:

- органи влади різного рівня;
- логістичні посередники (транспортні та експедиторські компанії, власники складських комплексів, логістичні оператори та ін.);
- потенційні споживачі послуг (мережеві торгові або оптові компанії, промислові підприємства та ін.);

- населення, на території проживання якого реалізується проект;
- громадські організації, в тому числі різні асоціації та профспілки;
- потенційні інвестори і девелопери;
- університети і наукове співтовариство.

Слід зазначити, що кожна група стейкхолдерів зацікавлена отримати певні вигоди від ефективної транспортно-логістичної інфраструктури регіону, що, в свою чергу, мотивує їх в тій чи іншій мірі брати участь на всіх етапах її розвитку.

Органи влади державного рівня при реалізації проектів розвитку в регіоні транспортно-логістичної інфраструктури зацікавлені в розвитку економік не тільки окремих регіонів, а й країни в цілому. Регіональні органи влади в умовах обмеженого бюджету, перш за все, розраховують підвищити інвестиційну привабливість регіону і конкурентоспроможність регіонального продукту як на рівні самого регіону, так і за його межами, а також збільшити кількість робочих місць і податкові відрахування. Для різних груп логістичних посередників будівництво та/або модернізація об'єктів транспортно-логістичної інфраструктури означає підвищення якості обслуговування своїх клієнтів. Потенційні споживачі логістичних послуг, завдяки розвитку в регіоні транспортно-логістичної інфраструктури, можуть розраховувати на те, що надані їм транспортно-логістичні послуги будуть виконуватися якісно, якомога більш швидко і дешево, що також дозволить їм вийти на нові ринки збуту. Крім цього, з'являється додаткова можливість мінімізувати логістичні витрати за рахунок передачі логістичних функцій на аутсорсинг. Населення зацікавлене отримати від розвитку транспортно-логістичної інфраструктури підвищення транспортної доступності до будь-якої точки як в окремому населеному пункті, так і в регіоні в цілому, при цьому повинен скоротитися час їх переміщення в просторі. Інтерес громадських організацій, в тому числі різних асоціацій і профспілок, виражається в досягненні можливостей з розвитку на території регіону малого і середнього бізнесу. Інвестори і девелопери, в свою чергу, розраховують максимізувати свій прибуток від вкладень в проекти з розвитку транспортно-логістичної інфраструктури. У свою чергу навчальні заклади можуть виконувати наукові розробки, випускні кваліфікаційні роботи за заявками логістичного комплексу.

Найчастіше інтереси одних учасників не збігаються з інтересами інших. Так, наприклад, інвестори і девелопери більше зацікавлені в будівництві нового складського комплексу на територіях, де присутній високий попит на якісний логістичний сервіс, розвинена транспортна та інженерна інфраструктура, а також вільна від місцевого населення земля. Органи влади при виборі місць для реалізації такого проекту можуть бути більш зацікавлені в будівництві складських комплексів на територіях, де спостерігається недостатньо високий попит на якісний логістичний сервіс, але, наприклад, поблизу потенційних міжнародних транспортних коридорів, на державних кордонах.

У зв'язку з цим, стає важливим визначення для кожної групи стейкхолдерів можливих ризиків від розвитку в регіоні транспортно-логістичної інфраструктури.

Головними ризиками органів влади різного рівня виступає те, що вкладених коштів може бути недостатньо, а це, в кінцевому рахунку, може призвести не тільки до збільшення термінів реалізації проектів з розвитку регіональної транспортно-логістичної інфраструктури, але і скорочення довіри населення. Недовіра населення в майбутньому може поставити під сумнів реалізацію нових проектів.

Різні групи логістичних посередників ризикують не витримати конкуренції в умовах приходу на ринок більших гравців, що веде до втрати ключових клієнтів, а значить і життєздатності компанії. Крім того, прихід великих мережевих компаній може послабити ступінь впливу на активність продажів потенційних споживачів логістичних послуг, а також ступінь контролю за формуванням цін і запасів у кінцевого споживача.

Для населення аналіз ризиків при будівництві та/або модернізації об'єктів транспортно-логістичної інфраструктури є особливо актуальним у випадках, якщо викуп територій

його проживання необхідний для реалізації відповідного проекту або власність жителів знаходиться в безпосередній близькості від місць проведення будівельних робіт. Місцеві жителі можуть зіткнутися з проблемами переселення в непридатний для життя житло або вимушеного продажу своєї власності за заниженими цінами.

Громадським організаціям, в тому числі різних асоціацій та профспілок загрожує розпад під впливом внутрішніх конфліктів, що виникли на ґрунті розбіжностей думок про доцільність будівництва та/або модернізації об'єктів транспортно-логістичної інфраструктури.

У свою чергу, інвестори і девелопери ризикують недоотриманням бажаного прибутку або некупності вкладених коштів. Ризики навчальних закладів і наукових співтовариств регіону можуть відображатися в небажанні їх залучення в розвиток транспортно-логістичної інфраструктури з боку органів регіонального управління та бізнесу.

Представлене групування стейкхолдерів, з їх очікуваннями і можливими ризиками, дозволить в подальшому оцінити їх вплив на розробку і реалізацію програм розвитку транспортно-логістичної інфраструктури регіону. Відповідно до отриманих результатів можна визначити які інтереси стейкхолдерів вступають в конфлікт з цілями програми, і розробити заходи щодо їх передбачення. Тільки досягнувши зацікавленої участі в розробці програм розвитку транспортно-логістичної інфраструктури в регіоні і спільної домовленості між стейкхолдерами, можна сподіватися на їх успішну реалізацію.

## **ПЛАНУВАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ МАТРИЦІ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ**

Леснікова І. Ю., Халіпова Н. В., Зборщенко А. А.  
Університет митної справи та фінансів

*Lesnikova Irina, Khalipova Natalia, Zborshchenko Anastasia. Dnipropetrovsk region's transport network passenger transportations planning on the basis of the correspondence matrix analysis.*

**Summary.** *The article is devoted to the analysis of the state of passenger transportation on the basis of the existing transport network for cities in Dnipropetrovsk region, definition of models and methods of calculation of the matrix of correspondence of passenger transport. The problem of calculations of correspondence matrix for two formed transport networks of Dnipropetrovsk region was solved. Based on the results, possible routes for passenger transport within the region are proposed.*

Основною задачею міжміських та міських пасажирських перевезень є забезпечення транспортом населення, удосконалення перевізного процесу, та покращення якості обслуговування пасажирів.

Актуальність викладених в дослідженні підходів полягає в обґрунтуванні параметрів перевезень на міських і міжміських маршрутах Дніпропетровської області, яка є одним з найбільших промислових, економічних, культурних та історичних центрів країни, та має велику щільність населення – близько 100 осіб/км<sup>2</sup>.

Проведено обґрунтування параметрів пасажирських перевезень міжміськими сполученнями в регіоні, на прикладі Дніпропетровської області, із застосуванням гравітаційного методу при складанні матриці кореспонденцій на основі існуючої транспортної мережі.

Запропоновано багатокроковий алгоритм маршрутизації пасажирських перевезень в регіоні із застосуванням гравітаційного методу, визначенням ємностей мегарайонів на основі аналізу інформації з доступних джерел.

Проведено моделювання пасажирських перевезень для міст Дніпропетровської області для існуючої транспортної мережі.

В роботі здійснено аналіз стану пасажирських перевезень на основі існуючої транспортної мережі для міст в Дніпропетровській області, визначенні моделей та методів розрахунку матриці кореспонденцій пасажирського транспорту. Вирішена задача розрахунків матриці кореспонденцій для двох сформованих міських і міжміських транспортних мереж Дніпропетровської області. На основі отриманих результатів запропоновано можливі моделі для маршрутів пасажирського транспорту в межах області.

У даний час, зі збільшенням населення мегаполісів, очевидно, зростає навантаження і на їх транспортні системи. У кожній із них принципово важливим завданням є спостереження і регулювання транспортних потоків, тобто переміщень усередині цієї системи. Математично переміщення пасажирів всередині транспортної системи описуються матрицею кореспонденцій.

Розраховано дві матриці пасажирських кореспонденцій гравітаційним методом відповідно до вхідних даних. Перша – міста Дніпропетровської області з найбільшою кількістю населення, друга – населені пункти Дніпропетровської області, що розташовані навколо міста Дніпра та мають невелику кількість населення. Аналіз результатів показав, що кількість робочого населення, що переміщується, прямо пропорційно залежить від загальної чисельності населення міста, села, їх площі та обласного значення. Чим більше розвинена промисловість, економіка, наука, культура, тим більша кількість населення переміщується між важливими для області містами. Найбільшими населеними пунктами Дніпропетровської області, між якими здійснюється транспортне сполучення є Дніпро, Кривий Ріг, Кам'янське, Нікополь та Павлоград; найменшими – Спаське, Лобойківка, Чаплинка.

Рекомендованими маршрутами можуть бути:

- Дніпро – Нікополь через Солоне чи Карнаухівку;
- Кривий Ріг – Кам'янське – Дніпро через Новомиколаївку, Кіровське;
- Синельникове – Дніпро через Ілріонове;
- Павлоград – Дніпро через Ювілейне;
- Новомосковськ – Дніпро через Ювілейне.

Задача маршрутизації вирішена за умов відповідності вихідної величини трудової ємності районів і трудової ємності, отриманої у результаті розподілу кореспонденцій за гравітаційною моделлю. Даний підхід може бути корисним при з'ясуванні ваги окремих населених пунктів регіону при проектуванні дорожньо-транспортної інфраструктури, ремонті доріг та планування маршрутного з'єднання між містами та селами.

Результати дослідження мають наукову та практичну значимість, адже можуть бути використані при проектуванні та удосконаленні транспортної інфраструктури Дніпропетровської області, визначенні категорій доріг при плануванні автобусного та залізничного дорожнього сполучення між містами та селами. Обґрунтовані параметри міських і міжміських пасажирських перевезень дає змогу визначити час перевезення, кількості рейсів та необхідну кількість автобусів і їх габарити на день. Кінцеві пункти маршрутів бажано встановлювати між найбільшими містами, адже саме таке з'єднання має найбільшу кількість переміщуваного населення. Однак треба враховувати розташування маленьких селищ, щоб задовольнити транспортну потребу усього населення Дніпропетровської області з мінімальними витратами та максимальними прибутками.

## АНАЛІЗ СТАНУ РУХОМОГО СКЛАДУ НА УКРЗАЛІЗНИЦІ

Ляпіна А. Л., Назаров О. А.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Liapina Alina, Nazarov Oleksii. Analysis of the condition of rolling stock on the Ukrainian Railway.*

**Summary.** *The theses deal with the problem of shortage and deterioration of rolling stock on the railways of Ukraine. The reasons and ways of its solution are determined.*

Залізничний транспорт залишається найбільш рентабельним, безпечним і надійним сухопутним засобом транспортування вантажів на великі відстані, який майже не залежить від атмосферних факторів зовнішнього середовища. Основними вантажами, що перевозяться залізницями України є кам'яне вугілля, залізнорудна сировина, будівельні вантажі та мінеральні добрива. Важливе місце займають також різноманітні метали, нафтові вантажі, зерно. Вантажі можуть перевозитися у напіввагонах, критих вагонах, цистернах, платформах, вагонах-термосах, контейнерах різних типів тощо. Але наразі вагонний парк Укрзалізниці у поганому стані. За оцінкою «Аудиту економіки України 2030», яку розміщено на сайті Кабінету Міністрів України, зношення рухомого складу перевищує 90 %. Більшість з них – це старі вагони, які мають аварійний стан та чинять додаткове навантаження на інфраструктуру.

В Україні по суті немає обмеження експлуатації вагонів за віком. Кожен тип вагонів має нормативний термін експлуатації, що визначається вагоновиробником, після закінчення якого експлуатація вагонів може бути продовжена за рішенням відповідного органу. Типовим є те, що вагони у власності УЗ терміни експлуатації продовжені в середньому на 6 років, а у вагонів приватних власників – на термін до 16 років. Зрозуміло, що повна заборона на використання відразу великої кількості вагонів з подовженим терміном експлуатації завдасть шкоди всім і економіці в цілому. Тому виводити з експлуатації старі вагони треба поступово, за чіткими критеріями. При цьому, вагони з вичерпаним терміном експлуатації можна здавати на металобрухт, заробляючи на цьому кошти на придбання чи побудову нових вагонів, або ж використовувати деякі деталі з цих вагонів для ремонту інших. Якість ремонту в свою чергу можна підвищити за рахунок придбання нової та сучасної техніки.

Приватні підприємства намагаються вирішити проблему з нестачею та зношеністю вагонів власними коштами: у 2019 році частка приватних вагонів сягнула 58 %. При цьому, приватні вагони перебувають у значно кращому стані – 41 % з них було закуплено у 2017-2019 роках. Проте тарифна ставка на перевезення у власних вагонах на великі відстані занадто висока, через що деякі приватні підприємства схиляють свій вибір на користь застарілого вагонного парку Укрзалізниці. Тому, на мою думку, для заохочення приватних підприємств на закупівлю нових вагонів треба зменшити тариф на вагонну складову плати за перевезення.

На збільшення дефіциту вантажних вагонів також впливає обіг вагона, який за останні роки лише збільшується. Однією з причин є нестача тягового рухомого складу. Всього парк локомотивів України складає 3600 одиниць, переважна більшість з яких є застарілими, зокрема, середній відсоток їх зносу перевищує 95 %. Міністерство інфраструктури України запустило проект використання приватних локомотивів на окремих залізничних дільницях. В міністерстві вважають, що це дасть змогу оновити та збільшити парк локомотивів. Також проблему з нестачею тягового рухомого складу можна вирішити шляхом відновлення виробництва нових локомотивів на українських підприємствах або закупівлею їх за кордоном.

Нестача та зношеність рухомого складу є комплексною проблемою, яка пов'язана зі станом залізничної колії, якістю виконання навантажувально-розвантажувальних та ремонтних робіт, якістю комплектуючих та паливно-мастильних матеріалів тощо. Тому для вирішення даної проблеми необхідний комплексний підхід до вирішення супутніх проблем.

## ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ГРУПОВИХ ПОЇЗДІВ ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ

Мазуренко О. О., Бондаренко Ю. Д.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Mazurenko Oleksandr, Bondarenko Yuliia. Use of different types of group trains to accelerate freight delivery.*

**Summary.** *The article considers the problems of organization of wagonflows in modern conditions. The use of different types of group trains depending on the current condition of the formation of trains. The limits of efficiency spheres of different options for the organization of wagonflows to trains are determined by comparing the average daily costs.*

Значне коливання потужності призначень поїздів у сучасних умовах роботи залізничних напрямків змушує звернути увагу на організацію немаршрутизованих вагонопотоків у групові поїзди. Увага до них довгий час була зниженою, а теорія розрахунків по організації групових поїздів практично не враховувала коливань вагонопотоків.

Організація вагонопотоків у групові поїзди вимагає, на відміну від одnogрупних, оперативного керування процесом поїздоутворення. Сучасна технологія стійкого обігу групових поїздів, що забезпечує своєчасну доставку вантажів і скорочення витрат на сортувальну роботу, повинна передбачати:

- змінні комбінації груп, що включаються в поїзди, залежно від оперативних умов підходу вагонів на основі даних АСК ВП УЗ;
- зниження витрат на супроводження поїздів охороною;
- облік поступового переходу керуючих функцій у центри диспетчерського керування та використання динамічних вагонних моделей.

При організації таких поїздів для певних станцій повинні встановлюватися:

1. набори можливих варіантів об'єднання груп відповідно існуючого плану формування;
2. нитки графіка, по яких можливе відправлення групових поїздів, тобто передбачені зупинки на станціях їх обслуговування;
3. порядок оперативного планування призначення групових поїздів, у тому числі з організацією в необхідних випадках погодженого підведення вагонів до станцій формування;
4. методи диспетчерського керівництва й контролю.

Обґрунтування допустимих варіантів об'єднання груп вимагає уточнення сфер ефективності організації вагонопотоків в одnogрупні та двогрупні поїзди. Межі сфер ефективності різних варіантів організації вагонопотоків у поїзди визначаються шляхом порівняння середньодобових витрат.

Залежно від місцевих умов можливі варіанти організації групових поїздів повинні передбачати ступінчате формування поїздів у вузлах та обмін груп на вхідних та передвузлових станціях, що усуває перепробіги й переробку потоку транзитних вагонів у вузлі.

Оцінка варіантів призначення групових поїздів повинна проводитися й для випадків застосування диференційованих норм ваги й довжини поїздів по ділянках.

У числі перспективних рішень при застосування групових поїздів на дорогах мережі слід розглядати:



- тверду фіксацію ниток з поглибленням їх спеціалізації по перевезених вантажах;
- комбіновану групову маршрутизацію перевезень у вузлах.

На мережі доріг є напрямки, де зниження потужності вагонопотоків зробило практично неможливою своєчасну доставку вантажів у рамках традиційної технології переміщення вагонів у повносоставних поїздах. Виходом з такого положення буде введення в обіг групових поїздів без фіксованої ваги й довжини, що рухаються по твердих нитках графіка по маршрутах довжиною 500 км і більше.

Комбінована групово маршрутизація передбачає спільну організацію вагонопотоків з місць навантаження та технічних станцій у вузлах. Об'єднання груп проводиться залежно від місцевих умов на вантажній, сортувальній або на вихідній станції вузла.

Розширення практики організації вагонопотоків у групові поїзди може забезпечити зниження витрат на сортувальну роботу при своєчасній доставці вантажів, покращити використання поїзних локомотивів і бригад, а також забезпечити в оперативних умовах підготовку составів на нитки, включені у твердий графік руху поїздів.

## ПІДВИЩЕННЯ УЧАСТІ УКРАЇНИ У МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

Мазуренко О. О., Кудряшов А. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Mazurenko Oleksandr, Kudryashov Andrii. Increasing Ukraine's participation in international freight transport.*

**Summary.** *The article considers the place of Ukraine in the international transportation of freight by railway transport. The main attention is paid to the use of container transportation. The main infrastructural advantages of the country and new solutions implemented on the railway are also considered.*

Розвиток міжнародної торгівлі між Азією та Європою потребує збільшення швидкості доставки вантажів. Існуючі шляхи доставки вантажів мають суттєві недоліки, такі як велика тривалість доставки або значна вартість. Баланс між ціною та швидкістю доставки вантажів може запропонувати залізниця. Тим більше, що її робота не залежить від погодних умов та інших чинників, які впливають на процес перевезення.

Для виконання міжнародних перевезень найбільш зручними є контейнерні відправки. Основна доля таких перевезень припадає на Китай. Перші залізничні контейнерні перевезення з Китаю в Європу були виконані в 2011 році. На сьогоднішній день виконуються регулярні контейнерні перевезення між Китаєм та 14 країнами Європи. Всього доставка контейнерів з Китаю виконується за 65 маршрутами. На сьогоднішній день залізничникам вдалося значно збільшити швидкість доставки вантажів – якщо перші потяги прямували більше 20 днів, то зараз контейнер з Китаю прибуває за 14 днів. При цьому вартість доставки контейнера з Китаю за цей час зменшилася більше ніж на 40 %.

За результатами аналізу розвитку економічних відносин Європи з Китаєм до 2025 року прогнозується збільшення обсягів товарообороту в 2 рази. Наявна пропускна спроможність залізничних ліній, по яким зараз відбувається просування вантажів, майже вичерпана і потребує пошуку нових рішень. При цьому спостерігається стійка тенденція як до зростання частоти відправлення контейнерних поїздів, так і появи нових маршрутів.

Одним з таких рішень є збільшення використання транзитного потенціалу України, так як вона межує з 7 країнами Європи та має потужні морські порти і розвинену мережу залізниць. Інфраструктура міжнародних транспортних коридорів, що проходять по території України, дозволяє забезпечити пропуск існуючих та перспективних обсягів пере-

зень. Крім цього, Укрзалізниця в останні роки вкладає кошти в підвищення пропускну здатності залізничних ліній та зниження вартості перевезень за рахунок заміни тепловозної тяги на електровозну. Також Україна виконує транзитні перевезення в межах міжнародних транспортних коридорів Європа – Кавказ – Азія та Чорне море – Балтійське море. Це дозволить створити крупний транспортний хаб в Одеському регіоні.

Більш відкритими та інвестиційно привабливими залізниця України можуть стати після впровадження приватної тяги. Це дасть можливість впровадити конкурентні тарифи та умови перевезень вантажів і створити повноцінний ринок залізничних перевезень. Також це дозволить залучити міжнародні компанії для відкриття своїх представництв на території України.

## ЗАКОРДОННИЙ ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У БОРОТБІ З ПАНДЕМІЄЮ

Назаров О. А.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Nazarov Oleksii. Foreign experience in the use of information technology in the fight against a pandemic.*

**Summary.** *To successfully counter the spread of coronavirus, it is worth taking advantage of the experience of countries that have managed to avoid outbreaks of disease due to the clear and well-coordinated work of special government agencies to coordinate the actions of all services and mobilize all state resources to combat the pandemic. The experience of using information technologies by the countries of Southeast Asia deserves attention, where, using geolocation, they tracked the movements and contacts of people in combination with a mass testing and vaccination campaign in order to timely identify infected and contact persons, as well as localize infection zones.*

Вже більше року світ живе в умовах пандемії. Світ не вперше стикнувся з такою проблемою, але вперше за останні 100 років і вперше в умовах глобалізації економіки. Країни почали закривати кордони, зупиняти міждержавні та внутрідержавні зв'язки. В залежності від ступеню розвитку інфраструктури країни приборкують розповсюдження пандемії по-різному. Тому важливо вивчати досвід боротьби з поширенням пандемічних вірусних хвороб в різних країнах світу.

В боротьбі з пандеміями дуже важливо не лише дотримуватися норм соціальної ізоляції, тримати соціальну дистанцію, але ще мати інфраструктуру відстежування переміщення громадян і систему оперативного реагування державних служб безпеки на виявлення небезпеки зараження. Саме ті країни, які мають жорстку управлінську вертикаль та розвинену логістичну інфраструктуру є наразі більш успішними в цьому сенсі. Тож, як не дивно, але флагманами приборкання розповсюдження пандемії наразі є не країни ЄС та США, а країни Південно-Східної Азії: Республіка Корея, Тайвань та Сінгапур. Більшість країн цього регіону зробили певні висновки після епідемій, викликаних вірусами так званих пташиного та свинячого грипу.

По-перше, після перших повідомлень про поширення нового вірусу наприкінці січня 2020 року в усіх перелічених країнах були створені та почали діяти спеціальні державні органи по боротьбі з поширенням пандемії, на які покладено обов'язки оперативно приймати рішення, якщо ситуація ставатиме загрозливою, а також готувати лікарняні заклади до масового прийому хворих. Ще до початку пандемії за висновками з епідемії SARS було

прийнято спеціальне законодавство із правом урядовим структурам відслідковувати та опрацьовувати персональні дані в критичній ситуації.

По-друге, впровадження повного або часткового локдауна, що передбачає обмеження на пересування громадян, а також часткове обмеження чи повне зупинення роботи громадського транспорту було визнано недоцільним. Було зроблено висновки, що такі заходи є дієвими лише на обмеженій території і лише в тому випадку, коли розроблено чітку стратегію дій в критичній ситуації, що загрожує поширенню вірусу. За інших обставин достатньо спостереження та контролю за розвитком ситуації.

Республіка Корея на протидію поширенню пандемії зробили ставку спочатку на якнайшвидше діагностування та масове тестування, а згодом і на масове вакціонування населення. Причому фармацевтична промисловість країни була швидко переорієнтована на масове виробництво тестів та вакцин. Територія країни відразу була поділена на діагностичні зони, в кожній з яких створено стаціонарні герметичні пункти тестування і вакцинації населення, а також мобільні діагностичні центри на базі автомобілів швидкої допомоги. Організовано миттєву передачу даних про скарги на основні симптоми та результати тестування до геоінформаційної системи контролю поширення коронавірусу. Саме ця система допомогла вчасно виявити джерела поширення та розповсюджувачів інфекції, відслідкувати їх контакти, а влада негайно за допомогою армії вчинила заходи до приборкання розповсюдження вірусу включно з повною ізоляцією окремих районів, зупинкою роботи всіх видів транспорту та закладів. Слід зазначити, що Республіка Корея – одна з небагатьох країн, що спроміглися уникнути введення загальнонаціонального локдауну.

Для запобігання поширенню пандемії на Тайваню національну діагностичну базу об'єднали з базами імміграційного, транспортного й податкового департаментів. Установили єдиний номер, за яким громадяни можуть повідомляти про підозрілу симптоматику, після чого відслідковувалися всі їх пересування по країні. На всіх транспортних артеріях розмістили спеціальні QR-коди, які громадяни повинні були просканувати смартфоном і повідомити про свій стан здоров'я. За допомогою цього створено динамічну модель переміщення людей, яка дозволяє точно визначити, яким шляхом пересувалися хворі, які саме люди під загрозою і які саме транспортні шляхи слід перекрити, а які залишити відкритими. Навіть створили спеціальний логістичний відділ, який аналізує щільність транспортних потоків і планує, як перенаправляти маршрути людей, якщо десь з'явиться загроза.

Сінгапур також надзвичайно вразливий для епідемій, – це місто-держава з великою щільністю населення. Майже ідеальне середовище для пандемії. Першим рішенням сінгапурської влади в січні 2020 року було розпорядження залишати свої персональні дані у всіх офіційних будівлях та в громадському транспорті. Після чого всі переміщення відвідувача автоматично відслідковувалися оператором зв'язку. Наступним кроком стало створення спеціального додатка для смартфонів, що записує дані геолокації й контакти, у тому числі й дотримання соціальної дистанції (за допомогою комунікації телефонів через Bluetooth). Таким чином, якщо людина занедужає, за дуже короткий термін можна відстежити всіх потенційних хворих і надіслати їм повідомлення про необхідність перевіритися. Якщо протягом трьох днів людина не з'явилася, то її обстежать примусово. Ця ж програма відслідковує порушення ізоляції, – хворим у Сінгапурі заборонено пересуватися без смартфона під страхом дуже високого штрафу.

У результаті всі три країни спроміглися уникнути спалахів пандемії.

Українська влада повинна скористатися досвідом країн Південно-Східної Азії для приборкання поширення пандемії в Україні.

## РОЗВИТОК КОНТЕЙНЕРНИХ ТЕРМІНАЛІВ НА ЗАХІДНОМУ КОРДОНІ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНЗИТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Окороков А. М., Золотаревська О. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Okorokov Andrii, Zolotarevska Olha. Development of container terminals on the western border and improving the efficiency of transit transportation.*

**Summary.** *The analysis of the main directions of transportation of transit container traffic through the territory of Ukraine to the countries of the European Union is carried out. Rational ways of developing a network of container terminals on the western border of Ukraine are analyzed.*

Транзитні перевезення займають вагомую частку в роботі залізничного транспорту. Змінюючись з року в рік, вони коливаються в межах 10...13 % від загального обсягу вантажопотоку.

За останні 10 років Україна суттєво втратила транзит. В першу чергу на це вплинули складні відносини з північним сусідом, в результаті чого більша частина вантажопотоків була переорієнтована на Білорусь і порти Прибалтики. Однак поступово обсяги транзиту починають відновлюватися як залізницею, так і через морські порти. Зокрема, завдяки контейнерним вантажам. У 2020 році перевалка транзитних контейнерних вантажів в морських портах України склала 48,4 тис. TEU в порівнянні з 39,1 тис. TEU у 2019 році. Зростання склало 23,7 %. Перевезення контейнерів залізницею теж показує позитивну динаміку. Зокрема, зростання за минулий рік склало 10,7 % - обсяги контейнерів досягли показників 425 тис. TEU. При цьому контейнерними поїздами було перевезено 230 тис. TEU, що на 41 % більше ніж роком раніше. Таких результатів вдалося досягти завдяки збільшенню контейнерних поїздів, зокрема з Китаю. Всього за рік було прийнято 22 контейнерних поїзда з КНР.

Більшість цього контейнеропотоку спрямована до країн Європейського Союзу, отже рухається до західного кордону із подальшою переробкою. Натепер неодноразово здійснювалися спроби активізації контейнерних перевезень в цьому напрямку із використанням саме залізничного транспорту, проте станом на початок 2021 року провідну позицію в перевезеннях контейнерами (біля 62 %) займає автомобільний транспорт.

Одним із факторів, який стримує розвиток транзиту контейнерів у західному напрямку залізничним транспортом є відсутність достатньої кількості сучасних контейнерних терміналів. Проведене дослідження показало, що потреби у переробці контейнерів на західному кордоні задоволені приблизно на 34 %, отже фактично дві третини контейнеропотоку переробляється на території країн ЄС (перш за все – Польщі) виключно через брак потужностей на українській стороні. Аналіз напрямків перевезень транзитного контейнеропотоку показує, що для виправлення ситуації необхідно перш за все розвивати потужності основних існуючих терміналів в Чопі та Мукачеві. За наявності достатніх інвестиційних вливань це може дати можливість підвищити рівень обробки контейнеропотоку на території України до 40...42 %.

Рациональним є розбудова мережі допоміжних терміналів в районах Ізюва та Ягодину, не зважаючи на одноколіїні залізничні ділянки. Відхилення частини вантажопотоку на північну частину залізничної мережі допоможе диверсифікувати ризики перевантаження основних терміналів, а також створити конкуренцію для перевезень територією Білорусі. Окрім суто технологічної оптимізації необхідним є підтримка з боку держави у вирішенні

формальних питань, таких як спрощення процедури оформлення перевезень, полегшення порядку перетину митного та державного кодонів, цифровізація оформлення необхідних документів, що в свою чергу дасть можливість залучити додаткові обсяги транзитних перевезень, отже підвищити ступінь використання транзитного потенціалу нашої країни.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМНИХ ПИТАНЬ ВЗАЄМОДІЇ КЛІЄНТІВ ТА АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ»

Окороков А. М., Павленко О. І.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Okorokov Andrii, Pavlenko Olena. Research of problematic issues of interaction between clients and JSC "Ukrzaliznytsia".*

**Summary.** *The current position of the joint-stock company "Ukrainian Railways" in the transportation market is studied. The range of main problematic issues regarding the interaction between the railway and its customers is outlined. Potential ways to solve problematic issues are considered.*

Транспорт є однією з найважливіших галузей суспільного виробництва і покликаний задовольняти потреби населення та суспільного виробництва в перевезеннях. У сфері залізничного транспорту єдиним легітимним перевізником є акціонерне товариство «Українська залізниця», що здійснює організацію та управління процесом перевезень як у внутрішньому, так і у міждержавному сполученнях. Вся інфраструктура залізничного транспорту також законодавчо закріплена за АТ «Укрзалізниця», що робить її природнім монополістом у сфері надання залізничних перевезень.

Зрозуміло, що за таких вихідних умов склалася ситуація, при якій розвиток залізничної інфраструктури та основних засобів здійснення перевезень рухається досить повільно, оскільки фактично відсутня конкуренція. Інші види транспорту впливають на залізничний в обмеженому контексті, що зумовлено наявністю в країні великої кількості відправників/одержувачів, для здійснення діяльності яких необхідні перевезення масових вантажів у великих обсягах. Як показав проведений аналіз, частка перевезення вантажів залізничним транспортом становить понад 50 %, а по окремих видах вантажів – до 70 %.

В той же час конкуренція з боку автомобільного транспорту є обмеженою, що зумовлено обмеженнями по вазі, що накладаються на автотранспортні засоби, а також значно вищою вартістю перевезення. Аналогічна ситуація спостерігається і з річковим транспортом, який станом на кінець 2020 року виконував лише біля 1 % вантажних перевезень. Також стримуючим фактором тут є відсутність достатньої кількості одиниць спеціалізованого річкового флоту, нерозвинутість портової інфраструктури та наявність великої кількості додаткових платежів, що значним чином нівелюють переваги використання річкового транспорту.

Заміна залізничного виду транспорту авіаційним, особливо під час здійснення внутрішніх перевезень, не є поширеною практикою серед транспортно-експедиторських компаній з огляду на високу вартість авіаперевезень. З огляду на зазначене, можна стверджувати, що АТ «Укрзалізниця» в найближчий час залишатиметься монополістом на ринку залізничних перевезень. При цьому АТ «Укрзалізниця» є єдиним суб'єктом господарювання, який діє на ринку перевезення вантажів залізничним транспортом, займає на цьому ринку монополітне (домінуюче) становище із часткою 100 % та діє на ринку надання в користування вагонів, де за структурними показниками в загальній кількості робочого

парку більшості видів вагонів (крім цистерн, де частка становить 22 %) частка АТ «Укрзалізниця» перевищує 35 %.

У зв'язку з цим, можна виділити наступні проблемні питання взаємодії АТ «Укрзалізниця» та її клієнтів, які стали наслідком в тому числі монопольного становища компанії:

- відсутня прозора система розподілу вагонів загального парку між вантажовідправниками та зношеність цього парку;
- недостатній робочий парк локомотивів як магістральних, так і маневрових;
- відсутність процедури та нормативної бази щодо допуску для виконання перевезень приватних локомотивів;
- порушення термінів доставки вантажів та низька схоронність перевезень, що є зокрема наслідком вищеперелічених факторів;
- відсутність прозорої системи розподілу магістральних локомотивів та постановки їх під состави у випадку одночасної готовності декількох;
- введення (часто безпідставне), конвенційних заборон на перевезення окремих видів вантажів, припинення роботи станцій та ділянок;
- непрозорість тарифної політики, зокрема в частині визначення коефіцієнтів індексації тарифу.

Перелічені недоліки є лише частиною, проте навіть на цьому прикладі можна побачити, що монопольне становище породило перш за все відсутність прозорих процедур та методів роботи, що ще більш очевидно виділяється в умовах дефіциту окремих ресурсів – вагонів, локомотивів, пропускної спроможності окремих напрямків тощо.

Вирішити частину цих питань можна шляхом впровадження можливості залучення для виконання перевезень приватних перевізників та лібералізацією доступу до залізничної інфраструктури. Також в нагоді можуть стати автоматизовані системи розподілу рухомого складу та локомотивів, що діятимуть без участі людини за відкритими алгоритмами, отже унеможливлюватимуть корупційний вплив на цей процес.

## ПРОБЛЕМИ ТА ТЕНДЕНЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ ПОСЛУГ У ПЕРІОД СВІТОВОЇ ПАНДЕМІЇ

Павленко О. І.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Pavlenko Olena. Problems and trends of logistics services during the world pandemic.*

**Summary.** *To date, the pandemic has completely changed the rules of human existence. Tough quarantine measures also affected the work of logistics companies. So, as a result of the drop in demand for transportation in the world, quite new trends were observed to correct the situation and improve transportation within the framework of quarantine.*

У період пандемії скорочувались перевезення за кількома причинами, а саме зменшення попиту на продукцію, оскільки багато країн ввели жорсткі карантинні заходи та заборонили людям вільно переміщуватись не лише по країні, а і між містами та безпосередньо в містах; введення жорстких вимог у процесі перевезення, оскільки багато країн мали різну ситуацію з впливу хвороби. Так у Євросоюзі виникли кілька тенденцій на логістичному ринку: зниження попиту на перевезення вантажів, але тим часом збільшення попиту на доставку продуктів та текстилю для роздрубних покупців, але такі доставки, як правило, мають короткі дистанції.

Ускладнення переміщення між державами грає ключову роль в перевезеннях. Після того, як у кожній країні при розвиненні пандемії, було розроблено правила роботи логістичних компаній, що використовувались у визначених рамках, у які нерідко унеможлилювали перевезення між державами. Так, на сьогоднішній день більше ніж на 40 % зменшено попиту на логістичні послуги по всій Європі. Для того, щоб не втратити найбільші компанії на ринку логістичних послуг у Європі держави заохочують до перевезь всіма можливими варіантами. Так було знято обмеження на рух вантажного транспорту у вихідні дні, а також зменшено ставки на перевезення всередині Європи.

Логістичний ринок України теж потопає від зменшення попиту на перевезення, оскільки на сьогоднішній момент ми маємо гострі проблеми з розповсюдженням COVID19. На сьогоднішній день через швидке поширення вірусу, малі транспортні компанії змушені призупинити свою діяльність, через зменшення споживчого попиту, як у споживчих товарах, так і транспортуванні сировини на виробництва. Більшість великих фабрик, заводів і фірм змушені працювати онлайн або ж розробляти змінний графік роботи цехів, що спричиняє зменшення оборотів виробництва, а в результаті і попиту з транспортування сировини на виробництва.

Внаслідок такої тенденції, з'явилися кілька нових трендів для підняття затребуваності логістичних перевезень. Демпінгування, як метод залучення вантажоперевізників. Але на довгий період такий тренд не розрахований, оскільки багато компаній не зможуть працювати з мінімальним заробітком. Таким чином відбувається витіснення дрібних підприємств з логістичного ринку, які просто не витримують конкуренцію в умовах демпінгу.

Наступними трендами є колаборації і співтовариств між маленькими логістичними фірмами. Таким чином, вони можуть розробляти унікальні пропозиції для вантажовідправників. Вже з початку 2021 року захопила популярність збірних вантажів. Такі логістичні пропозиції дають можливість не знижувати вартість перевезень, але і не погіршувати ситуацію для вантажовідправника. Так з'являється можливість зацікавити в перевезенні вантажів і клієнтів, які не мають можливість заповнити повну вантажопідйомність транспортного засобу. За допомогою такого тренду є можливість підвищити затребуваність в перевезенні товарів і сировини.

Оскільки ситуація не є стабільною по всьому світу, зростає тенденція аутсорс. Логістичну галузь аутсорсинг рятує, тим, що це найменш транспортні засоби на певний оплачувану період. Таким чином, компанії уникають простоїв і втрат грошових коштів в період відсутності замовлень на перевезення.

## СЕКЦІЯ 5 «АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ»

### МІЖНАРОДНІ НОРМИ З ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ РУХОМОГО СКЛАДУ З СИСТЕМАМИ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ

Кальченко Б. Г., Гаврилюк В. І.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Kalchenko Bogdan, Havryliuk Volodymyr. International standards on electromagnetic compatibility of rolling stock with signaling and communication systems.*

**Summary.** *The article presents review of the norms and methods for testing of new types of rolling stock on electromagnetic compatibility with signaling and communication systems in accordance with international standards and considering the specifics of Ukrainian train control systems. As an example of the application of the viewed technique, the results of measuring electromagnetic interference from an electric train in a rail line were considered.*

В процесі випробувань нових типів рухомого складу (РС) на електромагнітну сумісність з пристроями сигналізації і зв'язку проводять вимірювання наступних параметрів:

- напруженість поля електромагнітних завад, що створює РС на стоянці і в режимі руху;
- напругу електромагнітних завад, що створює РС в каналах залізничної радіозв'язку і в бортовій мережі РС та в лініях живлення радіостанції;
- вплив на кабельні та дротові лінії зв'язку;
- вплив електровозів, електропоїздів, пасажирських вагонів з високовольтними перетворювачами на рейкові кола сигналізації, централізації, блокування та пристрої автоматичної локомотивної сигналізації.

Проблеми електромагнітної сумісності (ЕМС) на залізничному транспорті повинні бути вирішені в рамках відкритого європейського ринку залізничних перевезень. Це обумовлено необхідністю в перспективі вільного проходження поїздів через державні кордони з різними технічними системами тягового електропостачання, сигналізації та зв'язку.

Метою роботи є проведення огляду норм і методів випробування нових типів РС на ЕМС з системами сигналізації і зв'язку відповідно до міжнародних норм і з урахуванням специфіки українських систем управління рухом поїздів.

В Україні випробування на ЕМС до недавнього часу проводили на відповідність нормам з технічних умов на рухомий склад, які базувалися, головним чином, на таких нормативних документах: НБ ЖТ ЦТ 03-98 «Електропоїзди. Норми безпеки», НБ ЖТ ЦТ 04-98 «Електровози. Норми безпеки», а також стандарті ГОСТ 29205-91 на радіозавади індустриальні від електротранспорту.

У 2006 році в Євросоюзі була прийнята серія стандартів EN 50121 з п'яти частин, спрямована на забезпечення електромагнітної сумісності продукції залізничного призначення у відповідність до вимог Директиви з ЕМС.

Перша частина стандарту (EN 50121-1: 2006 Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 1: General) містить загальний вступ до проблеми, огляд структури і змісту всіх частин стандарту EN50121, а також визначає критерії якості функціонування залізниць як цілісної системи і розглядає управління процесом досягнення ЕМС на інтерфейсі між залізничною інфраструктурою та поїздом.

Частина 2 стандарту (EN 50121-2 Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 2: Emission of the whole railway system to the outside world) розглядає інтерфейс між



залізницею і навколишнім середовищем, встановлює граничні значення емісії завад для всієї залізничної системи, включаючи тягові підстанції, описує методи вимірювання завад.

Частина 3 стандарту складається з двох підрозділів.

Підрозділ 3-1 (EN 50121-3-1 Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 3-1: Rolling stock - Train and complete vehicle) розглядає вимоги до завад і рівні завадостійкості для всіх типів рухомого складу, а також методи їх вимірювань.

Підрозділ 3-2 стандарту (EN 50121-3-2 Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 3-2: Rolling stock - Apparatus) визначає граничну емісію завад, рівні і критерії завадостійкості для бортової апаратури рухомого складу в частотному діапазоні від 0 до 400 ГГц, розміщення бортової апаратури. Зазначено, що тести повинні визначатися конкретною апаратурою, її конфігурацією, наявними портами, умовами функціонування.

Частина 4 стандарту (EN 50121-4 Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 4: Emission and immunity of the signalling and telecommunications apparatus) розглядає сигнальну і телекомунікаційну апаратуру, визначає норми емісії та рівні завадостійкості, критерії якості функціонування апаратури, методи вимірювань завад.

Частина 5 стандарту (EN 50121-5 Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 5: Emission and immunity of fixed power supply installations and apparatus) розглядає питання ЕМС і завадостійкості для електричних і електронних приладів і систем, призначених для використання в залізничних пристроях, пов'язаних з електропостачанням. Вказані межі емісії та рівні завадостійкості для пристроїв, розташованих на тяговій підстанції і для лінійних пристроїв електропостачання.

Але вказані стандарти з'явилися вперше приблизно 25 років тому (1996) для вирішення виникаючих на той час проблем електромагнітної сумісності та вимог функціональної безпеки, встановлених EN 50129, що був випущений вперше у 1998 р., та EN 61508-2, що з'явився у 2002 р. Стандарт EN 50121 зазнав чотирьох основних змін (1996, 2000, 2006 та 2015). Видання 2015 року було повторене у 2016/2017. Тоді як специфікації для випробування обладнання покращувалися майже у кожному виданні, оцінка випромінювання не зазнала подібного прогресу.

Електричні транспортні системи зростають і прокладають дедалі щільніше через населені пункти. Радіовипромінювання зміщуються на більш високі частоти за рахунок використання більш швидких напівпровідників. Впроваджуються сучасні системи сигналізації, управління та зв'язку, засновані на використанні систем, що працюють у широкому діапазоні частот, наприклад, GSM (глобальна система мобільного зв'язку), Wi-Fi) та інноваційні системи (наприклад, CBTC, що заснована на використанні протоколів управління поїздами на основі комунікацій). Історично розвиток EN 50121 зосереджувався, головним чином, на випромінюванні від електричної дуги пантографа, що неявно охоплює випромінювання від тягового перетворювача. Верхня межа частот поширювалася з 30 МГц (EN 50121) і тепер становить 1 ГГц, хоча сучасні комунікаційні технології використовують більш високі частоти (мобільний зв'язок в діапазонах 2,1 та 2,4 ГГц, а сигналізація та телекомунікація з використанням комерційних діапазонів 2,4 та 5 ГГц та новітніх технологій 5G).

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що для проведення випробувань рухомого складу на електромагнітну сумісність з системами автоматики та телекомунікації необхідно використовувати європейські нормативні документи, що узгоджуються з перспективою інтеграції українських залізниць в європейські. Але, очевидно, використання європейських документів необхідно провадити з урахуванням специфіки систем управління рухом, що використовуються на українських залізницях, та з баченням перспективи подальшого розвитку систем комунікації та автоматики.

## CHOICE OF FFT PARAMETERS TO IMPROVE THE ACCURACY OF TRACTION CURRENT SPECTRAL ANALYSIS

Lupin I. A., Havryliuk V. I.

Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan

**Summary.** *The paper presents a brief overview and results of the investigation of influence of the windowed discrete Fourier transform parameters on the accuracy of determining the level, frequency and duration of harmonics in the traction current spectrum. Researches were performed for four types of window functions and the relative error in determining the parameters of harmonics using the window FFT was estimated.*

The problem of electromagnetic compatibility (EMC) between railway subsystems has attracted the attention of scientists in recent years due to the wide spread of high-speed railways. The one of the main sources of the electromagnetic interference (EMI) in electrified railways is the rolling stock and the traction system as a whole. New types of rolling stock must be tested on EMC with railway signaling before they are accepted for operation. In addition, monitoring of electromagnetic interference in signal circuits should be periodically performed in accordance with the maintenance plan. The maximum permissible values of electromagnetic interference from electrical equipment of rolling stock are given in standards and regulations.

The values of the traction current harmonics, which can cause fails in the operation of railway signaling systems, can be determined by passing of a measured signal proportional to the traction current through special banks of selective filters with frequencies corresponding to the frequencies of the signaling currents, as well as by spectral analysis of the signal using the Fourier transform. For spectral analysis of non-stationary traction current the Short-Time Fourier transform (STFT) should be used.

But spectral analyzing using the STFT techniques have some constraints. One limitation is due to the uncertainty principle, which postulates that the product of time and frequency resolutions cannot be less than a certain limit.

Another limitation of STFT is associated with spectrum spreading, which is an inherent property of the discrete Fourier transform for a time-limited signal segment, and which leads to the inability to recognize two harmonics with close frequencies. For traction current with high dynamic range values, spectral leakage makes it impossible to detect small harmonics with frequencies close to the fundamental strong harmonic (for example, small harmonics of 25 and 75 Hz near the strong harmonic of 50 Hz)

The accuracy of determining the amplitudes of harmonics is largely influenced by the type of the window function, in particular the level of its side lobes in the frequency domain, which attenuate amplitude and, in some cases, can even hide weak harmonics against the background of strong harmonics. To improve the accuracy of the spectral analysis of the traction current, it is necessary to correctly choose the parameters of the windowed FFT.

In the work the correct choosing of the windowed FFT parameters to achieve the necessary time and frequency resolution of the traction current spectral analysis in accordance with the requirements of regulatory documents has been briefly overviewed and investigations of the influence of FFT parameters on the accuracy of the determination of harmonics parameters (such as effective current, frequency, duration) have been carried out.

To assess the accuracy of determining the RMS current and frequency of the harmonics, a computer study was performed using a synthesized current with known harmonics parameters, the values of which were chosen in accordance with the permissible values of the parameters determined by regulatory documents and standards.

Dynamic range of the traction current harmonics is defined as ratio of the main harmonic level (for AC TC it is 50 Hz harmonic) to the level of the weakest harmonic. As a result, the dy-

dynamic range for AC TC with RMS current 200 A is 46 dB for frequency band 21-29 Hz, 55 dB for frequency bands 408-432, 468-492, 568-592, 708-732, 768-792 Hz, and 60 dB for frequency bands 4462-4538, 4962-5038, 5462-5538 Hz. It is obvious that the dynamic range of harmonics in these frequency bands reaches higher values when the traction current gets higher values.

The obtained values of the dynamic range have sufficiently high values, and they should be considered when selecting the window type.

The requirement that the duration of the harmonics defined by the standard cannot exceed 0.3 s, together with the restriction on the values of the frequency and time resolutions, should also be considered when selecting the window type, especially in the frequency range from 19 Hz to 58 Hz, which contains very closely spaced harmonics, which are specified by the standard.

For the spectral analysis of traction current, four types of windows were selected: rectangular, Hann, Hamming and Blackman windows with duration of 0.3 and 1 s. For a sampling frequency of 27500 Hz and a window length of 0.3 s, the frequency resolution is 0.27 Hz for a rectangular window, 0.54 Hz for Hann and Hamming windows and 0.81 Hz for Blackman's window, which is consistent with the requirements of the specifications.

The verification of the adequacy of the developed model was carried out in two stages. At the first stage, the accuracy and resolution of the window FFT with the parameters selected according to the analysis were checked. A computer-generated signal with known harmonic parameters was used to determine the spectral analysis error. The values of the harmonic level are taken as corresponding to the maximum allowable levels, the dynamic signal range is 63.5 dB, the sampling frequency is 32768 Hz. The Blackman-Harris function is taken as a window function. The signal duration was 0.3 s. The relative error in determining the amplitudes and frequencies of harmonics did not exceed 0.1 %. In the second stage, the error of the measuring complex was determined. To do this, 20 samples of the signal were synthesized with a fundamental frequency of 50 Hz and an ADC input voltage equivalent to 300 A. The harmonics of the signal were in the frequency ranges corresponding to regulatory documents, and their amplitudes randomly varied in the range from 0.1 to 1.1 from the maximum allowable value. The study was conducted for the four most common window functions in practice, namely: Blackman-Harris, Hann, Hamming and rectangular windows. The degree of conformity of the obtained values of the amplitudes of the harmonics of this sample to the normal distribution was determined by the Pearson chi-square test. The width of the confidence interval was calculated using the Student's distribution for a confidence probability of 0.95. According to the values of the confidence interval for different types of windows, the relative scope of the results of measurements of harmonic parameters was calculated as the ratio (as a percentage) of the half-width of the confidence interval (for  $P = 0.95$ ) to the RMS parameter.

The results of spectral analysis of traction current showed that the frequency resolution of harmonics, and accordingly the relative error in determination the frequency and the RMS value of harmonics is lower for high frequencies in spectrum.

The type of windows used has a slight effect on the accuracy of determining the frequency of harmonics. The relative error of the effective value of the harmonic current was higher for a rectangular window, and relative error decreased in the row from the rectangular window to the Blackman window. The values of the relative error of the RMS current for several frequencies of the harmonics did not meet the requirements necessary for the practical use of the method, and this is due to spectrum leakage and scalloping.

For windows with a length of 1 s, the frequency resolution of the traction current was higher. than for windows with a length of 0.3 s, and the relative error of the RMS current and frequencies of the harmonics were much lower, but even in this case, the relative error was high for individual frequencies.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЗАВАД ТЯГОВОЇ МЕРЕЖІ НА РЕЙКОВІ КОЛА

Демідюк О. О., Гаврилюк В. І.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Demidiuk Oleg, Havryliuk Volodymyr. Investigations of the influence of the traction network electromagnetic interferences on rail circuits.*

**Summary.** *A short description of the technique for measuring return traction harmonic in rails and the measured results are presented. The analysis of the criteria for the track circuits operation in different modes is carried out. On the basis of the developed mathematical model, the return traction current in rails was simulated at different it values and for ballast resistance variations. The results of theoretical and experimental investigations were in satisfactory agreement.*

У даній роботі представлені результати теоретичних і експериментальних досліджень електромагнітного впливу тягової мережі (ТМ) змінного струму на роботу рейкових кіл (РК0). При експериментальних вимірюваннях гармонічних завад в рейкових колах реєстрували сигнал, пропорційного струму, що споживається на тягу електровоза і на живлення допоміжних пристроїв, за допомогою трансформатора Роговського, до виходу якого підключали багатоканальний вимірювальний комплекс на основі аналого-цифрового перетворювача і персонального комп'ютера. Спектральний аналіз проводили методом швидкого перетворення Фур'є. Розроблена методика застосовувалася для проведення випробувань електровозів і електропоїздів на електромагнітну сумісність з рейковими колами і автоматичною локомотивною сигналізацією безперервного типу (АЛС). Критерієм небезпечного впливу завад було підвищення напруги (струму) колійного приймача до напруги (струму) його спрацьовування в шунтовому і контрольному режимах або зниження напруги (струму) приймача нижче напруги (струму) повернення в нормальний режим.

Для знаходження рівня небезпечного впливу тягового струму на РК використовували наступний порядок аналізу. Спочатку визначали мінімальне значення напруги джерела живлення РК в нормальному режимі без завади при найнесприятливіших для цього режиму умовах, а також при варіації довжини рейкового кола від мінімальної до максимально можливої за умовами проектування. Потім визначали значення струму в колійному приймачі в шунтовому і контрольному режимах при відсутності завади при самих несприятливих умовах для цього режиму. Після цього аналізували зміни струму в колійному приймачі при впливі на рейкове коло гармонічної завади при варіації її основних параметрів. Коefіцієнт передачі для різницевого тягового струму на приймальному кінці РК при наявності дросель-трансформаторів розраховували з урахуванням того, що різницевий тяговий струм завади протікає тільки по одній половині первинної обмотки дросель-трансформатора. У процесі аналізу визначали мінімальне значення тягового струму на приймальному кінці РК, при якому виконувалися критерії цих режимів, тобто значення струму в колійному приймачі при накладенні поїзного шунта або пошкодженні рейкової нитки не перевищувало значення струму надійного повернення колійного приймача.

На основі розробленої математичної моделі було проведено дослідження впливу тягового струму на рейкові кола для різних значень змінного тягового струму в контактному проводі суміжної колії і для різних значень провідності ізоляції баласту.

## МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕЛЕЙНИХ СИСТЕМ НАПІВАВТОМАТИЧНОГО БЛОКУВАННЯ ДЛЯ ЇХ ІНТЕГРАЦІЇ В СИСТЕМУ ДИСПЕТЧЕРСЬКОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ

Маловічко В. В., Маловічко Н. В., Рибалка Р. В.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Malovichko Volodymyr, Malovichko Nataliia, Rybalka Roman. Update of relay-based systems of the semi-automatic interlocking to their integration into centralized traffic control.*

**Summary.** *Low density stations located in areas, equipped with centralized traffic control and semi-automatic interlocking, require the involvement of station operators in the control of train movements at station-to-station sections. The utilization of axle counting points in mentioned areas allows reducing the significant amount of station operators as well as the human factor.*

Під час обладнання системами диспетчерської централізації (ДЦ) дільниць на мережі залізниць України, порівняно більший економічний ефект досягається за умови встановлення систем ДЦ на малодіяльних дільницях. Це обумовлено можливістю скоротити посаду чергового по станції (ДСП) на більшості малих станцій диспетчерського кола, оскільки всю поїзну роботу виконує поїзний диспетчер (ДНЦ), а маневрова робота практично відсутня. Велику кількість перегонів на малодіяльних напрямках обладнано релейними системами напівавтоматичного блокування (НАБ), які потребують наявності на кожній станції ДСП, який підтверджує прибуття поїзда в повному складі шляхом натискання відповідної кнопки на пульті. Вказане не дозволяє скоротити посади ДСП на таких дільницях залізниць під час встановлення систем ДЦ, що зменшує економічний ефект від встановлення ДЦ. Додатковий недолік – зниження надійності роботи ДЦ через збільшення впливу людського фактору на прийняття рішення про вільність перегону.

На закордонних залізницях інтенсивно використовуються системи НАБ на точкових колійних датчиках, які не потребують наявності обслуговуючого персоналу для контролю цілісності поїзда після прибуття на станцію та легко інтегруються в системи ДЦ. Принцип роботи таких систем базується на обчисленні кількості осей рухомого складу, що виїхали на перегін та які прибули на наступну станцію. При рівності результатів рахунку осей перегін вважається вільним. Рахунок осей виконується за допомогою комплектів колійних датчиків, що розміщуються з обох кінців перегону. На залізницях України такі системи майже не використовуються.

В Україні для контролю перегонів при НАБ в основному використовуються системи релейного типу РПБ ГТСС та КБ ЦШ, які не виконують рахування осей поїзда і потребують підтвердження про прибуття поїзда на станцію у повному складі від обслуговуючого персоналу. Системи на точкових колійних датчиках вітчизняних виробників (наприклад, система МПАБ-У виробництва СНПО «ИМПУЛЬС») на даний час не знайшли широкого застосування на залізницях України.

Авторами запропоновано модернізувати існуючі системи НАБ релейного типу, які встановлено на дільницях залізниць обладнаних ДЦ, так щоб інтегрувати НАБ в систему ДЦ. Для цього потрібно доповнити систему НАБ двома комплектами датчиків рахунку осей (на вході та виході станції). Комплекти датчиків через відповідні блоки узгодження по лінії ДЦ передаватимуть інформацію про результати рахування на автоматизоване робоче місце ДНЦ і за умови співпадіння кількості осей, що відправились на перегін та що прибули з нього, система ДЦ вважатиме перегін вільним. Для ув'язки роботи системи ДЦ з системами електричної централізації, які обмежують даний перегін, з центрального поста по каналу телеуправління буде відправлятися спеціальна команда підтвердження віль-

ності перегону. Для цього на станції необхідно встановити релейну схему узгодження, яка після приймання цієї команди поставить під струм реле, що контролюють прибуття поїзда у повному складі. В результаті аналізу можливості реалізації такої модернізації для системи НАБ РПБ ГТСС визначено, що на двох станціях кількість реле скоротиться приблизно на 20 одиниць. Додатковою перевагою є зникнення необхідності в залученні ДСП до процесу керування рухом поїздів на перегоні при використанні системи ДЦ.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ОБРОБЛЕННЯ СИГНАЛІВ КОНТРОЛЮ ПРИСТРОЇВ АВТОМАТИКИ НА ПЕРЕГОНІ В СИСТЕМІ АПК-ДК

Маловічко В. В., Маловічко Н. В., Рибалка Р. В.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Malovichko Volodymyr, Malovichko Nataliia, Rybalka Roman. Improvement of processing of the monitoring signal in automatics devices at station-to-station block.*

**Summary.** *The APK-DK system is used to provide control of objects' state of the decentralized systems of station-to-station automatics systems. Digital filtering of the monitoring signals in APK-DK allows reducing the probability of detection error, caused by insufficient quality of processing provided by analogue filter.*

На даний час переважна більшість систем автоматики на залізницях України базується на релейній елементній базі, яка є морально застарілою. Більшість систем інтервального регулювання руху на перегоні – це системи числового кодового автоблокування (ЧК АБ). У разі настання відмови в ЧК АБ відновлення її працездатності потребує значних витрат часу, обумовлених необхідністю переміщення обслуговуючого персоналу по перегону через децентралізоване розміщення апаратури в ЧК АБ. Вплив зовнішніх факторів та старіння апаратури спричиняють помітну частину відмов ЧК АБ, через що затримки в русі поїздів відбуваються досить регулярно.

Для додаткового контролю стану апаратури систем автоматики на перегонах (САП), у т.ч. ЧК АБ, розроблено різні системи диспетчерського контролю (ДК). Інформація про стан апаратури за допомогою ДК передається поїзному диспетчеру, або черговим по станціях, які обмежують перегін, за умови відсутності на ділянці диспетчерської централізації. Зараз в Україні використовується велика кількість різноманітних систем ДК: від найбільш застарілої системи частотного ДК (ЧДК), яка експлуатується з 1960-х років, до системи на мікропроцесорній елементній базі, наприклад, апаратно-програмний комплекс ДК (АПК-ДК), що є однією з найбільш вдалих реалізацій функцій ДК на сучасному технічному рівні. В АПК-ДК стан пристроїв САП контролюють автомати контролю сигнальних точок (АКСТ), виконані на базі спеціалізованих контролерів. АКСТ дозволяє контролювати стан шести дискретних датчиків (реле) і двох порогових датчиків. АКСТ створює 8-ми елементне повідомлення, яке відображає стан контрольованого об'єкту, використовуючи амплітудну маніпуляцію гармонічної несінної. Сигнал з виходу АКСТ надсилається загальною фізичною лінією зв'язку використовуючи частотне мультиплексування. Це дозволяє організувати роботу до 30 АКСТ. На станції (лінійному пункті) сигнали від АКСТ фільтруються, демодуються та подаються на станційний комп'ютер, в якому програмно реалізовано вирішальний пристрій (ВП).

З метою збільшення відношення сигнал/шум на вході ВП авторами запропоновано використання смугового цифрового фільтру. Його параметри обрано в результаті математичного моделювання в середовищі MATLAB. Зразки сигналів для моделювання отримано на вході концентратора другого рівня системи. ВП реалізовано за структурою некоге-

рентного приймача радіоімпульсу. За результатами моделювання навіть при значному рівні шуму 96 % радіоімпульсів детектовано коректно. Враховуючи інформаційне призначення повідомлення АКСТ та достатньо короткий період оновлення стану контролюваного об'єкта, наслідки помилкового детектування є незначними.

Використання цифрового фільтра дозволяє зменшити імовірність помилки детектування, зумовленої недостатньо якісною обробкою аналоговим фільтром. Запропонована модернізація АПК-ДК не потребує внесення змін в апаратну частину системи. Достатньо оновити відповідний програмний засіб.

## ЗАВАДИ СИГНАЛЬНОМУ СТРУМУ У РЕЙКОВОМУ КОЛІ

Буряк С. Ю., Гололобова О. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Buriak Serhii, Hololobova Oksana. Interference of signal current in a rail circuit.*

**Summary.** *The article is devoted to the topical problem of improving the safety of train traffic. The automatic locomotive signaling system is significantly influenced by interference of different origins and severity. Given the importance of the functions it performs, there is a great need to improve the quality of work. Since it is impossible to eliminate all the factors causing interference, it is necessary to recognize the signal-interference mixture at a higher level.*

Системи автоматичної локомотивної сигналізації безперервної дії АЛС забезпечують безпеку руху поїздів. Надійність і стійкість дії таких систем впливають на пропускну здатність ділянок та дільничну швидкість руху поїздів.

Пристрої АЛС працюють у важких умовах експлуатації, піддаючись підвищеним механічним і температурним навантаженням. На електрифікованих ділянках залізниць вони піддаються ще й підвищеним електричним навантаженням від впливу тягових струмів. Територіальне розосередження колійних пристроїв ускладнює організацію профілактичних і ремонтних робіт і обумовлює великі витрати часу на відновлення їх працездатності.

Автоматична локомотивна сигналізація неперервної дії виконує два основні завдання щодо забезпечення безпеки руху: попереджувальна – інформує машиніста про показання колійного світлофора до якого наближається локомотив; контролююча – перевіряє функціональний стан машиніста, оцінюючи його реакцію шляхом формування в певній залежності світлових і звукових сигналів. Автостопа необхідні для автоматичного приведення в дію гальм поїзда, якщо машиніст не реагує на звуковий сигнал при одноразовій або періодичній перевірці пильності; при перевищенні допустимої швидкості в залежності від показання локомотивного світлофора.

Автоматична локомотивна сигналізація діє в умовах впливу великої кількості різних за характером та інтенсивністю впливу завад. В залежності від походження завади поділяють на природні, джерелами яких є природні фізичні явища, і штучні, що генеруються створеними людиною пристроями.

Якщо джерело електромагнітної завади знаходиться всередині даної системи, то завада називається внутрішньосистемною. В інших випадках завади розглядають як міжсистемні.

Джерелами завад в АЛС і рейкових колах можуть бути самі пристрої, лінії електропостачання, контактна і зворотна рейкові лінії тягового електропостачання, пристрої електроживлення, радіочастотні електромагнітні поля, електростатичні розряди, розряди блискавки.

У пристроях АЛС, як і у всіх пристроях залізничної автоматики і телемеханіки, є внутрішні флуктуаційні (хаотичні зміни потенціалів, струмів і зарядів в електричних колах і лініях передачі) завади, що виникають внаслідок теплового руху електронів в речовині, що володіє опором (резистори, проводи й ін). Дробові (безладні флуктуації напруги і струму щодо їх середнього значення) завади виникають в напівпровідникових приладах в результаті хаотичного зміни сили струму щодо середнього значення.

Електромагнітну обстановку, в якій працюють пристрої залізничної автоматики і телемеханіки оцінюють наступними основними показниками:

- провали, короточасні переривання і викиди напруги електроживлення;
- наведені низькочастотні напруги завад;
- магнітні поля промислової частоти;
- кондуктивні і індуктивні завади;
- спотворення синусоїдальності кривої напруги живлення;
- радіочастотні електромагнітні поля; електростатичні розряди.

До 5 % відмов і збоїв в роботі колійних пристроїв АЛС і рейкових кіл відбувається через погіршення якості електропостачання. З усіх норм якості електричної енергії в системах електропостачання найбільш важливі провали напруги, тимчасові перенапруги, відхилення частоти від номінальної і спотворення синусоїдальності кривих.

Характерним недоліком в роботі пристроїв АЛС є схильність до впливу рейок і інших елементів верхньої будови колії з нерівномірною залишковою намагніченістю. Таке явище проявляється на кодованих і некодованих ділянках. Джерелом завади в цих випадках є: об'ємно-загартовані рейки, накладки, які вантажили за допомогою електромагнітів; рейкові петлі після роботи електробаластерів.

Найбільший заважаючий вплив нерівномірна намагніченість надає на приймачі АЛС, що працюють в режимі 25 Гц. Тому доцільно на некодованих ділянках переводити локомотивний приймач з режиму 25 Гц в режим 50 Гц.

Намагнічені ділянки колії можна виявити з локомотива за допомогою приладу, підключеного до котушок, і безпосередньо на шляху за допомогою компаса. Переміщуваний уздовж головки рейки компас дозволяє зафіксувати місця, в яких змінюється напрямок магнітної стрілки. Відповідні точки є джерелом імпульсів завади.

Найбільш поширеним видом заважаючих впливів, викликаних нерівномірною залишковою намагніченістю, є імітація кодів червоно-жовтого вогню при наявності певного співвідношення між швидкістю проходження локомотива і відстанню між точками рейок, в яких змінюється полярність магнітного поля. Для випадку, коли перешкода викликана намагніченими накладками при довжині рейки 12,5 м, найбільший заважаючий вплив буде проявлятися при швидкості локомотива 45-75 км/год, відповідно при рейках довжиною 25 м і більше 90 км/год.

Поряд з нерівномірною намагніченістю рейок, розміщених в колії, заважаючий вплив на роботу пристроїв АЛС надають і рейки, підготовлені для заміни, які з метою усунення впливу, потрібно укладати з зовнішньої сторони колії не ближче 35 см.

Таким чином, система АЛС піддається впливу великої кількості різноманітних за походженням та характером завад. При цьому її робота має бути стабільною і стійкою в будь-яких умовах експлуатації. Оскільки усунути всі перераховані причини виникнення завад у роботі системи АЛС неможливо, то висновок один – існує велика необхідність синтезу приймача кодів з підвищеною завадозахищеністю. Такий приймач має володіти властивостями селективності як за формою та амплітудою сигналу, так і за його спектральним складом. Це дозволить з більшою точністю визначати корисний сигнал та уникнути провалів кодових посилок під час прийому сигналів із завадами.



## АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Лагута В. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Laguta Vasiliy. Traction motors resource forecasting system.*

**Summary.** *An automated system for predicting the resource of a traction motor is considered, as a combination of hardware and computing facilities, in order to optimize the terms of trouble-free operation.*

Безпека експлуатації залізничного транспорту в значній мірі залежить від надійної роботи тягових електродвигунів (ТЕД), яка визначається якістю і своєчасністю проведення відновлювальних ремонтів. У «Державній програмі стратегічного розвитку залізниць України», що підготовлена Державним науково-дослідним центром залізничного транспорту України сумісно із фахівцями Укрзалізниці, наголошується на необхідності посилення міжремонтних термінів, зниження енергоємності та підвищення якості ремонтів ТЕД.

Для реалізації перерахованих положень актуальним стає автоматизація післяремонтних випробувань, моніторинг ТЕД в період експлуатації, створення електронної бази даних і прогнозування ресурсу з метою оптимізації термінів безаварійної експлуатації.

Ресурс ТЕД визначається періодом від початку експлуатації після виготовлення або відновлювального ремонту до переходу в граничний стан, коли експлуатація неприпустима. Критерієм граничного стану ТЕД є сукупність ознак, при виході за допустимі значення будь-якого з них настає втрата працездатності ТЕД, що може призвести до тяжких наслідків.

Всі зазначені ознаки можуть бути представлені у вигляді наступних груп:

- Геометричні розміри деталей, що зношуються, які мають граничні значення.
- Параметри електричної ізоляції ТЕД, вихід за допустимі значення яких призводить до незворотних наслідків.
- Електричні параметри, включаючи параметри комутації, вихід за граничні значення яких призводить до виникнення кругового вогню.
- Вібромеханічні характеристики, що описують властивості підшипникових вузлів, зубозацеплення і т.д.

При досягненні будь-якої ознаки свого граничного значення експлуатація ТЕД припиняється, ресурс вироблено і часто потрібен капітальний ремонт. Задача полягає в неприпустимості подібного положення за допомогою використання системи прогнозування ймовірності досягнення граничного стану. Для цього необхідно знати закономірності зміни ознак в часі в залежності від умов експлуатації ТЕД, параметрів навколишнього середовища, властивостей матеріалів і ін. Паралельно вирішується задача проведення відновлювальних ремонтів не по пробігу, а по фактичному стану ТЕД.

Автоматизована система прогнозування ресурсу ТЕД представляє сукупність апаратних і обчислювально-програмних засобів:

- підсистему збору і первинної обробки необхідних даних по кожному приписаному до депо ТЕД, а також ведення даної бази даних з використанням обчислювальних засобів;
- математичні моделі, які описують закономірності зміни ознак, модель прогнозування, по якій виконується ймовірнісний розрахунок ресурсу ТЕД і здійснюється коректування ресурсу в залежності від умов експлуатації;
- мікропроцесорну систему автоматичного діагностування стану ТЕД (бортову і стаціонарну) на локомотиві з інтерфейсом передачі даних в підсистему збору і первинної обробки даних.

Основна мета створення автоматизованої системи прогнозування ресурсу тягового електродвигуна – організація ремонту електричних машин, підвищення надійності ізоляційних матеріалів, підвищення дієвості контролю якості ізоляції, вдосконалення вузлів та деталей тягового електродвигуна, діагностичні засоби для перевірки роботи електричних машин.

## ПІДВИЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ НАДІЙНОСТІ ІЗОЛЮЮЧИХ СТИКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ

Лагута В. В., Дайліденко І. С., Некур А. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Laguta Vasiliy, Daylidenko Igor, Nekur Andriy. Increasing the functional reliability of the insulation joints of electric rail circuits.*

**Summary.** *The problem of increasing the functional reliability of the operation of rail circuits, prone to the effect of magnetization of insulating rail joints by improving the design of end rail insulation made of composite material, is considered.*

На залізницях України широко застосовуються електричні рейкові кола, що працюють з ізолюючими стиками, які забезпечують електричний поділ суміжних рейкових кіл. Ізолюючі стики є одним із найпроблемніших елементів, як господарства колії, так і систем автоматики і телемеханіки. Тому підвищення функціональної надійності ізолюючих стиків і ефективності їх експлуатації направлено на вирішення задач щодо оптимізації експлуатаційних витрат всього комплексу пристроїв інфраструктури. Аналіз статистики відмов рейкових кіл в межах Одеської та Придніпровської залізниць за останні роки показує, що їх частка від загальної кількості відмов пристроїв залізничної автоматики і телемеханіки, становить близько 30-40 %. При цьому до чверті відмов рейкових кіл відбувається через закорочення ізолюючих стиків намагніченими елементами. Конструкція ізолюючих стиків з композитних матеріалів широко застосовується в господарствах колії і не дозволяє уникати закорочення торцевої ізоляції металевою стружкою, окалиною або будь-яким іншим струмопровідним елементом по всьому контуру торців рейок, що призводить до помилкової зайнятості рейкового кола і затримок поїздів.

Удосконалення конструкції торцевої рейкової ізоляції для ізостика з композитних матеріалів, застосування якого забезпечує підвищення ефективності роботи ізолюючих стиків і надійності роботи рейкових кіл, схильних до впливу намагніченості рейок, сприяє підвищенню безпеки і безперебійності руху поїздів на магістральних залізничних лініях і лініях промислового транспорту.

Найбільш часте виникнення помилкової зайнятості спостерігається на окремих ділянках колії з великою вантажонапруженістю і малим радіусом кривої, де інтенсивність зносу рейок і коліс висока. Крім періодичних збоїв в роботі СЦБ, порушення графіку руху поїздів, це обумовлює і додаткові витрати на поточне утримання, що пов'язано з постійними перегородками і видаленням металевої стружки з стиків з композитними накладками. На сьогоднішній день до сих пір не виявлені причини високої намагніченості в ізолюючих стиках. Також як і не розроблено методи і пристрої, які б стабільно усували намагніченість ізостиків з композитними накладками. При цьому, багаторічні спостереження і дослідження намагніченості ізостиків дозволили виявити безпечний рівень, при якому відсутнє налипання стружки або її кількість не викликає закорочення ізостиків (безпечним рівнем намагніченості ізолюючого стику вважається 10 мТл і менше).

В даний момент методи боротьби з намагніченістю ізостиків можна розділити на три основні групи:

- зниження магнітного поля шунтуванням (пасивний метод);
- розмагнічування або управління величиною магнітного поля (активний метод);
- створення штучного бар'єру від замикання стружкою.

Найпростіший спосіб - створення штучного бар'єру від замикання стружки, що не вимагає високих витрат на реалізацію. Відомо одне серійне рішення - стикова прокладка з фартухом, яка «обволікає» торець рейки. На стадії дослідного зразка - ряд постійних магнітів, встановлених перед ізостиком і вловлюють стружку. І, нарешті, на мережі залізниць використовують такі способи, як фарбування торців рейок в стику. Використання принципу активного методу передбачає розробку шунта розмагнічування ізолюючих стиків з контролем намагніченості ізостиків.

Застосування шунта розмагнічування дозволить знизити рівень намагніченості торців рейок, в порівнянні з ізолюючим стиком, який оснащено композитними накладками і полімерними стиковими прокладками, і, як наслідок, зменшити ймовірність утворення електропровідного «містка» між ізолюваними рейками з налиплих до них металевих частинок без застосування складних технологій і пристроїв.

### **УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ІНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛЮВАННЯ РУХУ ПОЇЗДІВ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИСТРОЇВ ЦИФРОВОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ**

Гончаров К. В., Коваленко А. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Honcharov Kostiantyn, Kovalenko Anastasiia. Improvement the train interlocking system by using the digital radio devices.*

**Summary.** *In this paper the possible variants using the digital radio devices for improvement the train interlocking system have been analyzed. Simulation the radio base station of LTE-R network has been performed. Factors influencing the bandwidth and capacity of the base station are determined. Comparison of the coordinate interlocking system and traditional three-digit interlock has been performed.*

Системи інтервального регулювання застосовуються для забезпечення безпеки руху поїздів і підвищення пропускної здатності залізничних ділянок. У зв'язку із розвитком телекомунікаційних технологій останнім часом з'явився новий клас систем залізничної автоматики, в яких використовується цифровий радіозв'язок і супутникова навігація. До такого класу, наприклад, можна віднести Європейську систему управління залізничними перевезеннями ERTMS, китайську систему CTCS, російські системи ІТАРУС-АТС, СІРДП-Е та інші. Застосування цифрового радіозв'язку дозволяє істотно покращити характеристики систем інтервального регулювання та розширити їх функціональні можливості.

В системах ERTMS та CTCS використовуються декілька експлуатаційних рівнів, які обираються в залежності від особливостей залізничної ділянки. В рамках даної роботи пропонуються два можливих рівня системи інтервального регулювання руху поїздів на базі цифрового радіозв'язку (СІРДП-Р) для використання в Україні. На першому рівні цифровий радіозв'язок доповнює традиційні системи залізничної автоматики: автоблокування, автоматичну локомотивну сигналізацію (АЛС) і електричну централізацію. При цьому система цифрового радіозв'язку виконує наступні функції: організація додаткового каналу передачі команд АЛС; передача інформації про тимчасові швидкісні обмеження; передача на локомотив відповідальних команд («гальмування поїзда», «дозвіл проїзду червоного

вогню»); передача диспетчеру інформації про місцезнаходження поїзда; організація всіх видів технологічного голосового радіозв'язку (поїзного, станційного, ремонтно-оперативного); надання телекомунікаційних послуг пасажиром.

На другому рівні CIPPP-R цифровий радіоканал застосовується в якості головного каналу для передачі команд управління на локомотив. На такому рівні реалізується концепція «рухливих» блок-ділянок, при якій крива гальмування поїзда розраховується з урахуванням місця розташування і швидкості поїзда, що їде попереду. При цьому кожен рухомий склад обладнується системою контролю цілісності поїзда. Така система може бути впроваджена тільки після підтвердження її надійності та функціональної безпеки.

В системі ERTMS та її аналогах використовується спеціалізований стандарт цифрового радіозв'язку для залізничного транспорту GSM-R, в якому реалізована пріоритетність викликів і ще ряд додаткових спеціальних функцій. Проте стандарт GSM-R відноситься до другого покоління мобільного зв'язку і, на нашу думку, є морально застарілим. Головним його недоліком є низька швидкість передачі даних. На теперішній час в ряді країн ведуться роботи по розробці специфікацій стандарту LTE-R, який базується на стандарті мобільного зв'язку четвертого покоління LTE та враховує специфіку залізничного транспорту.

В рамках даної роботи було проведено моделювання базової станції стандарту LTE-R. Для визначення загасання радіосигналу була використана модель Хата. Було встановлено, що радіус дії базової станції залежить від схеми модуляції і кодування, яка обирається адаптивно в залежності від якості радіозв'язку, і особливостей місцевості. Наприклад, для модуляції QPSK і схеми кодування 1/8 для міської місцевості радіус дії базової станції дорівнює 4,75 км, для передмістя – 6,8 км, для сільської місцевості – 12,36 км. При використанні схеми 64QAM 4/5 радіус дії суттєво зменшується: для міста – 2,4 км, для передмістя – 3,43 км, для сільської місцевості – 6,07 км.

Пропускна здатність базової станції LTE-R залежить від ширини частотної смуги, схеми модуляції та кодування, а також завантаженості мережі. Наприклад, для частотного каналу шириною 5 МГц і схеми QPSK 1/2 при сильному завантаженні мережі розрахункова пропускна здатність складає 3,1 Мбіт/с, а для схеми 64QAM 4/5 і слабкому завантаженні – 17 Мбіт/с. Ще більше підвищити швидкість передачі і покращити якість радіоприйому можна за допомогою технології багатоантенних систем MIMO. В результаті проведеного аналізу було встановлено, що для організації всіх видів технологічного радіозв'язку (поїзного, станційного, ремонтно-оперативного, передачі команд управління та ін.) базова станція повинна мати пропускну здатність принаймні 500 кбіт/с. Таким чином, навіть при найгірших умовах радіоприйому мережа LTE-R має істотний резерв пропускну здатності, який може використовуватись для надання телекомунікаційних послуг пасажиром.

В роботі також був проведений порівняльний аналіз координатної системи інтервального регулювання руху поїздів з «рухливими» блок-ділянками та традиційного трьохзначного автоблокування. В результаті розрахунків встановлено, що координатна система дозволяє істотно підвищити пропускну здатність залізничної ділянки. При цьому залежність пропускну здатності від розрахункової швидкості руху є нелінійною і має екстремум. Таким чином, є оптимальна швидкість руху, при якій забезпечується найкраща пропускна здатність. При більшій швидкості поїзд буде наздоганяти рухомий склад, що їде попереду, і йому потрібно буде постійно пригальмовувати. У зв'язку із цим, координатні системи найбільш ефективні на швидкісних і високошвидкісних ділянках, де поїзди мають великі швидкості і прискорення гальмування.

Таким чином, використання пристроїв цифрового радіозв'язку в системах інтервального регулювання дозволяє істотно підвищити пропускну здатність залізничних ділянок, знизити експлуатаційні витрати, організувати всі види технологічного зв'язку і надати телекомунікаційні послуги пасажиром. На сьогоднішній день в Україні цифровий радіока-

нал доцільно використовувати, перш за все, як додатковий канал зв'язку, паралельно з традиційними системами автоматики. В подальшому, після проведення відповідних досліджень та доказу функціональної безпеки, можливий перехід на координатні системи з «рухливими» блок-ділянками.

## РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ІЄРАРХІЧНОГО НЕЧІТКОГО ЛОГІЧНОГО ВИВЕДЕННЯ

Лазарєва Н. М. \*, Лазарєв В. О. \*\*

\*Український державний університет залізничного транспорту, \*\* Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

*Lazarieva Natalia, Lazarev Viktor. Development of a mathematical model of hierarchical fuzzy logical inference.*

**Summary.** *The application of a hierarchical model of fuzzy inference system based on classical rules takes into account the influence of different features by pre-granulation of the input data. Decomposition at the level of input variables reduces the number of processed rules. The hierarchical system is based on a multilevel scheme of fuzzy inference.*

**Вступ.** Проектування складних систем керування завжди стикається з труднощами побудови системи висновків для керування об'єктом, включаючи варіації в різних ситуаціях та умовах. Керування швидкістю скочування відчепів є особливо складним завданням через невизначеність і неповноту параметрів та природну різноманітність середовища. Крім того, потреба у великій базі знань призведе до низької ефективності системи висновків. В цих умовах ієрархічна нечітка система є можливим підходом до зниження розмірності в складних системах, заснованих на правилах з численними входами.

**Виклад матеріалу.** Елементарна нечітка система складається з бази нечітких предикатних правил, кількість яких визначається числом змінних та термів. Декомпозиція на рівні вхідних змінних дозволяє зменшити кількість правил, даючи можливість будувати нечіткі системи з необмеженою кількістю входів.

Застосування ієрархічної моделі системи нечіткого виведення, заснованої на класичних правилах, враховує вплив різних особливостей шляхом попередньої грануляції вхідних даних при її побудові. За такої моделі процес вироблення рішення ділиться на два рівні. Перший рівень зменшує обсяг визначення ситуацій, які підлягають обробці другим рівнем. Це зменшує кількість вхідних змінних для процесу нечіткого логічного виведення.

Визначено чинники впливу на процес скочування відчепів та їх функції належності. Параметри, що характеризують сам відчеп, як об'єкт керування, та властивості оточуючого середовища, моделює залежність  $y=f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9)$ . Згортки приватних чинників з використанням трьох ланок  $X_1=f_1(x_1, x_2, x_3)$ ,  $X_2=f_2(x_4, x_5, x_6)$ ,  $X_3=f_3(x_7, x_8, x_9)$ , формують укрупнені інтегральні чинники. Через інформаційну залежність між елементарними нечіткими системами у вигляді вхідних параметрів, що є вихідними значеннями інших, ієрархічна система будується на основі ярусної схеми нечіткого виведення. Розглянуто вплив застосування різних схем нечіткого виведення на точність та стабільність.

Базою знань є умовні експертні правила, що визначають залежність вихідного сигналу керування від вхідних змінних. Висновком в системі є ступінь гальмування у відповідності до критеріїв інтервального та прицільного гальмування. Знаходження висновку передбачає послідовну обробку всієї множини правил, причому послідовність обробки даної множини не має значення, оскільки кожен елемент бази правил є незалежним. Визначені параметри з попереднього ярусу використовуються для визначення функцій приналежно-

сті наступного ярусу ієрархії. Нечітким логічним висновком є апроксимація залежності  $y=f(X1,X2,X3)$ .

**Висновок.** Підхід може бути ефективним завдяки своїй нечіткій та ієрархічній конструкції міркувань. Він забезпечує повну реалізацію від визначення стану об'єкта до розрахунку кінцевого результату у вигляді сигналу керування без залучення експерта. Ієрархічна нечітка структура представляє єдине можливе нечітке системне рішення для складної системи керування, що містить великий простір впливаючих чинників для досягнення розумної точності керування.

## АДАПТИВНА МОДЕЛЬ КОРОТКОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ В КЕРУВАННІ ФАКТИЧНИМ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

Лазарев О. В.

Український державний університет залізничного транспорту

*Lazariev Oleksij. Adaptive model of the short-term forecasting in managing of the actual technical condition of railway automation.*

**Summary.** *The mechanism of making operational management decisions on maintenance based on the reliability of forecast estimates of technical parameters of equipment and its service life using the possibilities of fuzzy set theory and adaptive short-term forecasting have been formalized.*

**Вступ.** Досвід проведення жорстко регламентованих планово-попереджувальних ремонтів свідчить про відчутні витрати часових, трудових та матеріальних ресурсів, що не відповідає потребам сьогодення. Тому набувають актуальності методи і моделі обслуговування за фактичним технічним станом, що становлять основу сучасної системи технічної підтримки, яка дозволяє підвищити ефективність експлуатації, скоротивши час простоїв обладнання, та поліпшити показники надійності й безпеки перевезень.

Процес експлуатації засобів залізничної автоматики характеризується такими властивостями, як: ієрархічність та взаємозалежність, територіальна розподіленість у просторі, різномірність та багатопараметричність. При цьому саме стратегія обслуговування визначає ефективність використання ресурсу обладнання в процесі експлуатації на основі більш достовірних прогнозів часу проведення профілактичних заходів.

**Виклад матеріалу.** Метою є застосовувані моделей на основі новітніх методів для забезпечення реалізації функцій керування фактичним технічним станом обладнання, що полягає у формуванні обґрунтованих дій у вигляді переліку певних заходів з технічного обслуговування, виконання яких забезпечує усунення виявлених в процесі експлуатації чи прогнозованих дефектів обладнання та виключення можливих аварійних ситуацій.

На базі сучасних методів і засобів вимірювання значень різних технічних параметрів ґрунтується облік певних інформаційних потоків, які можуть носити характер невизначених, пов'язаних з браком інформації та її нечіткістю. Використовуючи можливості теорії нечітких множин та математичного апарату адаптивного короткострокового прогнозування формалізуються механізми прийняття оперативних управлінських рішень по технічному обслуговуванню на основі достовірності прогнозних оцінок значень технічних параметрів, що характеризують роботу обладнання та визначають в цілому його експлуатаційний ресурс. При цьому враховуються певні обмеження, пов'язані з необхідністю обробки різномірної статистичної інформації, а також необхідність знання законів розподілу характеристик обладнання, що ускладнює процес формування адекватних оперативних рішень.

Розробка концептуальної моделі й алгоритмів прийняття оперативних управлінських рішень в умовах невизначеності вихідної інформації забезпечують можливості адаптивного короткострокового прогнозування, що носить локальний характер застосування. Рівень точності обмежується використанням конкретних обґрунтованих механізмів формування оптимальних початкових умов і адаптивних предикатних правил, що дозволяють забезпечити достовірність прогнозних оцінок моделі для керування фактичним технічним станом пристроїв залізничної автоматики.

**Висновок.** За допомогою нейро-нечіткого підходу показники точності прогнозування стану обладнання та реалізація технічного обслуговування з урахуванням фактичного технічного стану можуть забезпечити кращі показники надійності за рахунок того, що адаптивна модель виключає помилки, властиві людині. Застосована методика може бути використана у реальних умовах функціонування обладнання.

## **ВСТАНОВЛЕННЯ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГООБМІННИМИ ПРОЦЕСАМИ НА РУХОМОМУ СКЛАДІ МЕТРОПОЛІТЕНУ З ЄМНІСНИМИ НАКОПИЧУВАЧАМИ ЕНЕРГІЇ**

Сулим А. О.

ДП «Український науково-дослідний інститут вагонобудування» (ДП «УкрНДІВ»)

*Sulym Andrii. Establishment of requirements for the system of control of energy exchange processes on the rolling stock of the subway with capacity storage of energy.*

**Summary.** *The paper establishes the requirements for the control system of energy exchange processes on the rolling stock of the subway with onboard capacitive energy storage devices. The basic concept of operation of this control system is described, which consists in effective energy management between traction equipment, onboard capacitive energy storage, catenary, regardless of the mode of operation of the subway energy supply system and energy processes in the catenary.*

На даний час заощадження електроенергії в умовах постійного зростання тарифів на неї відіграє важливе значення. Особливо це стосується підприємств міського електричного транспорту, які є енергоємними споживачами енергії. До ефективних способів заощаджень електроенергії можна віднести використання на електрорухомому складі систем рекуперативного гальмування. Теоретичні та експериментальні дослідження в цьому напрямку дозволили створити вітчизняний рухомий склад метрополітену з рекуперативно-реостатним гальмуванням. Проте з введенням в експлуатацію зазначеного рухомого складу виникає проблема ефективного використання цієї енергії.

Відомо, що процес рекуперативного гальмування має стохастичний характер, так як ефективне використання цієї електроенергії залежить від значної кількості випадкових факторів. В умовах руху з частими пусками та зупинками рухомого складу метрополітену в якості перспективного технічного рішення рекомендується застосування бортових ємнісних накопичувачів енергії. При цьому одним із маловивчених і актуальних питань за умов впровадження бортових ємнісних накопичувачів енергії на рухомому складі є розробка системи керування енергообмінними процесами. В цій роботі запропоновано розглянути початковий етап створення системи керування енергообмінними процесами, а саме її основну концепцію функціонування та формування вимог до цієї системи.

Мета – формування вимог до системи керування енергообмінними процесами на рухомому складі метрополітену з ємнісними накопичувачами енергії.

Аналіз існуючих стратегій керування енергообмінними процесами на електрорухомому складі з бортовими ємнісними накопичувачами енергії та їх порівняльний аналіз до-

зволили сформулювати основну концепцію роботи системи керування. Основна концепція роботи цієї системи керування полягає у здійсненні ефективного енергообміну між тяговим обладнанням, бортовим ємнісним накопичувачем енергії, контактною мережею, як в штатних, так і аварійних режимах роботи системи тягового енергозабезпечення, та врахуванні протікання енергообмінних процесів в контактній мережі. Враховуючи зазначене, система керування енергообмінними процесами на рухомому складі має виконувати наступні основні вимоги:

- забезпечення заряду бортового ємнісного накопичувача енергії до заданої величини енергоємності в режимі рекуперативного гальмування рухомого складу та його розряд до мінімальної та «мертвої» величини енергоємності під час руху в режимі тяги відповідно за штатних та аварійних умов роботи системи енергозабезпечення метрополітену;

- під час штатної роботи системи тягового енергозабезпечення метрополітену та ведення рухомого складу в режимі тяги пріоритетним має бути направлення накопиченої енергії від бортового ємнісного накопичувача енергії на живлення тягового обладнання складу, а вже за умов його розряду до мінімальної заданої величини енергоємності тягове обладнання має отримувати живлення від контактної мережі (реалізація режиму максимального використання накопиченої енергії рекуперативного гальмування);

- під час штатної роботи системи тягового енергозабезпечення метрополітену та ведення рухомого складу в режимі вибігу споживачі власних потреб мають отримувати живлення від контактної мережі;

- під час штатної роботи системи тягового енергозабезпечення метрополітену та ведення рухомого складу в режимі рекуперативного гальмування пріоритетним має бути направлення енергії на заряд бортового ємнісного накопичувача енергії, а вже за умов його повного заряду до заданої величини енергоємності віддавати енергію до контактної мережі для живлення інших споживачів (реалізація режиму максимального накопичення енергії рекуперативного гальмування бортовим ємнісним накопичувачем енергії);

- під час штатної роботи системи тягового енергозабезпечення метрополітену та ведення рухомого складу в режимі рекуперативного гальмування за умов повного заряду до заданої величини енергоємності бортового ємнісного накопичувача енергії та відсутності споживачів енергії в контактній мережі має бути реалізовано розсіювання цієї енергії на гальмівному резисторі;

- в момент виникнення аварійної ситуації в системі тягового енергозабезпечення метрополітену (зняття живлення в контактній мережі) має бути передбачено в автоматичному режимі відключення рухомого складу від контактної мережі, що унеможливить живлення інших споживачів від бортового ємнісного накопичувача енергії;

- під час аварійної роботи системи тягового енергозабезпечення метрополітену та ведення рухомого складу в режимі тяги має бути направлення накопиченої енергії від бортового ємнісного накопичувача енергії тільки на живлення тягового обладнання складу;

- отримання, аналізування та оброблення в режимі реального часу таких сигналів як: напруга контактної мережі, струм та напруга в колі ємнісного накопичувача енергії, струм та напруга в колі тягового двигуна, швидкість руху, сила тяги і гальмування; завантаженість рухомого складу;

- аналізування в режимі реального часу протікання енергообмінних процесів між бортовим ємнісним накопичувачем енергії, тяговим приводом та контактною мережею та обмеження струмів у відповідних електричних колах під час протікання цих процесів залежно від заданих сил тяги і гальмування;

- врахування технічних характеристик тягового приводу, перетворювачів та бортових ємнісних накопичувачів енергії (характер зміни напруги та струму залежно від енергоємності) під час протікання енергообмінних процесів;



— здійснення ефективного керування силовими ключами перетворювачів та комутаторами незалежно від режимів руху складу та роботи системи тягового енергозабезпечення метрополітену.

Висновки. Встановлено вимоги до системи керування енергообмінними процесами на рухомому складі метрополітену з бортовими ємнісними накопичувачами енергії, згідно яких ця система має бути адаптивною та мати здатність в автоматичному режимі відслідковувати ступінь заряду і розряду бортового ємнісного накопичувача енергії, а також здійснювати ефективне керування енергією незалежно від режиму роботи системи енергозабезпечення метрополітену та енергетичних процесів в контактній мережі.

## ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ АПАРАТУРИ КОДОВОГО АВТОБЛОКУВАННЯ

Профатилов В. І.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Profatylov Volodymyr. Improvement the fail-safety of operation the equipment for code-pulse blocking.*

**Summary.** *Author is offered new contactless digital devices based on PIC - microcontrollers «Microchip» for code-pulse blocking, which requires no maintenance and has durability at least 25 years.*

Апаратура кодового автоблокування досить широко використовується в Україні для побудови систем залізничної автоматики, що забезпечують безпеку руху поїздів на перегоні. Ділянки на перегоні, які оснащені тональними рейковими колами, також мають елементи апаратури кодового автоблокування, які використовуються для кодування автоматичної локомотивної сигналізації. Одними з основних елементів кодового автоблокування змінного струму є контактний кодовий трансмітер типу КПТШ та дешифраторна чарунка типу ДА, які мають невисоку експлуатаційну надійність, так як працюють в імпульсному режимі й тому їх ресурс роботи швидко вичерпується. Наприклад, контакти кодових трансмітерів доводиться знімати для чищення або міняти один раз у рік, крім того, у системах залізничної автоматики застосовуються маятникові трансмітери, які мають ті ж недоліки. Ще одним недоліком є необхідність експлуатації трансмітерів різної конструкції: шести типів кодових трансмітерів типу КПТШ і двох типів маятникових трансмітерів типу МТ. Дешифраторна чарунка типу ДА представляє собою рележно-конденсаторний дешифратор, який також необхідно раз в рік перевіряти та ремонтувати. До того ж в дешифраторі типу ДА використовується багато конденсаторів великої ємності, які вимагають постійного контролю (перевірка напруги раз в три місяці згідно інструкції ЦШЕОТ 0012), так як з часом втрачають свою ємність. Все це призводить до значних експлуатаційних витрат при обслуговуванні апаратури кодового автоблокування, до того ж в конструкцію контактних трансмітерів та дешифраторів типу ДА входять такі компоненти як, асинхронний двигун змінного струму, електромагнітні реле з контактами зі сріблом або з металокерамічного сплаву, електrolітичні конденсатори, вартість яких постійно підвищується.

Автором розроблений комплект апаратури кодового автоблокування на базі сучасних мікроконтролерів компанії Microchip, що включає в себе безконтактний кодовий трансмітер (БКТ-Д) та цифровий дешифратор кодового автоблокування (ЦДКА), які призначені для використання в системах числового кодового автоблокування. БКТ-Д також може використовуватися в системах електричної централізації та автоматичної локомотивної сигналізації в якості генератора числових кодів замість існуючих типів трансмітерів КПТШ-

515, КПТШ-715, КПТШ-815, КПТШ-915, а також замість маятникових трансмітерів типу МТ-1 і МТ-2 у якості генератора імпульсів. БКТ-Д і ЦДКА можуть встановлюватися на перегонах у релейних шафах без обігрівачів і на станціях у релейних приміщеннях електричної централізації. Вони не вимагають обслуговування і мають термін служби не менш 25 років.

Безконтактний кодовий трансмітер реалізований на базі мікроконтролера PIC16F628A, який забезпечує формування часових діаграм необхідних кодів «КЖ», «Ж» і «З». Усі часові діаграми роботи безконтактного кодового трансмітера реалізуються програмно, що дозволяє використовувати тільки одну конструкцію пристрою, а необхідний тип коду, який формує безконтактний трансмітер вибирається простою зміною стану перемикачів. БКТ-Д виконаний по двоканальній структурі, що підвищує надійність роботи пристрою. Мікроконтролер першого каналу працює в режимі ведучого й формує прямий код, а мікроконтролер другого каналу працює в режимі відомого й формує інверсний код. Для синхронної роботи каналів БКТ-Д, мікроконтролери можуть синхронізуватися від загального генератора тактових імпульсів, а також здійснюють періодичну синхронізацію між собою. У пристрою передбачений захист від небезпечних відмов і зависань, що підвищує безпеку його функціонування. У випадку збою або несправності одного з каналів, мікроконтролери переходять у захищений режим роботи й припиняють формувати кодові послідовності. Комутація навантаження здійснюється за допомогою шести оптоелектронних реле типу PVG612, які також реалізують гальванічну розв'язку між мікроконтролерами й навантаженням. Вихідні ключі твердотільних реле утворюють попарно три канали «КЖ», «Ж» і «З» у кожному з яких формується своя кодова послідовність. У якості навантаження БКТ-Д можуть використовуватися не тільки трансмітерні реле типу ТШ-65, але й будь-які інші елементи залізничної автоматики, що працюють при напрузі не більш 60 В і струмі не більш 1 А. Завдяки тому, що твердотільні реле PVG612 можуть комутувати кола змінного струму, підключення навантажень до БКТ-Д може здійснюватися без дотримання полярності, що підвищує експлуатаційну надійність пристрою.

Згідно з міжнародним стандартом ІЕС 61508, в якому сформульовані вимоги до побудови безпечних цифрових систем, пристрої залізничної автоматики повинні відповідати рівню безпеки SIL 4 (допустима кількість небезпечних відмов одна на 100 млн. годин роботи). Безпечність цифрових систем базується на двох основних принципах: дублювання та диверсифікація. Безпечна та надійна робота дешифратор ЦДКА забезпечується використанням трьохканальної структури та можливістю автоматичного переходу ЦДКА у захисний стан у випадку відмови будь-якого елементу дешифратора кодів, що відповідає приладам першого класу надійності. Для постійного контролю роботи мікроконтролерів PIC18 використовується охоронний таймер WDT, який у випадку зависання або збою в роботі, автоматично виконує операцію скидання та перезавантажує роботу програмного забезпечення. Для програмної диверсифікації роботи цифрового дешифратора кодів, у кожному каналі використовується окреме програмне забезпечення, яке функціонує по різним алгоритмам. Для підвищення надійності програмного забезпечення використовуються перевірка часу виконання функцій, контроль цілісності програми в пам'яті мікроконтролера, періодична синхронізація роботи каналів та порівняння результатів критично важливих функцій, що будуть отримані в різних каналах цифрового дешифратора кодів.

Впровадження комплексу цифрових пристроїв кодового автоблокування БКТ-Д та ЦДКА замість існуючих контактних кодових трансмітерів та релейно-конденсаторних дешифраторів дає наступні переваги:

- підвищення надійності роботи пристроїв кодового автоблокування;
- значне зниження експлуатаційних витрат на обслуговування апаратури кодового автоблокування;

- суттєве зниження потужності споживання;
- зменшення ваго-габаритних показників апаратури;
- зменшення похибки формування часових характеристик кодів «КЖ», «Ж» і «З»;
- зменшення вартості пристроїв кодового автоблокування;
- універсальність безконтактного кодового трансмітера (використання лише одного типу БКТ-Д замість восьми різних конструкцій контактних трансмітерів);
- легкість включення цифрових пристроїв у систему диспетчерського контролю для перевірки працездатності;
- розширений температурний діапазон роботи апаратури (від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ );
- стабільність роботи апаратури у широкому діапазоні напруги живлення (від 110 до 260 В) за рахунок використання імпульсного блоку живлення.

## ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ СИСТЕМИ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ І ПРИСТРОЇВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ І ЗВ'ЯЗКУ

Сердюк Т. М.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Serdiuk T. M. Electromagnetic compatibility of traction power supply system with the devices of railway automatics and telecommunication.*

**Summary.** *The program "Drive Ukraine 2030" have been planned to develop of Ukrainian Railways and integration of our infrastructure system to European Transport. The integration of Ukrainian transport to the European transport system requires the application of new technology. This is allowed to take part in the project "New Silk Link". The purposes of the work are to evaluate energy efficiency of AC traction system and current technical conditions of development of railway transport, traction supply system, and their electromagnetic compatibility with non-traction consumers. It should be noted that electromagnetic compatibility standards require adjustment and further development. In order to provide EMC of equipment, it is necessary to have a set of mutually agreed standards that will be applied both in the design and operation of electric networks and enterprises. In many companies' power supply systems, power quality standards are not met, resulting in significant economic losses and social costs.*

Для збільшення обсягу роботи електричних станцій, районних і тягових підстанцій (РП і ТП), забезпечення пропуску поїздів з великою вагою застосовується електрична тяга. Як відомо, використання тягових мереж змінного струму на сьогоднішній день є пріоритетним. Але поряд з багатьма позитивними якостями ця система електропостачання має ряд істотних недоліків, а саме значний електромагнітний вплив на суміжні споруди, зокрема, лінії залізничної автоматики і зв'язку. Рейкові лінії використовуються для пропуску сигнального струму рейкових кіл (РК) і автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС) і зворотного тягового струму. Завади в тяговому струмі можуть бути сприйняті колійним приймачем як корисні сигнали при прийомі, тобто можуть виникнути помилкові спрацювання пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) чи спостерігатися блиск на локомотивних світлофорах АЛС. Це в свою чергу може привести до небезпечних відмов, таких як помилкова вільність (зайнятість) РК.

Актуальність роботи. Зі збільшенням перевезень збільшується і тяговий струм, а відповідно і електромагнітний вплив на інші кола. Отже, зі збільшенням використання електричної тяги, потрібно вирішити задачу захисту суміжних електричних ліній від небажаного впливу з боку тягової мережі, яке може бути заважаючим або небезпечним. Сьогодні

вимоги до електромагнітної сумісності системи тягового електропостачання з рейковими колами значно зросли у зв'язку з широким впровадженням на залізничному транспорті нових науково-технічних рішень, пов'язаних з використанням мікропроцесорної техніки та нового типу рухомого складу. Застосування схем управління, пристроїв регулювання тяги і гальмування, інформаційних шин, що охоплюють всі системи рухомого складу, диспетчерської і електричної централізації, побудованих на мікропроцесорній базі, ставить особливо високі вимоги до стійкості цих компонентів по відношенню до зовнішніх електромагнітних полів. Рівень перешкод, що виникають в результаті роботи сучасної перетворювальної техніки, яка використовується для управління роботою локомотивів, значно зріс, тому при комутації виникають коливання потужностей з високою тактовою частотою і значні імпульсні струми. На залізничному транспорті виникають додаткові труднощі при забезпеченні електромагнітної сумісності системи тягового електропостачання з пристроями СЦБ через високу щільність компонування обладнання на рухомому складі, де силове обладнання і системи управління рухом поїздів розташовуються поруч. Трасування ліній зв'язку та СЦБ ведуться паралельно контактній мережі. Тому рішення проблеми електромагнітної сумісності пристроїв СЦБ з системою тягового електропостачання і аналіз параметрів якості електричної енергії тягових підстанцій, від яких живляться не тільки тягові, а й нетягові (промислові, житлово-комунальні споживачі, які розташовуються поблизу тягових підстанцій), є актуальним завданням.

Мета – оцінити енергоефективність і сучасний технічний стан залізниць України змінного струму, їх електромагнітну сумісність з нетяговими споживачами, зокрема рейковими колами і системою АЛС, встановленої на рухомому складі.

Предмет дослідження – облік електричної енергії і параметрів якості електричної енергії на тяговій підстанції змінного струму.

Напрямок науково-технічних досліджень відповідає стратегії розвитку інфраструктури України: програма «Drive Ukraine 2030», згідно з якою планується провести інтеграцію транспорту України до європейської та світової транспортної систем шляхом впровадження новітніх технологій, розвитку інфраструктури та участі в проєкті «Новий шовковий шлях». Це передбачає оновлення локомотивного і вагонного парку, збільшення швидкості руху, впровадження на сполученні Київ – Одеса, Київ – Львів, Київ – Харків, Київ – Дніпро колії європейського стандарту, співпраця з компаніями General Electric, Bombardier, Greenbrier і ставить певні вимоги до якості електричної енергії.

На сьогоднішній день в світі електрифіковано тягою постійного струму майже 30 % від усіх залізниць, а змінного струму – 40 %. В Україні електрифіковано 47 % від всіх залізниць, процентне співвідношення тяги постійного і змінного струму приблизно однакове.

В середньому якісний склад відмов в пристроях залізничної автоматики України з вини служби електропостачання залізниць можна охарактеризувати так: 86 % відмов у пристроях СЦБ виникають через відключення електроенергії, 7 % – через підвищення (зниження) напруги, 7 % – за іншими причин.

В результаті наукових досліджень були оцінені параметри якості електричної енергії, яка надходить на шини типової тягової підстанції змінного струму і передається нетяговим споживачам. Коефіцієнт несиметрії на шинах 110 кВ не перевищував 7,27 %, на шинах 10 кВ досягав 15 %, а на шинах 27,5 кВ - 6,18 % на добу, але в цілому був нижче, ніж на шинах 110 і 10 кВ.

Оцінена електромагнітна сумісність споживачів ТП. Електромагнітна ситуація в даному випадку є задовільною. Нетягові споживачі складають лише 5 % від всього навантаження. Таким чином їх вплив на систему тягового електропостачання є незначним. Головною причиною несинусоїдальності напруги на шинах 10 кВ тягової підстанції є система тягового електропостачання.

До питання про електромагнітну сумісність (ЕМС) тягових і нетягових споживачів підстанції. Було зафіксовано, що в тяговому струмі присутні низькочастотні гармоніки. Серед всіх амплітуда третьої гармонійної складової є найбільшою (крім основної 50 Гц). Амплітуда третьої гармоніки склала 500... 800 В на шинах 110 кВ тягової підстанції. При цьому коефіцієнт  $n$ -ної гармоніки, не перевищував норму.

На тягових підстанціях з усього переліку параметрів якості електричної енергії контролюється тільки відхилення і коливання напруги на шинах підстанції, флікер, перерви в електропостачанні їх тривалість, перенапруження. Критичні значення струму і напруги в системі тягового енергопостачання контролюються в режимі реального часу за допомогою засобів релейного захисту, наприклад «Регіна». Інші параметри в процесі експлуатації не визначаються зовсім. Вимірювання напруги гармонік і інтергамонік, визначення коефіцієнта несинусоїдальності можливо лише при виявленні порушень нормального функціонування тягових і нетягових споживачів або при впровадженні нових систем і устаткування.

### **THE PROBLEM OF THE ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE INFLUENCE FROM ROLLING STOCK WITH INDUCTION TRACTION MOTOR ON TRACK CIRCUIT DEVICES**

Shcheka V. I., Zubko A.V., Zhuravlov A.U.

Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan

**Summary.** *In this scientific work statistical material for processing was collected from the results of measurements on rolling stocks with induction traction motors of three different vendors, which are currently used on the Ukrainian railroads to investigate and determine the time dependences and harmonic composition of traction current. Investigation's results will be useful in the design of fundamentally new systems to monitor the presence and movement of the train, as well as for train control systems based on elements using frequency bands with the lowest probability of electromagnetic interference from rolling stocks.*

The implementation of high-speed traffic is the main direction of railway transport development in Ukraine. For this purpose, new rolling stocks with induction traction motor have been introduced in passenger and freight traffic. The main problem of using these rolling stocks is the electromagnetic compatibility with the equipment of track circuits. There are facts of electromagnetic interference when using rolling stocks with induction traction motor. These interferences created by power conversions of implemented rolling stocks, get into bands of track circuits equipment signal currents. It is required to develop methods and techniques to ensure electromagnetic compatibility of track circuits equipment with the produced reverse traction current coming from rolling stocks, because railroad traffic safety largely depends on the functional safety of track circuit equipment.

To improve the functional safety of track circuit equipment, there is a question of finding railroad sections on which there are problems in the range of track circuit signal current frequencies. It is also necessary to identify the ranges of signal current frequencies most affected by electromagnetic interference produced by new rolling stocks. When determining the frequency ranges, it is necessary to keep in mind the duration of the interference.

According to the current intergovernmental standard for systems and equipment of railroad transport on technical means compatibility (ГОСТ 33436.3-1-2015(IEC 62236-3-1:2008)) the duration of harmonic component disturbance acting in the band shall be not less than 0,3 sec. For tone track circuits of the 4th generation (TRC-4) the permissible value of electric locomotive harmonic components or electric train current is not more than 0,2 A, for TRC-3 - not more than 0,35 A, regardless of the traction current type.

The necessary statistical material was collected from the results of measurements on rolling stocks with induction traction motors of three different vendors, which are currently used on the Ukrainian railroads to investigate and determine the time dependences and harmonic composition of traction current. During the measurements, the data were recorded using a mobile PC, an ADC and a non-contact current sensor in accordance the standard given above. The software developed in the National Instruments LabVIEW package was used for the initial analysis of the obtained data. In-depth analysis was performed using MathWorks MATLAB. FFT (Fast Fourier transform) algorithms were implemented in MATLAB package and the most informative fragments of recorded currents were analyzed by them. Additionally, using the signals obtained after passing through digital bandpass filters in the signal ranges of track circuits equipment, the frequency ranges most affected by harmonics of reverse traction current, produced by induction traction motor introduced by rolling stocks, were determined.

The statistics obtained as a result of the research can be applied in the development of methods and means of protection of track circuit equipment, as well as to ensure their electromagnetic compatibility with rolling stock with an induction traction motor. These investigations will be useful in the design of fundamentally new systems to monitor the presence and movement of the train, as well as for train control systems based on elements using frequency bands with the lowest probability of electromagnetic interference from rolling stocks.

## SOFTWARE FOR MODELING THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF A RAILWAY STATION

Mailybayev Y. K. \*, Isaikin D. V. \*, Blozva A. I. \*\*

\*Kazakh University Ways of Communications, \*\*National University of Life and  
Environmental Sciences of Ukraine

**Summary.** *In paper the software systems for modeling the technological process of a railway station has been considered. The advantages and disadvantages of the most well-known systems have been analyzed.*

Many software tools have been proposed for modeling the technological process of a railway station based on a simulation model, but they solve the problems of modeling technological processes one-sidedly and do not provide unambiguous answers to questions of logistics or modeling of technological processes of a railway station.

The capabilities of typical CAD systems turned out to be quite complete for the calculation and graphical modeling of railway station schemes. However, almost no CAD system provides full-fledged interactive control functions on the part of designers over the progress of the railway development process. The weak point of many CAD systems is only the actual visual monitoring of the development of object structures.

According to the estimates of domestic and foreign scientists, it can be concluded that a significant increase in the efficiency of the use of modern computer technologies is possible only by studying the general properties of mathematical modeling, methods for building intelligent systems, algorithms used in control tasks, features of modern and promising intelligent technologies for Railway transport, as well as architectural features of automation systems for technical and operational evaluation of the Railway station.

The advantages and disadvantages of the most well-known software systems for modeling railway stations are summarized in Table 1.

Table 1

Advantages and disadvantages of software systems for modeling railway stations			
System	Approach to the modeling	Advantages	Disadvantages
Arena	Discrete-Event (DE)	You can create your own templates and modules. A machine for simulation experiments.	Only 1 approach to the model.
AGNES	Agent (A). Discrete event.	Cross-platform. (CrossPL). The possibility of imitational and tool modeling.	The cost of the license.
GPSS	DE	Object-oriented modeling paradigm. The possibility of imitational and tool modeling.	Only 1 approach to the model. Complex interface.
AnyLogic	DE +A	Two approaches. The possibilities of visualization, optimization, own libraries.	Only 1 approach to the model. The cost of the license.
Simplex3	DE	Chart visualization capabilities. Cross-Pl.	One approach. Subscribe to updates. Cut functional.
Simio	DE+A	Visualization of models, different forms of presentation of results.	A relatively small list of solved tasks.
SesAm	A	Import vector and raster files, work with text files.	Only 1 approach to the model. Lack of support.
SimPy	DE	The ability to run models in real time. Cross Pl.	Only 1 approach to the model. No visualization. Complex interface.
Aivika	DE+A	Cross Pl. Parallel calculations.	Requires sufficiently long training, taking into account the peculiarities of the application of this system.

**Conclusions.** An analysis of scientific works devoted to the problem of modeling the work of the railway station showed that today they are mainly considered to develop efficient functional models mainly using computers. At the same time, the identification of these models, their parametrization, determining the conditions for carrying out imitation experiments is devoted. In this regard, these issues require additional research.

## ВИПРОБУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ НА ЕЛЕКТРОМАГНІТНУ СУМІСНІСТЬ З КАБЕЛЬНИМИ ЛІНІЯМИ ЗВ'ЯЗКУ

Павленко Р. А., Гаврилюк В. І.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Pavlenko Roman, Havryliuk Volodymyr. Testing of rolling stock for electromagnetic compatibility with cable communication lines.*

**Summary.** An analytical review of rolling stock (MS) testing methods and electromagnetic compatibility with AC and DC cable lines is presented. The main method of determining the compliance of the PC with the norms is based on the measurement of the normalized calculated

*voltage level induced by the traction power supply circuit of the electric locomotive in the circuit of the control section of the communication cable.*

Метою роботи є проведення аналітичного огляду методів випробувань рухомого складу (РС) на електромагнітну сумісність з кабельними лініями зв'язку на змінному і постійному струмі. Основний метод визначення відповідності РС нормам заснований на вимірюванні нормованого розрахункового рівня напруги, що індукується контуром тягового електропостачання електровоза в ланцюзі контрольної ділянки кабелю зв'язку.

В якості розрахункового приймається контрольна ділянка кабелю типу МКПАБ 7х4х1,05 + 5х2х0,7 + 1х0,7 при довжині зближення лінії зв'язку з тяговою мережею 25 км і шириною зближення між проводом зв'язку і лінією, що впливає, 25 м. На розрахунковій ділянці приймається консольне електропостачання двоколіїної ділянки на плечі 25 км. Питома провідність землі приймається рівною 0,025 См/м. У випробуваннях вимірюються гармонічні складові струму РС при консольному електропостачанні в квазісталому режимі його роботи (в номінальних тривалих режимах тяги, реостатного і рекуперативного гальмування, а також на стоянці і на вибігу). При проведенні випробувань інших споживачів електроенергії на фідерах тягової підстанції бути не повинно. Гармонічні складові струму РС визначаються в динамічному спектральному аналізі його струму, результатом якого є дискретний спектр лінійно усереднених (за час 300 мс) значущих гармонік струму в смузі частот 50... 3450 Гц. При електротязі змінного струму на тяговій підстанції включається типовий понижуючий трансформатор. Спектр струму РС вимірюється при його роботі на консолі 20 - 25 км, або на меншій консолі, але з імітацією її регламентованої протяжності включенням в контур тягового електропостачання РС відповідного зосередженого реактора. Вимірювання проводяться або в ланцюзі понижувального трансформатора тягової підстанції або безпосередньо на електровозі в ланцюзі його струмоприймачів (при вимірах струму безпосередньо на електровозі їх результати приводяться до струму фідера тягової підстанції). При електротязі постійного струму на тяговій підстанції включається типова схема випрямлення з відповідним типовим фільтром. При реалізації РС на постійному струмі рекуперативного гальмування на підстанції додатково включаються типові паралельний інвертор і інверторний реактор. Спектр струму РС вимірюється при його роботі на консолі протяжністю до 20 - 25 км. При роботі РС на консолі менше 20 км проводиться подальше приведення результатів вимірювань до регламентованої довжини консолі. Вимірювання проводяться або в фідері тягової підстанції, або в ізолюваному ланцюзі її відсмоктування або безпосередньо на електровозі в ланцюзі його струмоприймачів (при вимірах струму безпосередньо на електровозі їх результати приводяться до струму фідера тягової підстанції). З певних складових струму електровоза розраховується психометричне значення напруги, яке має не перевищувати рівень 1,2 мВ.

## **ВИБІР ПАРАМЕТРІВ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЛЯ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ТЯГОВОГО СТРУМУ**

Радзіховський К. С., Гаврилюк В. І.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Radzikhovskiy Kostiantyn, Havryliuk Volodymyr. The choice of analog-digital converter parameters for spectral analysis of traction current.*

**Summary.** *The analysis and substantiation of the choice of parameters and characteristics of the ADC to ensure the required accuracy and resolution of the amplitude, frequency and duration of harmonics in accordance with the requirements of regulatory documents is carried out. The criterion for selecting the ADC bit rate to ensure the required dynamic range is determined.*



Нові типи рухомого складу до вводу їх в постійну експлуатацію мають бути випробувані на електромагнітну сумісність із системами сигналізації та зв'язку. При цьому до точності вимірювання рівня, частоти і тривалості електричних завад пред'являються суворі вимоги.

Метою роботи є проведення аналізу та обґрунтування вибору параметрів і характеристик АЦП для забезпечення необхідної точності і роздільної здатності амплітуди, частоти і тривалості гармонік відповідно до вимог нормативних документів.

Основні інструментальні похибки АЦП обумовлені не ідеальністю статичних і динамічних параметрів перетворювача. Статичні параметри обумовлюють чотири типи похибок, що виникають внаслідок зсуву нуля, зміни коефіцієнта підсилення, інтегральної та диференціальної нелінійності. В специфікаціях на АЦП значення диференціальної нелінійності надається у долях від молодшого значущого розряду або процентах від повної шкали. Похибки квантування є наслідком обмеженої розрядності АЦП. Цей недолік не може бути усунений для жодного типу аналого-цифрового перетворювання. Абсолютне значення помилки квантування кожного відліку знаходиться в межах від нуля до половини МЗР. Як правило, амплітуда вхідного сигналу значно більша, ніж МЗР. В цьому випадку помилка квантування не корельована з сигналом і має рівномірний розподіл. Апертурна похибка обумовлена нерівномірністю (флуктуацією) вибірки відліків внаслідок тремтіння фронту синхросигналу (clock jitter). Апертурна похибка відносно невелика на низьких частотах, але на великих частотах вона може суттєво вплинути на результат. Апертурною похибкою можна знехтувати, якщо її значення менше в порівнянні з похибкою квантування.

При виборі АЦП керуються його параметрами, головними з яких для практичного застосування, є частота дискретизації, розрядність, роздільна здатність, діапазон вхідної напруги, похибки квантування, нелінійність, апертурна похибка (джитер) та інші. Необхідна частота дискретизації АЦП визначається його конкретним застосуванням, а саме частотою Найквіста сигналу, що досліджується, і не може бути, відповідно до теореми Котельнікова, меншою ніж двократна частота сигналу. Для тягового струму максимальна частота гармоніки, яку потрібно контролювати відповідно до нормативних документів, дорівнює 5555 Гц. Значеннями частоти дискретизації бажано вибирати з певним запасом на рівні 20...25 кГц. Користуючись даними по розподілу типів АЦП в залежності від розрядності і частоти дискретизації можна зробити висновок, що для забезпечення потрібної частоти дискретизації придатними є два типи АЦП: послідовного наближення і сігма-дельта АЦП. Їх розрядність, в залежності від частоти модуляції, лежить в межах 10-16 біт для послідовного типу АЦП і від 16 до 20 біт для сігма-дельта АЦП. В роботі дослідження проведені для АЦП послідовного наближення з розрядністю 10-16 біт. АЦП послідовного наближення перетворює аналоговий сигнал в цифровий за N кроків, де N - розрядність АЦП. На кожному кроці визначається по одному біту цифрового значення, починаючи від СЗР (старшого значущого розряду) і закінчуючи МЗР (молодшим значущим розрядом). АЦП цього типу володіють одночасно високою швидкістю і хорошою роздільною здатністю. Однак при відсутності пристрою вибірки зберігання похибка може збільшитися.

Динамічний діапазон тягового струму визначається як відношення середньоквадратичного значення (СКЗ) основної (найбільшої) гармоніки до СКЗ найменшої гармоніки. Найбільші значення динамічного діапазону мають місце для змінного тягового струму, тому в роботі розглядається саме змінний тяговий струм, хоча це не обмежує загальні висновки дослідження. Для змінного тягового струму із значенням 200 А динамічний діапазон для гармонік ТРЦ 4 із значенням 0,2 А складає 63,52 дБ.

Але динамічний діапазон вимірювального пристрою має бути більшим для забезпечення нормальної роботи при можливих тимчасових комутаційних збільшеннях тягового струму, а також для врахування додаткових непередбачених факторів. Відповідно задача

забезпечення необхідного динамічного діапазону пристрою вимірювання зводиться до задачі правильного вибору розрядності АЦП з урахуванням впливу дискретного перетворення Фур'є. Роздільна здатність АЦП обумовлена теоретичним числом станів, які АЦП може розрізнити. Роздільна здатність характеризує потенційні можливості АЦП з точки зору досяжної точності. Так, 12-розрядний АЦП має роздільну здатність  $1/4096$ , або  $0,0245\%$  від повної шкали, або  $72,2$  дБ. Динамічний діапазон АЦП дорівнює відношенню найбільшого неспотвореного сигналу в каналі до мінімального сигналу, що можна розрізнити. Цей сигнал для більшості випадків дорівнює рівню, обумовленому шумом АЦП. Шум АЦП може бути різної природи, але найбільш значущим для ідеального перетворювача є шум квантування. При використанні фільтру, що зменшує полосу частот вхідного сигналу відношення сигналу до шуму збільшується. Використання дискретного перетворення Фур'є для спектрального аналізу сигналу також змінює відношення сигналу до шуму. Максимальна напруга на вході АЦП, яка відповідає максимальному тяговому струму, має бути не більшою ніж напруга повної шкали. Дослідження впливу параметрів АЦП на його динамічні властивості було проведено на моделі з використанням синтезованого тестового змінного струму частотою  $50$  Гц. Діюче значення напруги тестового струму вибирали пропорційною діючому значенню тягового струму на рівні  $200$  А. Діючі значення гармонійних завад в складі тестового струму з частотами  $25, 420, 480, 580, 720, 780, 4545, 5000$  і  $5555$  Гц задавали відповідно до максимально-допустимих значень струму гармонійних завад за умовами безпечного функціонування пристроїв залізничної сигналізації та зв'язку. Коефіцієнт запасу АЦП по вхідній напрузі брали на рівні  $0.9$  від напруги повної шкали АЦП. Частоту дискретизації АЦП прийняли на рівні  $20480$  Гц. Швидке перетворення Фур'є цифрового сигналу провадили з використанням прямокутного вікна. Число точок при швидкому перетворенні Фур'є вибирали на рівні  $4096$ . Для зменшення розмивання спектру і з метою підвищення точності визначення амплітуди гармонік параметри ШПФ вибирали таким чином, щоб витримувалося умова когерентності для основної гармоніки спектру. Рівень шумів для АЦП при збільшенні розрядності АЦП відповідно до ряду:  $10, 12, 14, 16$  біт зменшується зі значеннями (в дБ), що відповідають ряду  $-95,07; -107,11; -119,15; -131,19$ . Наведені значення порогу шумів є достатніми для визначення наявності гармонійних завад з мінімальними значеннями, що зазначені нормативною документацією, але для забезпечення необхідної точності визначення значень гармонік рівні шумів для АЦП з розрядністю  $10$  і  $12$  біт є занадто високими.

## ОГЛЯД МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ СТРІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ

Юферов О. А., Гаврилюк В. І.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Yuferov Oleksandr, Havryliuk Volodymyr. Review of methods of technical condition diagnosing of turnout switches.*

**Summary.** *A brief literature review on research to automate the diagnosis of turnout switch is presented. The main attention is paid to the method of diagnosis based on the measurement and analysis of the time dependence of the motor current of turnout switch. The analysis of the transfer curve is performed using the threshold method, and the diagnosis of defects of the electric motor based on the use of fast Fourier transform.*

Для забезпечення надійної роботи систем регулювання рухом поїздів нормативними документами передбачено проведення періодичного технічного обслуговування стрілочних переводів (СП), яке включає контроль основних параметрів апаратури та її регулю-

вання як безпосередньо під час експлуатації, так і в ремонтно-технологічних дільницях дистанції сигналізації і зв'язку. Недоліками існуючої технології обслуговування стрілочних переводів є значні витрати часу і ручної праці, неможливість проведення безперервного контролю та своєчасного виявлення дефектів як стрілочного переводу в цілому, так і електродвигуна СП.

Метою роботи є проведення аналітичного огляду літератури з досліджень по автоматизації діагностування СП. Перспективним методом діагностування СП є метод, заснований на вимірюванні і аналізі часової залежності струму електродвигуна при переведенні стрілки в плюсове і мінусове положення. Перспективність цього методу базується на високій чутливості струму двигуна до дефектів в обмотках і колекторно-щітковому вузлу, а також до зміни навантаження на його валу при переведенні стрілки.

Але ця залежність є достатньо складною, до того ж на неї впливають конструкційні фактори (тип стрілочного переводу, одиночна чи спарена стрілка та ін.), випадкові фактори, а також дефекти СЕП і це було основною для використання цієї залежності для автоматизації діагностування СП. Вирішення цього питання широко описано в роботах Мало-вічко В. В. Для аналізу кривої переводу запропоновано використовувати пороговий метод, заснований на визначенні співвідношення між екстремальними значеннями пульсацій струму перекладу стрілки і його випрямленим значенням. Для діагностування дефектів СП використано три порогових рівня. Несправності двигуна у вигляді обриву обмоток якоря, дефектів пайки виводів обмоток, міжвиткових замикань і замикань колекторних пластин, іскріння визначали за допомогою спектрального аналізу на основі швидкого перетворення Фур'є.

Визначення технічного стану стрілочного переводу запропоновано шляхом проведення порівняльного аналізу його діагностичних ознак з аналогічними параметрами для повністю справного СП (в якого всі параметри відповідають нормі), працездатного СП (основні параметри в нормі), або несправного з певними дефектами. Вимірювання робочого струму СЕП і струму роботи на фрикцію визначає працездатність СП, але для повного діагностування приводу цих параметрів недостатньо. Альтернативою може бути запропонована методика діагностування, але слід відмітити, що для різних типів СЕП границі зон та коефіцієнти поліномів можуть відрізнятися, хоча приводи є справними.

## **ЄДИНА АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ, ЯК ВЗАЄМОДІЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УЧАСНИКІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

Цейтлін С. Ю.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Ceytlin Semen. Automated transportation system, like the interaction of automated systems of participants in transportation.*

**Summary.** *Reforming the railway industry is impossible without reforming and developing the ACU by rail. This applies both to the train traffic management system by the strategic infrastructure operator through the Transportation Management Centers (CPU) and to the individual information resources of all participants in transportation, regardless of ownership.*

Стратегія реформування залізничного транспорту, згідно Проекту Закону України про залізничний транспорт, полягає в наступному:

— відокремлення від АТ «Укрзалізниця» стратегічної інфраструктури в Державне підприємство;

- декларування недискримінаційного доступу до всіх ресурсів стратегічної інфраструктури з боку учасників перевізного процесу всіх форм власності;
- надання повноважень щодо організації руху потягів оператору інфраструктури.

На теперішній час в АТ «Укрзалізниця» управління рухом неможливе без автоматизованої системи управління рухом потягів (зараз це АСК ВП УЗ-Є). І тому має велике значення використання АСУ та рівноправний доступ до інформаційних ресурсів з додержанням умов безпеки та розподілу повноважень.

Настав час надати кожному учаснику перевезень свій інформаційний Кабінет відносно його повноважень участі у перевезеннях (система SMART- перевізник).

Реформування залізничної галузі неможливе без реформування та розвитку АСУ перевезеннями залізничним транспортом. Це стосується як системи управління рухом потягів оператором стратегічної інфраструктури через Центри управління перевезеннями (ЦУП), так і окремими інформаційними ресурсами всіх учасників перевезень незалежно від форм власності.

Аналіз Проект Закону України про залізничний транспорт дозволяє зробити висновок, що в ньому недостатньо уваги приділено всім складовим автоматизованої системи керування перевезеннями залізничним транспортом. Крім того, були зібрані та розглянуті пропозиції щодо розвитку управління рухом потягів як з боку залізничників, так і з боку інших учасників перевезень залізничним транспортом, яким, відповідно до стратегії реформування галузі (згідно Проекту Закону) надаються додаткові повноваження.

Запропоновані правки до Проекту Закону стосуються уточнення ролі автоматизованої системи управління перевезеннями залізничним транспортом, а саме пропонується віднести АСУ до стратегічної інфраструктури. Це дасть змогу однозначно визначити її власника, джерела фінансування автоматизованих систем та ступінь відповідальності за експлуатацію та модернізацію.

Поява нових учасників перевізного процесу, з різними формами власності та ролями у організації перевезень (мова йде про оператора інфраструктури, оператора рухомого складу, перевізника тощо, повноваження яких прописані у Проекті Закону), неодмінно приведе до зміни взаємодії між ними, до зміни бізнес-процесу кожного з зазначених учасників, і як наслідок – зміни технологічних рішень організації усього бізнес-процесу в цілому. З іншого боку поява нових учасників неможлива без власних інформаційних систем. Таким чином, вже сьогодні треба формувати та розглядати концепцію побудови принципово нової системи управління перевізним процесом.

Як один із можливих подальших шляхів розвитку засобів автоматизації треба розглянути пропозиції щодо модернізації та удосконалення автоматизованої системи керування перевезеннями (однією із стратегічних АСУ в Україні) та системи SMART-перевізник (як сукупності інформаційних Кабінетів учасників перевізного процесу) в умовах реформування залізничного транспорту.

Слід зауважити, що є досить багато технологічних операцій які недостатньо автоматизовані. Це і реєстрація в Єдиній електронній картотеці клієнту, реєстрація власника рухомого складу, реєстрація безпосередньо рухомого складу, договірні відносини з власниками під'їзних колій тощо. Усі ці та подібні питання треба вирішувати для ведення відповідних реєстрів, як передбачає Проект Закону України про залізничний транспорт.

Не важко передбачити подальшу інтеграцію автоматизованих систем перевізників усіх напрямків, а також їх інтеграцію з промисловими системами, в єдині логістичні комплекси. Це також висуває свої вимоги до розробки протоколів взаємодії інформаційних систем з використанням API-інтерфейсу на безоплатній основі, як необхідної умови інтегрованості (що також передбачає Проект Закону України про залізничний транспорт).

## DESIGN OF AN AUTOMATED CCTV SYSTEM ARCHITECTURE FOR THE RAILWAY BASED ON A RASPBERRY PI MICROCOMPUTER

Mailybayev Y. K. \*, Isaikin D. V. \*, Kasatkin D. Y. \*\*

\*Kazakh University Ways of Communications, \*\*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

**Summary.** *The theses consider the possibility of deploying a prototype of a full-fledged automated CCTV system based on an inexpensive Raspberry Pi microcomputer and web cameras, which can solve many problems inherent in more expensive analogues.*

The Closed-circuit television systems (hereinafter referred to as CCTV) used in Railway transport perform the functions of collecting, transmitting and processing information. Traditionally, such CCTV systems generate quite large amounts of transmitted data due to the video image format. Consequently, there are increasing demands on the capacity of lines of communication. Modern CCTV also typically have their own image processing software, such as software modules for face recognition or human contours, or motion recognition. The Closed-circuit television system at the railway facilities is a combination of IP-peripheral and basic video and computer equipment, cable networks, network and communication equipment, guaranteed and uninterrupted power supply equipment and special software that allows you to automate the process of conducting video surveillance around the clock on individual sections of the territory (perimeter) to maximize visual and automated control of compliance with the rules of technogenic and environmental safety in the monitoring area.

The system should:

To exercise maximum supervision and control over the prescribed area and Infrastructure Facilities of Railway Transport (hereinafter InFa, railway crossings, tunnels, bridges, etc.) in difficult weather and technological conditions.

To contribute to a higher level of rapid response to events and emergencies occurring on InFa railway transport by means of their video recording in real time.

Ensure the control of Rolling Stock (RS) and other traffic at InFa.

To monitor the entry of unauthorized persons and vehicles into the territory of InFa.

Provide real-time monitoring of developments and analysis of video information from the archive, with a module for image processing and improving its PH, if necessary.

Basic requirements for the system: the CCTV system must be built on a server basis and include stationary or robotic IP cameras and monitoring stations / computer for data processing. The data is transmitted via a fiber-optic data network. The data transmission network must provide a 24-hour flow between each IP camera and base equipment – at least 16 MB/s, the transmission network must include VLANs and individual IP addresses for all equipment.

The technical capabilities of modern closed-circuit television provide the user with extensive monitoring capabilities. However, the expensive CCTV Systems focus primarily on the tasks associated with the analysis of the video received. This is done to manage the process and, accordingly, to make decisions.

Note that not always the appropriate technological process in railway transport requires the use of specialized expensive video surveillance systems. In many situations, a video surveillance system is only necessary to monitor the situation on the relevant section of the railway, where initially it is necessary to simply obtain an image for a general understanding of the current situation, and only if necessary, you can use the appropriate software, use the images obtained from the video surveillance system for subsequent analysis.

The expansion of the functionality of the CCTV System that belong to the budget segment (inexpensive video surveillance cameras and the lack of specialized software), due to a variety of auxiliary subsystems, in particular, due to the subsystem of increasing the RZ, will increase the efficiency of such CCTV Systems in general.

The initial processing of images obtained from video surveillance cameras is usually difficult due to the large amount of information transmitted.

Processing of images obtained from video surveillance systems, if we are talking about solving analytical problems (which, for example, include tasks: measuring the parameters of moving objects; analyzing the trajectories of objects; detecting and tracking moving objects, recognizing people on objects, etc.) requires the use of quite expensive SC video surveillance systems and computers with good computational characteristics. And the latter circumstances significantly increase the cost of the Video Surveillance System and the image processing system as a whole.

However, the rapid development in recent years of IP video surveillance systems at various facilities, allows you to build fully functional scalable video systems, which can be combined, if necessary, into a single integrated architecture of video monitoring systems for any object of informatization.

The theses consider the possibility of deploying a prototype of a full-fledged automated CCTV system based on an inexpensive Raspberry Pi microcomputer and web cameras, which can solve many problems inherent in more expensive analogues. The advantage of the Raspberry Pi microcomputer is that it is equipped with its own module for a USB camera. The basis of any CCTV System is a video camera. It is from the cameras that the primary information about the objects of video surveillance will be received. The camera was deliberately chosen from the budget segment, which also does not differ in the high characteristics of the resulting image. The IP camera can be installed permanently. And connect the networks via the built-in IP server or network interfaces.

Sven IC-720 series cameras were used as cameras. The configuration of such a camera is very simple and it is quite simple to connect it to the port of the Raspberry Pi microcomputer. Image capture from the camera was performed using the "fswebcam" package. The Raspberry Pi microcomputer can be connected to a PC or record images to a memory card, if necessary.

Note that in accordance with the objectives of the research, the focus in this chapter of the dissertation was exclusively on the development of new hardware and software solutions and the improvement of existing methods and models for changing the RH using the NPS MHPR, as well as on the basis of the pseudo-inverse matrix divergence operator.

### **Conclusions**

The implementation of the hardware and software part of the developed video surveillance system based on Raspberry Pi is described. The programming part of the module is implemented in the algorithmic languages Python and C#. The GUI software module is implemented. ImageScaling.exe.

Test results of the GUI module N ImageScaling.exe We confirmed the earlier conclusion that the modified method based on the pseudo-inverse degenerate matrix operator of relative symmetric convergence measures provides a sufficiently high efficiency of resampling according to the PSNR-based criterion.

## **AUTOMATION OF TEMPERATURE MEASUREMENT IN TRACK CAMERAS OF THE TECHNICAL MEANS COMPLEX KTSM**

Yashchuk K. I., Petrovskyi S. S., Zhuravlov A.U.

Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan

**Summary.** *The purpose of this theses is to improve the heating control scheme for track cameras of the KTSM hardware complex, namely the subunit of the TRM microprocessor thermostat, which is designed to maintain a stable temperature inside track cameras. The studies are based on statistical data obtained as a result of the overheating axlebox detection equipment operation. The necessity of automation measurement procedure, processing and transmission of data on the temperature of the trackside chamber has been determined. An electronic scheme*

*based on a microcontroller has been developed, which allows to react in case of appearance of possible temperature changes outside the specified limits.*

The axle box unit is a component of the rolling stock chassis and designed to transfer radial and axial loads from the corpus of the carriage to the wheels. During exploitation the bearings heat up, causing thermal deformation, as a result of which the roller axle box assembly may even collapse. Therefore one of the indicators of the bearings technical condition is the temperature of the axle box. Untimely detection of faulty axles is a risk of failures that can lead to accidents and stoppings that are not provided by the train schedule.

Systems of detecting overheated axle boxes, that were widely spread on the UIS countries railway networks, were PONAB-3 and DISC-B. But while exploitation both systems revealed great number of failures that were eliminated in newer microprocessor control system for the technical condition of rolling stock KTSM.

During maintenance of the equipment DISK-B and KTSM-01d it is necessary to carry out systematic check of track cameras heating, to measure temperature in track cameras and to carry out adjustments in case of temperature's discrepancy to the necessary levels. Currently, there is a problem with the maintenance of equipment for detecting overheated axle boxes, because the temperature measurement technology provides for manual inspection. In the interval between train movements you need to insert a mercury thermometer into the track camera, hold it for 10-15 minutes and then watch indication. If we observe temperature's discrepancy with norms we should carry out adjustment. Temperature measurements can last 40 minutes or more for 4 track cameras. Today we can say, that we need to automate the processes of measuring, processing, transmitting data of track cameras temperature.

To maintain a stable temperature inside the track cameras use sub-units of the microprocessor temperature controller TRM, located inside the power rack. In consequence of long-term exploitation of power racks DISK-B and subunits TRM we observe contact loss between the slider of the variable resistor and the resistive layer as a result of scheme working. And due to it the temperature in the track cameras changes. Inside the track cameras there is receiving capsule with pre-amplifier, that has no correction of the gain during the temperature changing. Therefore there is high probability to detect erroneous heats and even skip the emergency heated axle boxes. Therefore, due to time-consuming inconvenient temperature measurements, we propose to improve the scheme of the TRM sub-unit, in particular to improve the scheme of track cameras heating by using microcontroller, which allows to adjust and maintain the temperature inside the track camera from 21 till 40 °C automatically and to transmit a signal "fault" in case of thermistor failures and temperature fluctuations outside the specified limits. This significantly reduces the maintenance time of the equipment for overheated axle boxes detection and completely eliminates both temperature testing with a mercury thermometer manually in interval between train movements, and temperature manual correcting in case of it's discrepancy.

## **ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПІВ ТОКЕНІЗАЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ**

Щека В. І., Журавльов А. Ю., Яшук К. І.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Shcheka Vadym, Zhuravlov Anton, Yashchuk Kateryna. Using the principles of tokenization for increase the traffic safety.*

**Summary.** *The paper suggesting the use of the tokenization principle for the formation of a fundamentally new level of railway safety. Token's using makes it possible to build a cyber-protected network of rolling stock management with recording of all events in the appropriate*

*blockchain, which will simultaneously unambiguously verify the rolling stocks and form their secure interaction with a high degree of network data security.*

Без належної уваги до питань забезпечення безпеки наслідки переходу суспільства до нових технологій можуть бути катастрофічними для нього. Для багатьох сучасних і технологічно розвинених країн світу порушення безпеки в системах передачі та обробки інформації приносять великі втрати. Особливо значні втрати несуть системи телекомунікацій. Не є винятком і сфера телекомунікацій на транспорті.

Життєво важливі дані суб'єктів залізничного руху, як правило, полягають в тому, щоб певна частина інформації, що стосується їх динаміки, була б постійно легко доступною і в той же час надійно захищеною від неправомірного її використання: небажаного розголошення, фальсифікації, блокування або знищення.

Вирішити цю суперечливу задачу можна за допомогою використання сучасних інформаційних технологій токенизації, що досить популярні при проведенні фінансових операцій (Tap to Phone, \*Pay тощо) для забезпечення надійності та безпечності платежів. Токенизація на сьогоднішній день є одним з найсучасніших видів захисту даних і дозволяє здійснювати платежі не розголошуючи дані карти чи рахунку користувача. Інформація про карту (номер карти, cvv-код і ін.) замінюється унікальними цифровими ідентифікаторами – токенами, які захищають персональну інформацію і фінансові операції передаючи дані карти в зашифрованому вигляді. Отримані в результаті токенизації буквено-цифрові послідовності не можуть бути використані зловмисниками, оскільки між сурогатними і оригінальними даними відсутній прямий зв'язок. Асоціація між оригінальними даними та токеном ведеться тільки в базі даних і зіставлення оригінальних даних і сурогату може бути проведено тільки в ній.

Принципи токенизації та переваги її використання можуть бути використані для формування принципово нового рівня забезпечення безпеки на залізниці: безпеки платежів, реалізації квитків на поїзд, керуванні інтервальним рухом поїздів. Використання токенів дає можливість побудувати кіберзахищену мережу керування рухомим складом з фіксацією всіх подій у відповідному блокчейні, що дозволить одночасно однозначно верифікувати рухомі одиниці та формувати безпечну їх взаємодію з високим ступенем захищеності даних мережі.

Використання токена для ідентифікації машиніста, рухомої одиниці та даних, отриманих з даної рухомої одиниці, з фіксацією цих даних до блокчейну унеможливорює підробку останніх при розшифровці, наприклад, швидкісної стрічки. Такий підхід дозволить ревизорському або контролюючому апарату отримувати правдиві дані. Для аутентифікації машиніста пропонується використовувати флеш накопичувач з ключем, що використовує sha512 в обгортці base64, згенерований з унікальних даних машиніста і додаткової інформації з місця його роботи. При реєстрації машиніста на локомотиві дані, що передаються з бортових пристроїв, кодуються цим ключем і передаються на центральний пост, де зберігаються в базу даних в початковому вигляді. Зчитування з бази даних відбувається з використанням того ж токена машиніста, що виключає фальсифікацію.



## СЕКЦІЯ 6 «ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ»

### АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПЕРЕХІДНИХ ДІЛЯНОК ПІДХОДІВ ДО МОСТІВ НА ВЗАЄМОДІЮ РУХОМОГО СКЛАДУ Й КОЛІЇ

Курган А. М. \*, Линник Г. О. \*\*

\*Структурний підрозділ «Дніпровське науково-конструкторське технологічне бюро колійного господарства» філії «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» АТ «Укрзалізниця», \*\*Департамент колії та споруд АТ «Укрзалізниця»

*Kurhan Anton, Linnik Georgiy. Analysis of the influence of sites on approaches to bridges on the interaction of rolling stock and railway.*

**Summary.** *The factors that lead to the possibility of the formation of track irregularities and the process of their development are studied. The analysis of the processes of occurrence and development of inequalities in the zone of vertical inequality of the railway track with the use of mathematical modeling is given.*

Інтеграція залізниць України в єдину транспортну європейську мережу потребує вирішення багатьох завдань, серед яких основною є підвищення експлуатаційної надійності залізничної колії та її стабільності.

Стан залізничної колії повинен відповідати умовам безпеки руху, плавності й комфортабельності їзди. Наявність суттєвих нерівностей погіршує динаміку взаємодії колії і рухомого складу, створює можливість порушення умов комфортабельності їзди або навіть безпеки руху. При досягненні певних розмірів нерівності стають причиною обмеження швидкостей руху. Особливої актуальності це питання набирає в умовах сучасних тенденцій збільшення швидкості руху поїздів, враховуючи, що норми до утримання колії в такому випадку стають більш жорсткими.

Багато сучасних наукових робіт присвячено проблемам, які пов'язані з дослідженням нерівностей колії: їхній вплив на динамічні показники руху поїздів, засоби та методи їх вимірювання та оцінки, проектування заходів щодо укріплення шарів підрейкової основи для запобігання появи нерівностей тощо.

Постає питання дослідження факторів, що приводять до можливості утворення нерівностей колії, та процесу їх розвитку. Метою даної роботи є аналіз процесів виникнення і розвитку нерівностей в зоні вертикальної нерівнопружності залізничної колії з застосуванням математичного моделювання.

Враховуючи те, що роботу залізничної колії під поїздами природно представити як систему пружних тіл, появу і розвиток нерівностей можна описати як процес переходу від пружних до залишкових деформацій. Причому, що підкреслюється в багатьох наукових дослідженнях, приводом для цього, як правило, є ділянки локальної нерівнопружності.

Нерівнопружність підрейкової основи може виникати у різних випадках. Найбільш чутними до розвинення місць нерівнопружності є ділянки з інтенсивним рухом або з обпиранням на слабкі ґрунти. Також нерівнопружність колії може бути обумовлена конструкційними особливостями, такими як наявність переїздів, примикання до безбаластних мостів тощо.

Залізнична колія під поїздами працює як система пружних тіл, тому поява і розвиток нерівностей можна представити як процес переходу від пружних до залишкових деформацій. Збільшення розмірів нерівності буде впливати на динаміку взаємодії колії і рухомого складу не тільки під час розташування колеса безпосередньо в зоні нерівності, а й на певній відстані за її межами. Для дослідження розвитку нерівності, в тому числі по довжині колії, необхідно моделювати саме процес руху колісного навантаження по ділянці. При-

йнято модель, яка складається із колісної пари, що рухається по безінерційній балці, яка опирається на окремі опори, і описується системою диференціальних рівнянь Лагранжа. Введена гіпотеза, що рівень залишкових деформацій розподіляється пропорційно похідній динамічного прогину.

Розташування вертикальної нерівності по довжині не обов'язково повторює місце положення проблемної ділянки. З часом експлуатації вертикальна нерівність поширюється не тільки в глибину, а й уздовж колії, причому збільшення довжини супроводжується зміщенням положення локальних максимумів та появою нових. Це приводить до розвитку так званих «ям» на підході до нерівнопружної ділянки.

Проведений аналіз показав, що при переході рухомого складу з залізничної колії, що покладена на земляне полотно, до залізничної колії, що покладена на безбаластове мостове полотно (БМП), виникають несприятливі динамічні процеси за рахунок утворення геометричних нерівностей, які є наслідком зміни конструкції та пружності колії.

Розлад залізничної колії на таких перехідних ділянках викликає в ряді випадків необхідність обмеження швидкості руху, що негативно впливає на пропускну спроможність залізниці та збільшує витрати на утримання колії.

Проблема переходу рухомого складу від звичайної конструкції верхньої будови колії на земляному полотні й баласті до залізничних мостів виявилась настільки складною, що й зараз в багатьох країнах світу досліджуються різні способи її вирішення. Значні і досить обширні дослідження з роботи перехідних ділянок у зв'язку з різким підвищенням швидкостей руху поїздів проводяться в Китаї (КЖД), Чехії (ЧД), Угорщині (МАВ), Польщі (ПКП).

Аналіз виконаних авторами досліджень показує, що верхня будова колії на підходах до штучних споруд працює в складних умовах, і може бути причиною зниження надійності роботи залізничної колії та зменшення швидкості руху на цих ділянках.

На теперішній час, коли на залізницях України з'явилися ділянки з підвищеними швидкостями руху пасажирських поїздів, а також у зв'язку з тим, що підбивка шпал в перехідних зонах до штучних споруд є досить складною операцією, яка не дозволяє в повній мірі використовувати важку колійну техніку, проблема «передмостових ям» стала досить актуальною.

Динамічні процеси, що супроводжують рух поїзда на підходах до мосту, у місцях переходу конструкції земляного полотна та верхньої будови звичайної колії, що має одну жорсткість, до іншої – на мосту висувають ряд специфічних вимог до залізничної колії на мостах. Вказані динамічні процеси впливають на конструкцію земляних споруд підходів і конструкцію самих прогонових споруд.

Характерною рисою безбаластової колії на штучній споруді є відсутність залишкових деформацій колії, в той час як осідання колії на підходах можуть досягати значних величин. Поточне утримання колії не може зупинити процес накопичення залишкових деформацій колії на баласті, воно лише ліквідує окремі відступи від їх рівномірного накопичення. Проте поблизу безбаластової колії нерівномірність залишкових деформацій конструктивно обумовлена, але існуючі заходи поточного утримання, що застосовуються для підтримання колії в технічно справному стані, виявляються недостатніми для забезпечення однакової пружності колії на цих ділянках. В результаті чого в зоні переходу до безбаластової колії (у межах берегових опор залізничних мостів) взаємодія рухомого складу і колії при проході першого через нерівність набуває ударного характеру через різку зміну величини пружної деформації рейки під вертикальним навантаженням. Така взаємодія поступово призводить до розладу підрейкової основи на баластній колії і до пошкодження самої штучної споруди. Ці явища знижують ефективність застосування безбаластових конструкцій колії.

Можливі способи вирішення вище зазначеної проблеми викладено в розробках науково-дослідного та конструкторсько-технологічного інституту залізничного транспорту АТ «Укрзалізниця». Запропоновані варіанти конструкції безбаластної колії на залізобетонних плитах БМП у межах берегових опор металевих залізничних мостів.

Авторами запропоновані нові підходи до моделювання процесу переходу від пружних до залишкових деформацій що дає змогу прогнозувати розвиток розмірів нерівностей колії в залежності від характеристик ділянки.

Встановлено, що наявність нерівностей погіршує динаміку взаємодії колії і рухомого складу, стає причиною обмеження швидкостей руху, створює можливість порушення умов безпеки руху.

Отримані результати можуть бути використані для визначення термінів призначення ремонтних робіт для оновлення рівнопружності колії, а також для аналізу заходів, спрямованих на запобігання розвитку нерівностей в зонах із змінною пружністю залізничної колії.

### **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЧОТИРИВІСНОГО ВАНТАЖНОГО ВАГОНА НА ТРЬОХЕЛЕМЕНТНИХ ВІЗКАХ, ЩО РУХАЄТЬСЯ ПО ПРЯМОМУ НАПРЯМКУ СУМІЖНИХ СТІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ**

Мойсєєнко К. В.<sup>\*</sup>, Рейдемейстер О. Г.<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup> Акціонерне товариство «Українська залізниця», <sup>\*\*</sup> Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

*Moyseyenko Kostyantyn, Reidemeister Alexei. Mathematical model of a four-axle freight wagon on three-piece bogies moving in the forward direction along adjacent switches.*

**Summary.** *The model of oscillations of a freight car moving along a sequence of switches is given. The model is designed to assess the limiting parameters of the arrangement and maintenance of switches, under which the dynamic influence on the track will not exceed established limits.*

Відповідно до вимог Укрзалізниці між суміжними стрілочними переводами повинна знаходитися ділянка колії звичайної конструкції (пряма вставка), мінімальна довжина якої при швидкості руху поїздів до 120 км/год включно становить 6,25 м. За нашими оціночними судженнями значна кількість переводів Укрзалізниці на сьогодні укладені з порушенням цієї норми: вставка між переводами відсутня або її довжина менше норми.

Необхідне для усунення цього недоліку збільшення довжини вставки між переводами пов'язане зі значними витратами – справа, навіть, не стільки у вартості переміщення стрілочного переводу, як у тому, що практично завжди зміна положення одного переводу зумовлює переміщення кількох суміжних, що, в свою чергу, призводить до меншої або більшої за обсягом перебудови горловини станції в комплексі з реконструкцією контактної мережі та кабельного господарства сигналізації, централізації та блокування (також слід враховувати й немалі витрати на розробку проекту такої перебудови). Мабуть, тому кількість порушень цієї норми зменшується дуже повільно, і в осяжному майбутньому проблема розв'язана не буде.

Нормативи щодо довжини прямих вставок між суміжними переводами були введені в 1971 році, ми не знайшли публікацій, які обґрунтовують потребу в цих нормах або їх спростовують, тому для теоретичного дослідження раціональної довжини прямої вставки між суміжними стрілочними переводами в програмному забезпеченні OpenModelica з вільним доступом розроблена математична модель чотиривісного вантажного вагона на трьохелементних візках, що рухається по прямому напрямку суміжних стрілочних переводів на залізобетонних брусах, з такими особливостями.

## 1. Модель вагона

Вагон представлений сукупністю 11 твердих тіл (кузов, надресорна балка, бокові рами візків, колісні пари), що з'єднані між собою пружними, жорсткими та фрикційними елементами, які відповідають комплектам ресорного підвішування, парам «п'ятник-підп'ятник», буксовим вузлам та ін. Рух твердих тіл описують рівняння Ейлера, при складанні яких кути повороту та кутові швидкості їх обертання вважались малими величинами, квадратами яких можна знехтувати. Моделі з'єднувальних елементів:

- пара «п'ятник-підп'ятник» утворена шарніром, елементом сухого тертя, що до деякої міри перешкоджає вилягненню надресорної балки відносно кузова, та пружним елементом, який заважає боковій качці кузова (моделює набуття п'ятником циліндричної форми внаслідок зносу);

- ковзун працює як односторонній обмежувач у вертикальному напрямку та елемент сухого тертя в поздовжньому (у разі обпирання на нього кузова);

- комплект ресорного підвішування утворений жорстким елементом у поздовжньому, пружними в поперечному та вертикальному напрямках, а також двовимірним елементом сухого тертя, що працює в цих же напрямках (амплітудне значення сили тертя пропорційне вертикальному навантаженню на ресорний комплект);

- у буксовому вузлі у вертикальному напрямку задіяно жорсткий елемент, а в поздовжньому та поперечному напрямках – елемент сухого тертя та жорсткі обмежувальні елементи з двосторонніми зазорами.

Колесо взаємодіє з рейкою у трьох точках, розташованих на поверхні кочення та на внутрішній та зовнішній поверхнях гребеня (остання точка специфічна для задачі проходження вагоном стрілочного переводу, адже воно взаємодіє з контррейкою та вусовиком хрестовини). Для моделювання нормальної компоненти сили взаємодії застосований напівкубічний пружний елемент, а дотична визначається за лінійною теорією Калкера з корекцією за Шенєм-Хендриком-Евансом.

## 2. Модель стрілочного переводу

Модель стрілочного переводу дискретна, з параметрами, приведеними до кожного колеса вагона. Частина переводу, що безпосередньо взаємодіє з колесом, моделюється у вигляді двох мас (верхня – рейковий елемент, нижня – залізобетонний брус) з 2 степенями вільності кожна та з'єднувальних елементів і гасників коливань між ними й нерухомою основою. Степені вільності мас відповідають їх вертикальним та поперечним переміщенням. Маси та пружності з'єднувальних елементів у вертикальному та поперечному напрямках задаються різними для хрестовинної й контррейкових ниток та змінними по довжині переводу (між перерізами переводів, у яких визначено ці величини, вони змінюються за лінійним законом).

Положення стрілочних переводів у просторі визначається координатами  $x$ ,  $y$  та  $z$  для кожної рейкової нитки в системі координат Охуз у довільній кількості перерізів по кожному переводу. Для моделювання горизонтального зміщення колісної пари в межах направляючих елементів хрестовинного вузла у відповідних перерізах вводяться обмеження на поперечні переміщення колісної пари, шляхом задавання величин жолобів по кожній з рейкових ниток відповідно до конструкції хрестовини та контррейки. Між цими перетинами обмеження на поперечні переміщення колісної пари змінюються за лінійним законом.

Вертикальна дія на колісні пари стиків, особливості вертикальної взаємодії в межах хрестовини та гостряка, що зумовлена перекочуванням колеса з одного елемента переводу на інший, моделюється за допомогою відповідних коротких вертикальних нерівностей.

Для представлення всіх видів нерівностей застосовані напружені сплайни (це дозволяє уникнути флуктуацій функцій, що описує положення переводів в плані та профілі, які будуть мати місце за умови застосування кубічних сплайнів).

Модель дозволяє виконувати теоретичні дослідження з необмеженою кількістю стрілочних переводів.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ВИКРИШУВАННЯ ПОВЕРХНІ КАТАННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ РЕЙОК

Солтис І. Ф.<sup>\*</sup>, Марченко Г. П.<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Національний лісотехнічний інститут України, м. Львів,

<sup>\*\*</sup>Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, м. Львів

*Soltys Ivan, Marchenko Hryhorii. Investigation of the mechanism of running surface pitting of railway rails.*

**Summary.** *Running surface pitting of railway rails is a serious problem for engineering practice due to the danger of creating accidents on railway transport. The study of this damage has been performed using the Keer-Bryant model scheme by the method of singular integral equations. The obtained data allow to clarify the nature of surface pitting of rails under different operating conditions of the railway track. Some recommendations for engineering practice have been given.*

Сучасні умови роботи залізничного транспорту характеризуються збільшенням силових впливів на залізничну колію, спричинених підвищенням швидкостей руху, вантажопідйомністю рухомого складу і т.п. В результаті під час експлуатації технічної пари колесо–рейка поверхня катання головок залізничних рейок часто пошкоджується тріщиноподібними дефектами. При цьому, як показує інженерна практика, на початковій стадії свого розвитку поверхневі макротріщини у головках залізничних рейок поширюються майже прямолінійно під характерним кутом  $10^{\circ}40^{\circ}$  до поверхні у напрямку переміщення рухомого складу. Ці тріщини є основою формування різних поверхневих пошкоджень рейок.

Актуальність даної роботи полягає в тому, що на сьогодні на українських залізницях до 50% випадків причиною ремонту рейок є пошкодження головок, які формуються шляхом викришування та відшаровування частинок металу з поверхні катання рейок. Таким чином, поверхнєве втомне викришування (пітинг) головок продовжує залишатися одним з найбільш розповсюджених і небезпечних пошкоджень рейок.

Пітинг утворюється в основному за наявності води (у дощову погоду), мастила і т.п., коли гідралічний тиск рідини, яка проникає в тріщину, завертає її до поверхні катання рейки. Можливий також варіант пітингу в сухому середовищі, коли невеликі відгалуження від магістральної тріщини в бік поверхні зливаються з іншими поверхневими тріщинами, що призводить кінцем кінцем до відколювання частинки металу поверхні рейки.

Слід зауважити, що тривалий час вважалося, що зародкові мікротріщини пітингу утворюються не на поверхні, а в глибині матеріалу на відстані, де діють максимальні дотичні напруження. Однак експерименти С. В. Пінегіна переконливо довели, що пітингове руйнування починається тільки з поверхні контактуючих тіл.

Питання зародження і розвитку дефектів контактної-втомного походження в рейках пов'язане з напружено-деформованим станом колії. Напружений стан рейки або ж коефіцієнти інтенсивності напружень (КІН) у вершині тріщини – місці виникнення найбільшої концентрації напружень і одночасно місці подальшого руйнування матеріалу – визначали методом сингулярних інтегральних рівнянь. Для моделювання контактної взаємодії колеса з рейкою використовували двовимірну модельну схему Кіра–Брайанта. Пошкоджену рейку моделювали пружною півплощиною з крайовою початково прямолінійною тріщиною, а дію колеса на рейку – повторним однонаправленим переміщенням герцівського тиску з тангенціальною складовою (сила тертя) вздовж краю півплощини. За наявності рідини її вплив моделювали рівномірним тиском на берегах тріщини. Запропонована авторами розрахункова методика враховує зміну напруженого стану рейки, спричинену як видовженням тріщини, так і переміщенням колеса (зміною контактної навантаження) у

циклі кочення, а також можливу зміну механізму руйнування в процесі поширення тріщини і тертя між її берегами.

Було встановлено, що початкова макротріщина спочатку росте майже прямолінійно за механізмом поперечного зсуву. Потім за рахунок тиску рідини, яка проникає усередину тріщини, починає діяти механізм нормального розриву і вона повертає до поверхні катання, викликаючи її викришування. Аналіз траєкторій поширення крайової тріщини свідчить про те, що чим гострішим є кут початкової орієнтації тріщини, тим стрімкіше тріщина прямує до поверхні катання. При цьому КІН вздовж траєкторій зростають і особливо з наближенням вершини тріщини до поверхні. Отримані дані теоретично підтверджують відому гіпотезу Уея про те, що головною причиною формування пітингу є наявність рідини в зоні контактування взаємодіючих сил. Також подано рекомендації для інженерної практики щодо технологічних процесів відновлення службових властивостей рейок.

## СИСТЕМНИЙ ПІДХІД У ДОСЛІДЖЕННІ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В КОЛІЙНОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Курган М. Б., Курган Д. М., Новік Р. Б., Лужицький О. Ф.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Kurhan Mykola, Kurhan Dmytro, Novik Ruslan, Luzhytskyi Oleh. System in the study of innovative processes in the railway industry.*

**Summary.** *Introduction of a systematic approach in the organization of high-speed train traffic in Ukraine provides an opportunity to increase the interoperability of Ukrainian and European transport systems and recommend measures for the organization of high-speed train traffic in Ukraine.*

Впровадження швидкісного руху поїздів ставить підвищені вимоги до якості обслуговування залізничної колії, проведення робіт з виправки й утримання кривих. Необхідні нові інноваційні підходи до розрахунків проектних параметрів плану та встановлення максимально допустимої швидкості руху поїздів, нові підходи до діагностування та обслуговування інфраструктури. Допущення, що були прийняті раніше і слабо впливали на показники руху поїздів при швидкостях до 120 км/год, потребують зміни або відповідного корегування при швидкостях 161-200 км/год, тобто виникла необхідність у застосуванні системного підходу у дослідженні інноваційних процесів пов'язаних з підготовкою залізничної колії для підвищення швидкості руху поїздів.

Системний підхід у дослідженні інноваційних процесів передбачає введення такого поняття як системна модель ділянки залізниці (СМЗ), що підлягає реконструкції для підвищення швидкості руху поїздів, у межах якої виконується єдина задача з прискорення перевезень вантажів і пасажирів. Для нормального функціонування СМЗ необхідно мати мережу колій з роздільними пунктами, відповідний рухомий склад та обладнання для забезпечення управління перевезеннями. Щоб СМЗ безупинно функціонувала, необхідні системи життєзабезпечення: тягове електропостачання, обслуговування, що забезпечують пасажирське, колійне, локомотивне, вагонне, енергетичне господарства.

Інформаційне забезпечення являє собою сукупність відомостей про саму СМЗ і навколишнє середовище, містить інформацію про транспортні потоки, технічні засоби транспорту, нормативну базу, засоби експлуатації, екологічну ситуацію й інші фактори. Якість СМЗ визначається через технічну ефективність: безпеку руху, надійність перевезень, час доставки вантажів і пасажирів тощо.

Враховуючи складність управління цим процесом, автори ввели в СМЗ підсистему управління швидкістю, що залежить від стану і параметрів залізничних колій. Підсистема

управління швидкісним рухом включає проведення комплексу заходів та інформаційного забезпечення, що входять до діагностики, моніторингу, прогнозу і прийняття рішення.

Діагностування залізничної колії – процес вимірювань і технічних оглядів з метою виявлення пошкоджень (несправностей) та визначення технічного стану колії та її пристроїв. Для цього на залізницях використовуються сучасні вагони-колівимірювачі КВЛ-П, вагони-дефектоскопи типу ВД-1МТ5К та автомотриси-дефектоскопи типу АДЕ-1МТ для неруйнівного контролю рейок та інша техніка.

З впровадженням швидкісного руху виникла гостра необхідність у більш продуктивних і технічно оснащених комплексах, які б забезпечували інноваційні технології діагностування та обслуговування інфраструктури. Відомі типи діагностичних комплексів, які дозволяють здійснювати діагностику об'єктів інфраструктури всіх господарств (П, Ш, Е) одночасно безконтактним способом із застосуванням оптичних лазерних датчиків зі швидкістю до 160 км/год. При цьому проводиться вимір додаткових параметрів, які на сьогодні не здійснюються – контроль поздовжнього профілю, габариту наближення, зносу рейок, коротких нерівностей, вертикальних і горизонтальних прискорень тощо.

Моніторинг стану колії – це система контролю, оцінки і прогнозу якості поточного утримання колії. Інформаційне забезпечення включає характеристики земляного полотна, стан колії, параметри плану і поздовжнього профілю, реалізовані швидкості руху вантажних і пасажирських поїздів, осьове навантаження. В кінцевому рахунку моніторинг служить для управління станом колійного господарства.

Прогноз і рішення – передбачають на основі моніторингу даної ділянки залізниці можливості корегування підсистеми й розробку управлінських дій щодо зміни самої підсистеми.

Досліджуючи процес управління швидкісним рухом, було встановлено наступне:

1. Введення в обіг швидкісного рухомого складу повинно передувати посиленню конструкції колії. У цих випадках особлива увага повинна приділятися питанням міцності і стійкості земляного полотна, створенню вискоєфективних систем дренажу, водовідводу і спеціальних захисних шарів. Жорсткі вимоги повинні пред'являтися і до якості баластових матеріалів. Обов'язковим є контроль жорсткості колії як у вертикальній, так і горизонтальній площинах. Такі заходи дозволять не тільки забезпечити міцність і надійність верхньої будови колії, але й істотно знизити витрати на його поточне утримання.

2. Норми устрою й утриманню колії на швидкісних лініях повинні установлюватися виходячи з динамічних характеристик рухомого складу конкретних типів, що використовуються для перевезення пасажирів, і можуть не збігатися з загальноприйнятими. Для досягнення довгострокових результатів потрібно забезпечити моніторинг колії, якому, як було вище сказано, передує діагностика колійної інфраструктури.

3. Експлуатація пасажирських поїздів зі швидкостями близько 160 км/год вимагає ретельного спостереження за плавністю руху в кривих. Для цього повинна проводитись паспортизація кривих ділянок колії з метою удосконалення системи ведення колійного господарства.

Однієї з причин обмеження швидкості в кривих і прямих ділянках колії є наявність відступів у плані і профілі. Ці відступи є наслідком накопичення залишкових деформацій, що з'являються після укладання колії і розвиваються в процесі експлуатації.

Дотримання критеріїв міцності та стійкості колії, за якими встановлюються умови обертання рухомого складу, не виключає виходу з ладу окремих елементів верхньої будови колії і, головне, не обмежує інтенсивність накопичення в колії розладів і зносу. Якщо таке питання постало на порядку денному, то виникає й наступне – як впливають геометричні параметри колії на інтенсивність накопичення деформацій, яка також залежить від параметрів кривих. Так, неправильно встановлене підвищення зовнішньої рейки призводить до зсувів колії, розладів ширини колії, прискоренню бічного зносу рейок. Створення

багаторадіусних кривих замість однорадіусних з метою зменшення обсягу зсувів при рихтуванні не тільки швидше дестабілізує колію, але й викликає появу численних перехідних зон, які при неправильному улаштуванні представляють загрозу безпеці руху поїздів.

До цього часу, для постановки кривих в проектне положення використовується метод «згладжування». Вважається, що три сусідні точки кривої лежать на колі, і на такому принципі побудована робота виправочно-підбивочно-рихтувальних машин (ВІР). Незважаючи на низьку точність, даний спосіб широко поширений на дорогах «Укрзалізниці», завдяки своїй простоті і відсутності попередніх робіт і розрахунків. В результаті виконання рихтувальних робіт з метою зменшення обсягів зсувів крива не відповідає вихідним паспортним даним, з однорадіусної може стати багаторадіусною (складовою).

При виправці плану залізниці для підвищення швидкості руху поїздів можуть розглядатись інноваційні технології з використанням імпортової техніки, наприклад, DYNAMIC STOPFEXPRESS 09-3X (фірма «Плассер і Тойрер»), і сучасної української, наприклад, ВІР-09-32 CSM і ВІР-02, обладнаної автоматизованою системою виправки колії «Стріла». АС «Стріла» дозволяє виконувати розрахунки й здійснювати виправку й перебудову плану залізничної колії з різноманітними обмеженнями на проектне рішення, визначити максимальну допустиму швидкість для пасажирських і мінімальну швидкість для вантажних поїздів, знаходити оптимальне значення зсувів по заданим критеріям.

Системний підхід і інноваційна діяльність в структурах колійного господарства й інших суміжних галузях піднімає досягнення технічного прогресу на рівень світових стандартів і дозволяє вирішувати задачі щодо якісного та ефективного забезпечення високих показників по перевезенню пасажирів і вантажів.

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КОЛІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Арбузов М. А., Гнатенко В. П., Губар О. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Arbuzov Maksim, Hnatenko Vasyl, Hubar Oleksii. Perspectives of railway infrastructure development.*

**Summary.** *Due to the lack of adequate funding, the state of the railway infrastructure is neglected. A comparison of the average salary of Ukrzaliznytsia employees and the average salary in Ukraine shows that it is 14 % lower. There is a "margin of safety" of the infrastructure, but it is necessary to move to positive dynamics no later than the next 3 years.*

Експлуатаційна довжина головних колій України становить 19 787 км. За даними Державної служби статистики України протягом 22 років, починаючи з 1991 р., ця протяжність щороку зменшувалася, у середньому, на 68 км. Проте різке скорочення відбулося в 2014 та 2017 роках.

Розгорнута довжина головних колій становить 27 тис. км. Значна частина залізничної колії сьогодні залишається без належного технічного обслуговування, і це число щороку зростає. Залізнична інфраструктура України щороку втрачає протяжність колій з «відмінним» та «добрим» технічним станом. Як зазначає медіацентр АТ «Укрзалізниці» Магістраль, все це через брак коштів.

В 2010 році протяжність колій, що потребують реконструкції складала 824 км. На початок 2019 року протяжність колій із простроченими термінами реконструкції сягнула 2432 км, посиленого капітального ремонту очікують 1255 км колій, а капітального – 4736 км. Сьогодні прострочені планові ремонти на 8500 км колій, що складає 1/3 розгорнутої довжини головних колій України.



Через прострочені ремонти погіршується не тільки стан колії в цілому, а й самої рейки через значний розвиток внутрішніх та зовнішніх дефектів. На залізницях експлуатується 122 тис. дефектних рейок. Налічується 25 тис. місць тимчасового відновлення рейкових плітей безстикової колії.

Як показує аналіз записів колієвимірювальних вагонів в ряді дистанцій колії у 2020 році спостерігається інтенсивний приріст протяжності колій з «незадовільними» кілометрами. Так за 7 місяців число «незадовільних» кілометрів зросло з 5 до 40. Середня інтенсивність появи нових «незадовільних» кілометрів складає 5 км/міс.

Стан безпеки дорожнього руху «Укрзалізниця» катастрофічно погіршився. Неналежний стан колії стає причиною встановлення попереджень про обмеження швидкості руху поїздів.

У 2015 році діяли попередження про обмеження швидкості руху поїздів на 190 км, у 2016 році – на 364 км, у 2017 році – на 415 км. Сьогодні обмеження швидкості діють на 1100 км. В середньому приріст протяжності колій з обмеженням швидкості руху складає 150 км за рік. На кожен кілометр з обмеженням можна додати по 3 км гальмування та розгону. Тоді маємо, що через 3 роки 1/3 колій не буде виконувати свою функцію по забезпеченню безперебійного руху зі встановленими швидкостями.

Слід відмітити, що така ситуація спостерігається і в інших господарствах залізниці. У локомотивному господарстві внаслідок відсутності фінансування та сталого керівництва галузі відбувається більше 100 транспортних подій на рік, з яких біля 10 серйозних інцидентів. У вагонному господарстві щорічно збільшується кількість транспортних подій: в 2016 році – 37 шт., в 2017 році – 48 шт. Щороку відбувається більше 250 транспортних подій, з яких біля 20 серйозних інцидентів.

Погіршується технічний стан і штучних споруд. Дефекти мають понад 2,5 тис. інженерних споруд (14,3 % від загальної кількості). Ще гіршою є ситуація із залізничними мостами: 1431 із них має несправності, це 20,5 % від їх загальної кількості. Сьогодні 35 % прогонових будов мостів експлуатуються від 50 до 100 років, а 15 % споруд - понад 100 років.

Таким чином, вказане вище, свідчить про занедбаність залізничної інфраструктури через відсутність відповідного фінансування. Порівняння середньої заробітної плати працівників АТ «Укрзалізниця» та середніх заробітних плат по Україні показує, що у залізничників вона на 14 % нижче. «Запас міцності» інфраструктури є, але необхідно не пізніше найближчих 3 років перейти в позитивну динаміку.

## ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ШВИДКІСНОГО РУХУ ПОЇЗДІВ В УКРАЇНІ

Курган М. Б., Байдак С. Ю., Хмелевська Н. П.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Kurhan Mykola, Kurhan Dmitry, Baidak Serhii. Khmelevska Nela. Innovative technologies for the introduction of speed train traffic in Ukraine.*

**Summary.** *According to the results of the study, innovative technologies in the organization of high-speed train traffic in Ukraine are presented. The technology is based on such scientific approaches as a comprehensive and detailed study of various aspects of innovation. This provided an opportunity to increase the interoperability of Ukrainian and European transport systems and recommend measures to organize high-speed train traffic in Ukraine.*

У роботі «Теорія економічного розвитку» (1911 р.) австрійський учений Йозеф Алоїз Шумпетер уперше розглянув питання впливу інновацій на розвиток і дав визначення

інноваційного процесу. Згідно Й. Шумпетеру, інновація є головним джерелом прибутку, а він є результатом впровадження новацій: без розвитку немає прибутку, без прибутку немає розвитку.

Нині роль інновацій значно зросла. Світова практика нормативно зафіксувала тлумачення терміну «інновація». Так, відповідно до міжнародних стандартів інновація визначається як кінцевий результат інноваційної діяльності, втілений у вигляді нового або вдосконаленого продукту, впровадженого на ринку, або використовуваного в практичній діяльності технологічного процесу.

Законом України «Про інвестиційну діяльність» інноваційна діяльність розглядається як складова частина діяльності, спрямована на розробку, створення й поширення нових виробів, технологій, організаційно-управлінських форм розвитку, які є базовою основою для формування або підтримки належної конкурентоздатності підприємств. Ст. 1 Закону дає чітке визначення таких термінів, що використовуються в інноваційній діяльності.

Сучасне залізничне сполучення неможливо уявити без високих швидкостей як основи інноваційного розвитку залізниць. В той же час залізничний транспорт функціонує в складних конкурентних умовах і для збереження ринкових позицій повинен активізувати свою інноваційну діяльність.

Мета роботи – показати інноваційні процеси, запровадження яких в колійному господарстві Укрзалізниці дозволить інтенсифікувати перспективні напрямки діяльності.

Перешкодою до переходу на інноваційний шлях розвитку в Україні стала класична форма організації руху, яка полягає у використанні інфраструктури в перевезенні як пасажирів, так і вантажів (змішаний рух). Недоліки організації такого руху – недостатній комфорт пасажирів та неможливість застосування нового прогресивного рухомого складу. Можливим варіантом вирішення цієї проблеми є відокремлення вантажного руху від пасажирського. Такі дії було запропоновано здійснити на залізницях України ще у 2007 р., але частково були вирішені тільки напередодні Євро-2012 р.

В нормативному документі «Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України (ЦП-0269)» прийнята класифікація напрямків руху. Напрямки категорії Іп – прискорений пасажирський рух суміщений з прискореним рухом вантажних і приміських поїздів і Іс – суміщений рух прискорених пасажирських, прискорених вантажних і звичайних вантажних поїздів відрізняються умовами експлуатації, параметрами плану та поздовжнього профілю, мають різні можливості щодо реалізації максимальної швидкості руху. Отже наступним кроком може стати дослідження напрямків суто вантажного руху та суто пасажирського з підвищенням швидкості до 160-200 км/год.

Для реалізації цих завдань в роботі авторів розглянуто інноваційні технології діагностики та обслуговування колійної інфраструктури, надано рекомендації щодо подальшого розвитку залізничної інфраструктури шляхом інноваційного розвитку і вдосконалення науково-технічного потенціалу.

За даними Департаменту колії та споруд АТ «Укрзалізниця» станом на 1 січня поточного року розгорнута довжина головних колій становить понад 27 тис. км. На початок нинішнього року протяжність колій із простроченими термінами реконструкції сягнула 2432 км. За різними оцінками, знос колій становить 25-27 %.

За 15 останніх років вимальовується така картина на залізницях України: при середній потребі модернізації залізничної колії 600-700 км на рік планові показники були виконані тільки у 2007 і 2008 роках. Через це на залізницях діють обмеження швидкості поїздів.

Якщо реконструкція залізниць й проміжні ремонтні роботи не виконуються своєчасно то стан інфраструктури погіршується з часом. Під станом залізничної колії будемо розуміти імовірність безвідмовної її роботи в заданих умовах експлуатації. Швидкість зміни стану колії буде залежати від умов експлуатації: швидкості руху поїздів, пропущеного тону нажу по ділянці, осьового навантаження, часу експлуатації ділянки.

Під час посилення залізниці (будівництво другої головної колії, електрифікація, перебудова станцій) окремі споруди можуть бути реконструйовані, інші – замінені на нові. Складними були й залишаються завдання з перебудови плану й поздовжнього профілю залізниць. Це стосується насамперед головних напрямків залізниць, які включені до міжнародних транспортних коридорів.

Отже, проблема залізничної колії повинна розглядатись не ізольовано, а в комплексі – від створення (удосконалення) конструкцій до вітчизняного виробництва колійних машин, що забезпечують будівництво та обслуговування швидкісних магістралей.

Основні напрямки реорганізації й розвитку колійного господарства, впровадження швидкісного руху ґрунтуються на наступних складових інноваційної діяльності:

- створення й впровадження перспективних конструкцій колії, що потребують зменшений обсяг ремонтно-профілактичних робіт для різних умов експлуатації (суто пасажирський рух, переважно пасажирський рух, суміщений і вантажний рух);

- розширення обсягу застосування безстикової колії (на 01.01.2020 р. близько 21 тис. км, з них довгих плітей довжиною в блок-ділянку 15 %, довжиною в перегін – 13 % від загальної довжини). Укладання безстикової колії довжиною від станції до станції, безстикових стрілочних переводів і нових конструкцій пружних рейкових скріплень на залізобетонних шпалах дозволяє вирішувати потреби внутрішньодержавних та транзитних перевезень, питання підвищення швидкостей руху поїздів;

- збільшення обсягу виробництва залізобетонних шпал і перевідних брусів (протяжність колій на залізобетоні на 01.01.2020 р. близько 25 тис. км);

- перехід на безбаластну підрейкову основу;

- створення й впровадження технологій, що дозволяють заощаджувати матеріальні, енергетичні ресурси при поточному утриманні та усіх видах ремонтів колійної інфраструктури;

- реконструкція мостів, труб, шляхопроводів, тунелів і «оздоровлення» земляного полотна;

- удосконалення методів діагностики й засобів контролю колійної інфраструктури (застосування діагностичних комплексів, які дозволяють здійснювати діагностику об'єктів інфраструктури всіх господарств (П, Ш, Е) одночасно безконтактним способом із застосуванням оптичних лазерних датчиків зі швидкістю до 160 км/год);

- оснащення залізниць сучасними, надійними, високопродуктивними машинами та механізмами таких як виправочні Duomatic 09-32, 09-32 DYN, 09-3X, Unimat-08, стабілізатори DGS-62, ДСП-С4, планувальники SSP 110 SW, USP-2000SWS, АФМ-2000, СПЗ-5/UA, щебенеочисні РМ-80, СЧ-1000/UA, рейкошліфувальний поїзд РШП-48К, укладальні крани TL-70, вакуумні навантажувачі баласту Райлвак Фатра-17000, кюветоочисні КОМ-300, МКТ);

- удосконалювання структури й системи управління колійним господарством на основі інформаційних технологій.

Використання інноваційних технологій при створенні швидкісних залізниць – нова форма діяльності, яка набуває все більшого поширення в Україні. Інноваційний підхід дозволить виконувати всі етапи еволюційного циклу – від наукових досліджень, конструкторських і технологічних розробок, створення необхідних машин до використання в практиці будівництва та експлуатації залізничної мережі.

## ЩОДО МОЖЛИВОСТІ ЗМЕНШЕННЯ МІНІМАЛЬНО ДОПУСТИМОЇ ТОВЩИНИ ГРЕБЕНІВ КОЛІС ВАГОНІВ З УРАХУВАННЯМ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ З КОЛІЙНОЮ ІНФРАСТРУКТУРОЮ

Патласов О. М. \*, Ковтун П. В. \*\*

\*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна, \*\* Білоруський державний університет транспорту

*Patlasov Oleksandr, Kovtun Pavel. About the possibility of reducing the minimum permissible thickness of the flange of wagon wheels, taking into account interoperability with the railway infrastructure.*

**Summary.** *The report notes that when considering the possibility of reducing the thickness of the wheel crest, it is necessary to take into account the interaction of the wheel pair with the elements of the infrastructure. A decrease in the minimum permissible wheel flange thickness specified in the PTE will lead to a violation of train traffic safety.*

В умовах обмежених ресурсів дуже часто виникає спокуса в збільшенні (зменшенні) максимально (мінімально) допустимих норм утримання рухомого складу та колії. В якості обґрунтування наводяться розрахунки економічної доцільності таких заходів, в яких, як правило, наводиться збільшення міжремонтного періоду експлуатації і, відповідно, зменшенні собівартості перевозок.

Враховуючи, що основною задачею залізничного транспорту є задоволення потреб щодо перевезень пасажирів та вантажів при **безумовному забезпеченні безпеки** руху та збереження вантажів, що перевозяться, такі обґрунтування підкріплюються розрахунками міцності та стійкості залізничних систем (підсистем) або окремих їх елементів. Однак дуже часто в таких обґрунтуваннях відсутній аналіз впливу на інші підсистеми або їх елементи.

Одним з таких прикладів є обґрунтування можливості зменшення мінімально допустимої товщини гребенів коліс залізничних вагонів.

Згідно з Правилами технічної експлуатації залізниць України (ПТЕ) на ділянках з швидкостями руху поїздів понад 120 км/год. (до 140 км/год.) забороняється випускати в експлуатацію і допускати до руху в поїздах рухомий склад з товщиною гребеня менше 28 мм, а на ділянках з швидкостями руху до 120 км/год - з товщиною гребеня менше 25 мм. На перший погляд, якщо гребінь зі зменшеною товщиною забезпечить вимоги міцності, то доцільно зменшити ці параметри, як для швидкостей руху до 120 км/год, так і для більших швидкостей і це дасть можливість збільшити період між обточками колісних пар.

Саме так пропонують фахівці акціонерних товариств «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (АО «ВНИКТИ») та «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), За результатами розрахунків міцності обґрунтовувалась можливість зменшення мінімальної товщини гребеня коліс колісних пар вантажних вагонів до 24 мм.

Однак при цьому не аналізувався зв'язок колісних пар з такими гребнями з колійною інфраструктурою.

Залізнична колія повинна відповідати габаритам, що застосовуються на залізничному транспорті. Нижня частина габаритів передбачає зазори між робочою гранню рейок та іншими елементами колії (відведеними гострятьсями, вусовиками в хрестовинах, контррейками в хрестовинах та на переїздах і т.п.). Відстань між робочими гранями рейок утримується у межах норм та допусків, встановлених ПТЕ, Інструкцією з влаштування та утримання колії на залізницях України та іншими нормативними документами.

Згідно ПТЕ відстань між внутрішніми гранями коліс у ненавантаженої колісної пари має бути 1440 мм. Відхилення у бік збільшення і зменшення допускається до 3 мм. Таким чином мінімальна відстань між робочою гранню нового колеса і внутрішньою гранню протилежного колеса становить  $1440-3+33=1470$  мм. А з урахуванням навантаження колі-

сної пари – 1468...1469 мм. Для колісної пари зі зносом гребеня 25 мм ця відстань становить  $1440-3+25-(1...2)=1460...1461$  мм.

Залізнична колія навіть при номінальних розмірах ширини колії і мінімальних розмірах жолобів в контррейках забезпечує безконтактний прохід колісних пар з відповідним розміром не менш  $1520-42=1478$  мм. Саме для забезпечення проходу колісних пар в контррейках та вусовиках влаштовують раструбну частину з плавним відводом колеса.

Номінальне значення максимального жолоб раструбної частина контррейки та вусовика, а також горла хрестовини становить 64 мм. Таким чином конструкція стрілочних переводів з номінальною шириною колії та жолоба забезпечує можливість руху колісних пар що мають відстань між робочою гранню зношеного гребеня і внутрішньою гранню протилежного колеса навіть  $1520-64=1456$  мм. Однак стрілочні переводи мають утримуватися також в межах відповідних допусків. Так ширина колії в межах хрестовини може бути 1522 мм, а жолоб – 62 мм. Для стрілочних переводів з такими параметрами відповідний розмір колісної пари має бути не менше  $1522-62=1460$  мм. З урахуванням розширення ширини колії під навантаженням – 1461 мм. Якщо колісні пари будуть мати розміри менше ніж зазначені розміри, то їх взаємодія з контррейками або вусовиками або робочими рейками перед горлом хрестовини буде мати ударний характер, що може призвести до руйнування як гребенів коліс так і елементів стрілочного переводу.

Таким чином зменшення допустимої мінімальної товщини гребеня коліс менше ніж на теперішній час встановлено в ПТЕ з точки зору взаємодії між елементами стрілочного переводу та внутрішньою гранню коліс призведе до порушення безпеки руху поїздів.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОЗДОВЖНИХ СИЛ ДІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ НА СТІЙКІСТЬ ПЛІТЕЙ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ

Маркуль Р. В., Савицький В. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Markul Ruslan, Savyts'kyi Viktor. Investigation of the influence of longitudinal forces of rolling stock on the stability of select track plates.*

**Summary.** *The results of researches of influence of longitudinal forces of action of locomotive of BJI10 type and four-axle freight cars on stability of plates of a joint track are resulted. During the study, indicators of the condition of the fastening, train driving modes and type of braking were taken into account.*

Забезпечення стійкості – одна з основних проблем конструкції і утримання безстикової колії. За останні роки основною причиною втрати стійкості (викиду) прийнято вважати виникнення недопустимих температурних сил в плітях безстикової колії. Річ у тому, що втрата стійкості безстикової колії може бути не тільки результатом температурного викиду колії що можливо при певних порушеннях температурного режиму але і результатом дії рухомого складу.

Зазвичай розглядають декілька причин, які впливають на виникнення граничного стану безстикової колії по її стійкості при русі рухомого складу, а саме:

- перед рухомим складом при його русі відбувається зміна положення рейки у порівнянні із своїм вихідним положенням;
- зміна стійкості колії при її вібрації позаду і попереду рухомого складу;
- поява явища угону колії;
- вплив режиму ведення рухомого складу.

Поздовжні сили в рейках від дії коліс рухомого складу формуються за рахунок двох факторів: несиметричності епюри поздовжніх сил в зонах контакту підшви рейки з під-

рейковою основою, що спричинене недостатньою силовою роботою вузла скріплення; та дія на головку рейки сил тертя від гальмування, направлених в сторону руху поїзда.

Оскільки на колію найбільший вплив чинять вантажні поїзди, для проведення досліджень використовувались характеристики локомотива ВЛ10 і чотиривісних вантажних вагонів. Використовувалась модель, яка складається з рейки як стержня з постійною поперечною жорсткістю «ЕА», який розміщений на рівномірно розташованих опорах з шпальною відстанню «а», та з постійною жорсткістю опор «Сх» є під дією сили колеса «FR», що залежить від тертя.

Значення поперечних сил дії рухомого складу в залежності від стану скріплення (нове чи зношене) та типу гальмування зображено на рисунках 1-2.

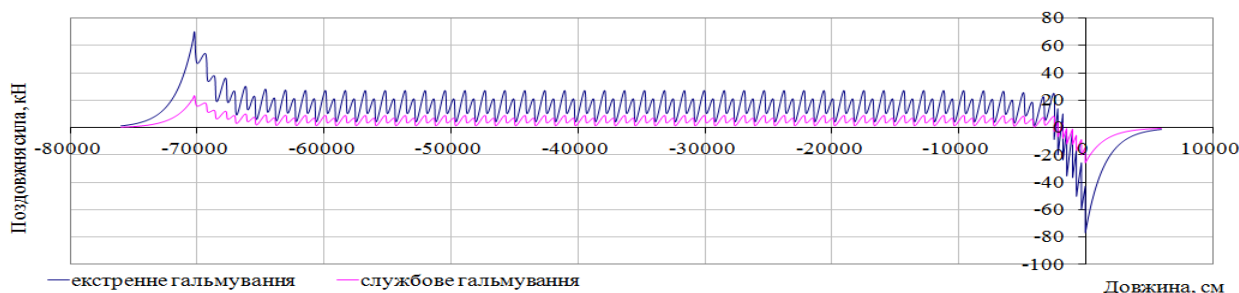


Рис. 1 Графік залежності поперечних сил від довжини при дії состава, скріплення нове

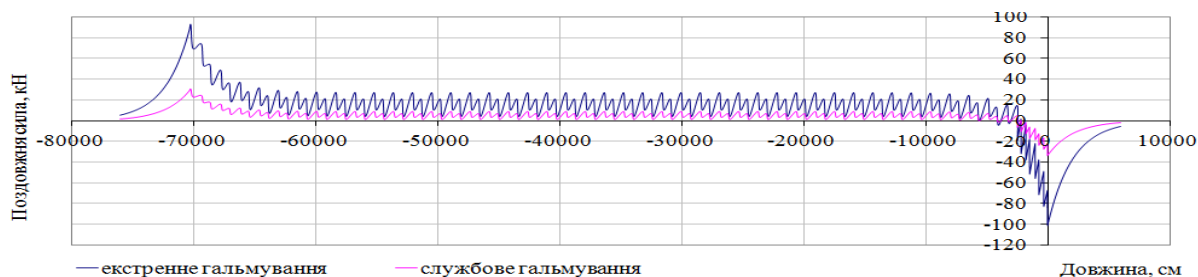


Рис. 2 Графік залежності поперечних сил від довжини при дії состава, скріплення зношене

Із рис. 1-2 можна зробити висновок, що максимальна поперечна сила виникає при екстремному гальмуванні та складає: при дії составу із новим скріпленням 77 кН; при дії составу із зношеним скріпленням 102 кН.

Дослідження поперечної сили, яка виникає при зміні температури рейки відносно температури закріплення виконувалось за двох умов. Нормальні умови: шпали типу Ш1-1, скріплення нове, пряма ділянка колії на якій відбувається службове та рекуперативне гальмування, температура відрізняється від температури закріплення на 7 С. Згідно нормальних умов порушення стійкості безстикової колії не спостерігається (рис. 3).

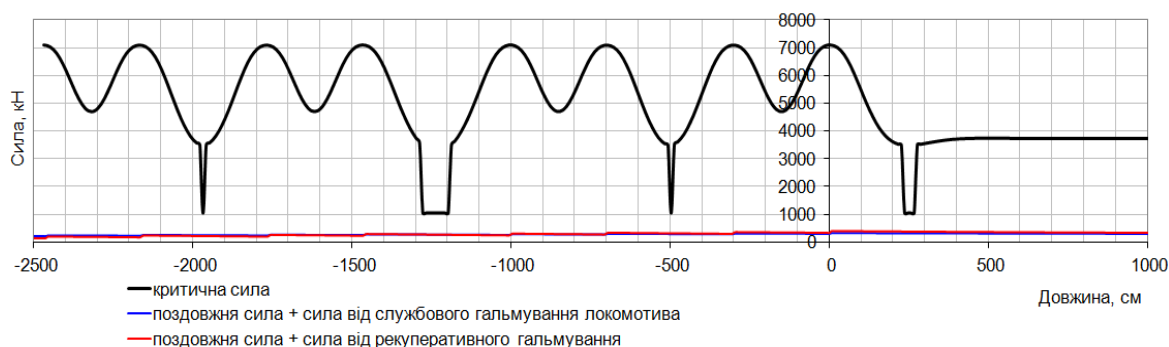


Рис. 3 Поперечна критична сила при гальмуванні локомотива за сприятливих умов

Несприятливі умови: шпали типу Ш1-1, рейкове скріплення зношене, крива ділянка колії  $R=600$  м на якій відбувається службове та рекуперативне гальмування, температура відрізняється від температури закріплення на 12 С. За несприятливих умов є імовірність появи втрати стійкості безстикової колії (рис. 4).

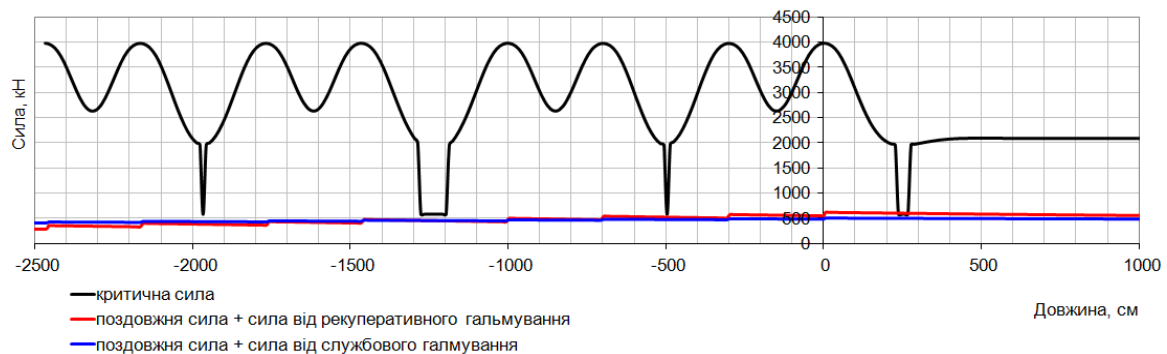


Рис. 4. Поздовжня критична сила при гальмуванні локомотива за несприятливих умов

Згідно із проведених досліджень, з метою забезпеченні стійкості безстикової колії від її викиду можна зробити наступні висновки: створити систему періодичного контролю за станом силової роботи вузла скріплення; при значних коливаннях температури відносно температури закріплення пліті – проводити її пере закріплення; переглянути питання щодо ведення рухомого складу на даній ділянці колії. Додатково, збільшення стійкості конструкції безстикової колії можна добитись за рахунок створення альтернативної конструкції підрейкової основи із збільшеним опором поперечному переміщенню в горизонтальній площині. Це суттєво покращить роботу безстикової колії та дозволить розширити полігон її укладання в кривих ділянках із радіусом менше 300 м.

## ЕКСПРЕС-МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЗАБРУДНЕНOSTІ БАЛЛАСТУ

Андрєєв В. С. \*, Арбузов М. А. \*, Губар О. В. \*, Смок Г. О. \*\*

\* Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна, \*\* Акціонерне товариство «Українська залізниця»

*Andriyev Volodymyr, Arbuzov Maksim, Hubar Oleksii, Smok Hennadii. Express method for determination of ballast contamination.*

**Summary.** *One of the most important elements of the track, on which the life cycle of the track depends, is the ballast layer, because it is the most intensively disturbed. The deterioration of the track geometry begins, first of all, due to the disorder of the ballast layer, which in turn leads to an increase in dynamic loads on all other elements of the track and reduce their service life. The operation of the ballast layer depends on the simultaneous interaction of the most important groups of factors, namely: factors of track design, rolling stock, operating conditions and retention factors. Based on the knowledge of the mechanisms of disruption of the ballast layer and the factors that affect it, you can predict the process of disruption of the geometry of the track and, accordingly, build a strategy for current maintenance and repairs of the track.*

Одним із шляхів підвищення конкурентоздатності залізничного транспорту є зменшення витрат на його інфраструктуру. Частка інфраструктури залізничної колії у всій системі залізничного транспорту України є значною. Особливо це стосується витрат на реконструкцію та утримання залізничної колії підприємствами колійного господарства, що пов'язано з великими капітальними вкладенням.

На європейських залізницях вважається, що найефективніше зменшення витрат на інфраструктуру досягається завдяки продовженню терміну життєвого циклу колії. Серед способів продовження терміну життєвого циклу колії можуть бути:

- підвищення початкової якості колії з метою віддалення розвитку нерівностей за допомогою використання машинізованого утримання та високоякісних матеріалів, такі як пружні елементи та інші, що забезпечують кращу роботу баластного шару;

- планування ремонтів та заходів поточного утримання із використанням ефективних стратегій планування на основі неперервного моніторингу розвитку геометричного стану колії та використання автоматизованих систем управління планування виконання робіт.

Одним з найважливіших елементів колії, від якого залежить термін життєвого циклу колії, є баластний шар, оскільки він найбільш інтенсивно розладнується. Погіршення геометрії колії починається, в першу чергу, через розладнання баластного шару, що в подальшому приводить до збільшення динамічних навантажень на всі інші елементи колії та зменшення терміну їх служби.

Робота баластного шару залежить від одночасного взаємного впливу найважливіших груп факторів, а саме: факторів конструкції колії, рухомого складу, експлуатаційних умов та факторів утримання. На основі знання механізмів розладнання баластного шару та факторів, які на нього впливають, можна прогнозувати процес розладнання геометрії колії і, відповідно до цього, будувати стратегію поточного утримання та ремонтів колії.

Забруднення баластного шару може мати зовнішні та внутрішні причини, такі як стирання, руйнування баластного матеріалу під впливом атмосферних явищ або проникнення дрібних частинок у формі суміші глини (суглинку). Забруднений баластний шар заважає пропуску води, що в результаті зменшує опір зсуву та замерзання під час морозів. Найважливіші вимоги, що приділяються до баластного матеріалу є: твердість, опір стиранню, добрий розподіл розміру частинок. Частинки повинні бути кубічної форми та мати гострі кути.

Внаслідок різноманітних динамічних навантажень від нерівностей рухомого складу та колії, контакти між зернами втрачаються та з'являється можливість зміни положення у боковому напрямку. Завдяки цьому ефекту підвищується знову інтенсивність осідань на відповідній шпалі, що було підтверджено лабораторними дослідженнями із динамічним навантаженням із тимчасовим та повним розвантаженням у.

Крім того, податлива нижня будова колії, а також зростаюче забруднення матеріалу, роблять свій внесок у підвищення інтенсивності осідань завдяки процесам зміни положення зерен. При цьому названі тут фактори впливу неможливо розглядати по окремої.

Виділяються наступні причини забрудненості баластного шару:

- розламування баластних зерен та відколювання початково гострих граней каменю через поїзне навантаження;

- дрібні складові частинки через механічне пошкодження частинок баласту при підбивці важкими колійними машинами;

- виникнення дрібних фракцій у новому баласті – через попереднє пошкодження внаслідок транспортування та завантаження, а також очищення щибенеочищувальними машинами;

- дрібні частинки через осадки з повітря, які складаються з дуже дрібного піску або частинок пилу;

- висипання вантажів при транспортуванні мінеральних речовин чи вугілля, залишки мінеральних та рослинних мастил;

- дрібні складові частинки, які піднімаються із земляного полотна (якщо немає достатньої несучої здатності чи фільтраційного шару);

- ріст бур'янів на колії (шкідливий вплив верхньої та кореневої частини рослинного шару).



Крім того, через недостатню висоту баластного шару, а також внаслідок нерівномірного розподілу навантаження відбувається зниження несучої здатності забрудненого баласту, особливо негативно це проявляється виплесками в стиках, особливо при перезволоженні земляного полотна.

Суть досліджень полягає у зменшенні часу для отримання результатів по оцінці забрудненості баласту, та спрощення його до використання однією або двома особами, якими можуть виступати монтери колії.

При дослідженні було взято по 20 проб на кожній ділянці колії 10 у шпальному ящику, та 10 у торці шпали на глибини 20 см, з різними характеристиками колії та з різницею у насадженнях.

За експериментальними даними ми отримали значення на 3 ділянках колії.

Для виконання робіт було витрачено 6-8 людино/годин на 1 км колії.

Порівняли забрудненість у шпальному ящику, та у торці шпали. Згідно з цього порівняння, бачимо що забрудненість баласту у шпальному ящику більша, у майже 3 рази ніж у торці шпали.

У ході проведення експрес методу, з визначення забруднення баласту, було визначено що, 1 км колії 1 монтер колії може за 1 робочий день перевірити забруднюваність 1 км колії.

Після застосування експрес методу, було зроблено такі висновки:

- 1) Максимальна забрудненість у торці шпали - 3.4 %
- 2) Максимальна забрудненість у шпальному ящику – 10,4 %
- 3) Забрудненість у торці шпали менша, за забрудненість у шпальному ящику.
- 4) Затрати часу на проведення експрес методу 4-8 людино-години на 1 км.

### **ВПЛИВ ПАРАМЕТРИЧНОЇ ЗМІНИ ПРИВЕДЕНОЇ МАСИ КОЛІЇ НА ВЕЛИЧИНУ ДОДАТКОВИХ ДИНАМІЧНИХ СИЛ МІЖ КОЛЕСОМ ТА РЕЙКОЮ**

Токарев С. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Tokarev Serhii. Influence of the reduced track mass parametric changing on a value of the extra dynamic forces between wheel and rail.*

**Summary.** *This article discusses a variable reduced track mass that varies along the railway track. For research, a previously tested mathematical model of a freight car was used. For comparison, we calculated the values of the vertical dynamic forces between wheel and rail in the loaded and empty modes of the wagon movement with the reduced track mass parametric changing. In addition, constant or variable track stiffness was considered. As a result, it was found that the values of pulsed dynamic additives can reach up to 8 % when we considered an empty mode and up to 3 % for a loaded mode.*

Переважна більшість теоретичних розрахунків щодо визначення сил взаємодії між колесом та рейкою, а також при визначенні динамічних показників якості руху вагонів, зазвичай побудована на тому, що в точці контакту рейки та колеса з останнім безперервно взаємодіє зосереджена в даній точці приведена маса колії, дія якої еквівалентна дії розподіленої маси на великій відстані. На сьогоднішній момент у світі зроблено багато спроб щодо точного визначення приведеної до одного колеса маси колії при взаємодії. Проте підтвердити теоретичні передумови з даного питання достатньо важко у зв'язку з відсутністю апробованих експериментальних методів оцінки.

Слід відмітити, що під час досліджень силової взаємодії достатньо мало уваги приділялось саме впливу зміни приведеної маси вздовж колії, що має місце під час проходження екіпажу ділянок з різною жорсткістю, наприклад, зона переходу від звичайної колії до переїзду чи мосту, або від хрестовини до перевідної кривої на стрілочному переводі.

В роботі пропонується розглядати приведену масу колії, що приймає участь у взаємодії з одним колесом  $m_{\text{пр}}^p(x)$  як нелінійну функцію, що змінюється за наступним законом:

$$m_{\text{пр}}^p(x) = \begin{cases} m_{\text{пр}0}^p, & x < l_1, \\ m_{\text{пр}0}^p + (m_{\text{пр}1}^p - m_{\text{пр}0}^p) \frac{(x-l_1)^2}{l_2} \left( 3 - 2 \left( \frac{x-l_1}{l_2} \right) \right), & l_1 \leq x < l_1 + l_2, \\ m_{\text{пр}1}^p, & l_1 + l_2 \leq x < l_1 + l_2 + l_3, \\ \dots \\ m_{\text{пр}k-1}^p, & \sum_{i=1}^{n-2} l_i \leq x < \sum_{i=1}^{n-1} l_i, \\ m_{\text{пр}k-1}^p + (m_{\text{пр}k}^p - m_{\text{пр}k-1}^p) \frac{(x-l_{n-1})^2}{l_i} \left( 3 - 2 \left( \frac{x-l_{n-1}}{l_n} \right) \right), & \sum_{i=1}^{n-1} l_i \leq x < \sum_{i=1}^n l_i, \\ m_{\text{пр}k}^p, & x \geq \sum_{i=1}^n l_i, \end{cases} \quad (1)$$

де  $m_{\text{пр}k}^p$  – приведена маса металевої частини відповідної ділянки;  $l_i$  – довжина відповідних ділянок.

Використовуючи принцип повної енергії системи та дисипативну функцію Релея встановлюється величина  $m_{\text{пр}k}^p$  за формулою:

$$m_{\text{пр}k}^p = \frac{3q^p}{2gk_z}, \quad (2)$$

де  $q^p$  – приведена вага 1 м рейко-шпальної решітки;  $k_z$  – коефіцієнт відносної жорсткості рейки та рейкової основи.

На рис. 1 зображено приклад моделювання змінної вздовж напрямку руху екіпажу приведеної маси колії.

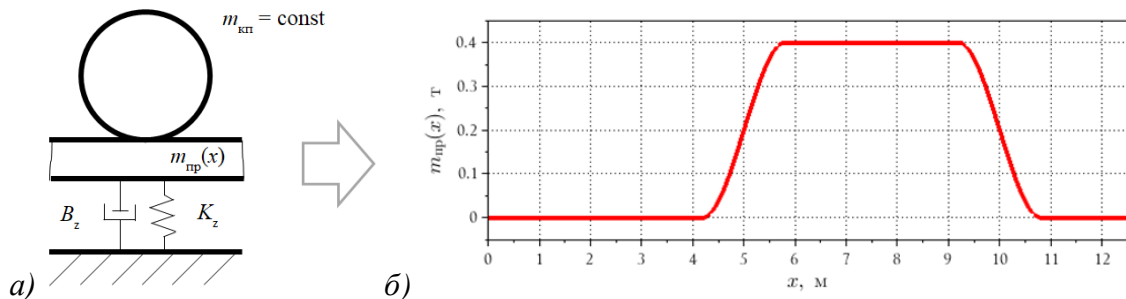


Рис. 1. Моделювання параметричної маси колії  
а) система «колесо-рейка»; б) графік зміни маси колії

В якості інструменту для проведення досліджень була використана раніше апробована математична модель вантажного вагона. Для додатково порівняння в систему також вводилась постійна та змінна жорсткість колії.

На рис. 2 показано осцилограми теоретично отриманих додаткових динамічних добавок до сил, що діють на колію. Характеристика колії: шпали залізобетонні, рейки типу Р65, модуль пружності підрейкової основи  $U_z = 67,7$  МПа. Приведена маса та жорсткість для обох рейкових ниток приймалась однаковою.

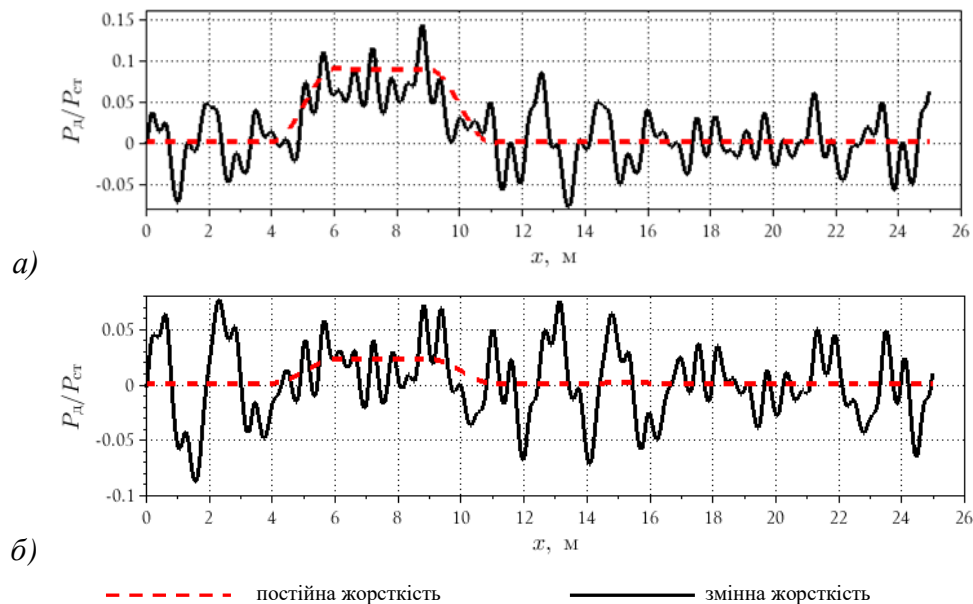


Рис. 2. Осцилограми динамічних добавок

а) порожній режим руху; б) завантажений режим руху

Аналіз теоретично отриманих даних показав, що значення динамічних добавок, викликані зміною приведеної маси колії, можуть досягати до 8 % у порожньому стані та до 3 % у завантаженому стані. Слід відмітити, що у поєднанні з нерівножорсткістю імпульсні збільшення динамічних сил можуть досягати до 14 % у порожньому стані.

Таким чином, за результатами проведених теоретичних досліджень встановлено, що врахування параметричної зміни приведеної маси колії дозволить більш адекватно описувати характер коливань системи «екіпаж-колія» при проходженні ділянок з достатньо різким коливанням маси елементів – стрілочні переводи, переїзди та ін.

## РЕЛАКСАЦІЯ ПРУЖНОЇ КЛЕМИ КП-5.2

Арбузов М. А., Токарьов С. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Arbuzov Maksim, Tokariyev Serhii. Relaxation of the elastic clamp KP-5.2.*

**Summary.** The main function of fastening - providing durability and reliability of fastening of rails to sleepers. In the KPP -5 type fastening, the fastening function is performed by an elastic clamp. Over time, the clamping force of the elastic clamp decreases. The phenomenon of relaxation of elastic clamps is studied in the work.

Під час проведення науково-дослідної роботи «Проведення експлуатаційних випробувань проміжних скріплень типу КПП-5 з попередньо напруженими залізобетонними шпалами на ділянках залізничної колії з підвищеною вантажонапруженістю» на замовлення ТОВ НВП «Корпорація КРТ» була вкладена дослідна ділянка на непарній колії перегону

Пантаївка – Користівка (320 км 3 пк – 321 км 2 пк) регіональної філії «Одеська залізниця». Вантажонапруженість ділянки під час виконання досліджень коливалась у межах від 87,1 млн. т·км бруто/км на рік до 94,3 млн. т·км бруто/км на рік.

Характеристики дослідної ділянки: максимальний ухил 6,8 ‰; вагова норма пасажирських поїздів 1400 т, вантажних – 5000 т/4600 т; ділянка електрифікована; установлена швидкість руху пасажирських поїздів 120 км/год., вантажних – 80 км/год.; кількість пасажирських поїздів по перегону за добу 32 пари, вантажних – 93 пари; ділянка обладнана автоматичним блокуванням. Колія безстикова з плітями довжиною до 800 м; рейки типу Р65; у межах дослідної ділянки розташовані пряма та дворадіусна крива з радіусами 874 м і 1062 м; баласт щебеневий, товщина не менше ніж 40 см, підвищення зовнішньої рейки в кривих 90 мм; довжина ділянки – 1000 м. Проміжне скріплення типу КПП-5.

На роботу пружних клем впливав не тільки пропущений тоннаж, а й механізм «релаксації» самої клеми. Для дослідження релаксації пружної клеми КП-5.2 на базі КМС-63 було зібрано рейко-шпальну решітку зі шпал СБ3-0 в кількості 5 шт, клем КП-5.2 та підрейкової прокладки ПРП-3.2. Зібрана рейко-шпальна решітка перебувала на базі КМС-63 під атмосферним впливом як і дослідна ділянка колії, такої ж конструкції, але без поїзного навантаження. Кожного разу, коли для вимірювання розміру «S» та «Z» знімалися-встановлювалися клема на дослідній ділянці, такі ж операції проводилися й на ланці з 5-ти шпал. Так було отримано залежності значень розміру «Z» та розміру «S» клеми від часу (умовно пропущеного тоннажу). Пропущеного тоннажу по цих клемах не було.

Як відомо з теорії механіки релаксація пружних елементів залежить від часу перебування під навантаженням, рівня робочих напружень, марки сталі, температурного режиму обробки, корозії, амплітуди зміни робочої температури. Інтенсивність релаксації з часом затухає.

Інтенсивність релаксації пружних властивостей клем затухає після 50-70 млн т бр умовно пропущеного тоннажу, що відповідає 7-10 місяцям експлуатації. Слід відмітити, що для клем дослідної ділянки час експлуатації однаковий, але прояви релаксації різні. Найбільші прояви релаксації на клемах без поїзного навантаження. Клеми, що перебувають в роботі під змінним поїзним навантаженням мають менші прояви релаксації. Це пояснюється тим, що під колесом прокладка стискається, і робочі напруження в клемі періодично зменшуються. А релаксація тим вища, чим більший рівень робочих напружень.

Так відомо з автомобільного господарства, що пружини амортизаторів автомобіля, який законсервований, «сідають» швидше, ніж пружини автомобіля, який перебуває в експлуатації.

Відношення пропущеного тоннажу до вантажонапруженості дає час експлуатації. Тому для подальшого вивчення релаксації було зібрано додаткові дані. На ст. Дніпро Вантажне було виконано обміри скріплення в кривій ділянці колії радіусом 745 м. Підвищення зовнішньої рейки 48 мм. Ширина колії 1530 мм. Стан колії оцінюється «добре». Встановлена швидкість 60/60 км/год. Пропущений тоннаж 49,7 млн т бр. Вантажонапруженість 7,1 млн т км бр/км за рік. Клема ПК-5.2, вкладиш ВІП-65.1, прокладка ПРП-2.1.

На ст. Верхівцеве було виконано обміри скріплення в кривій ділянці колії радіусом 885 м. Підвищення зовнішньої рейки 25 мм. Ширина колії 1522 мм. Стан колії оцінюється «добре». Встановлена швидкість 120/80 км/год. Пропущений тоннаж 46,9 млн т бр. Вантажонапруженість 49,7 млн т км бр/км за рік. Клема ПК-5.2, вкладиш ВІП-65.1, прокладка ПРП-3.2.

На перегоні Пантаївка - Користівка було виконано обміри скріплення в кривій ділянці колії радіусом 874 м. Підвищення зовнішньої рейки 95 мм. Ширина колії 1527 мм. Стан колії оцінюється «добре». Встановлена швидкість 120/80 км/год. Пропущений тоннаж 46,1 млн т бр. Вантажонапруженість 87,1 млн т км бр/км за рік. Клема ПК-5.2, вкладиш ВІП-65.11, прокладка ПРП-3.2.

З аналізу всіх отриманих даних випливає, що релаксація сповільнюється приблизно після 1 року експлуатації, але не зупиняється. Якщо нанести на раніше отриманий процес релаксації значення отримані за додатковими вимірами, то стає наглядно видно, що процеси збігаються. Це вказує на те, що окрім поїзного навантаження на пружну клему ПК-5.2 чинить вплив ще й час експлуатації.

## ВИТРАТИ РОБОЧОЇ СИЛИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СТАНУ КОЛІЇ

Патласов О. М., Федоренко Є. М.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Patlasov Oleksandr, Fedorenko Yelyzaveta. Labor costs depending on the condition of the track.*

**Summary.** *The issue of the intensity of the accumulation of residual deformations in the track is directly related to the economics of its operation, the calculations and studies of the railway track together with the strength parameters and those that solve safety issues should make it possible to determine the intensity of residual deformation accumulation depending on track design, and the influence of rolling stock and its mode of rotation on the track. The authors have developed methods for determining labor costs depending on the track disorder based on achieving the minimum cost of the life cycle.*

В умовах нових форм і методів господарювання, дефіциту матеріальних, фінансових і людських ресурсів найважливішим критерієм удосконалювання системи утримання залізничної колії є економічні показники. Це, у першу чергу мінімальні витрати на ремонти і поточне утримання колії при безумовному забезпеченні безпеки руху поїздів із встановленими або достатніми швидкостями і при забезпеченні заданих обсягів перевезення.

У залізничній колії та її елементах під впливом рухомого складу накопичуються залишкові деформації у вигляді нерівномірних осадів земляного полотна і баластного шару, зносу шпал, рейок і скріплень.

Інтенсивність накопичення залишкових деформацій залежить від багатьох факторів: типу і конструкції верхньої будови колії, плану і профілю лінії, вантажонапруженості, пропущеного тоннажу, виду та кількості проведених ремонтних робіт, навантаження на вісь рухомого складу, швидкості руху поїздів, кліматичних умов та ін.

Залежно від чинників, що впливають на накопичення залишкових деформацій і несправностей, вони поділяються на 3 групи:

1 – зумовлювані параметрами, прийнятими при розрахунку конструкції колії. Вони можуть бути розподілені рівномірно уздовж колії - загальний осад колії, осад польової рейкової нитки і т.д;

2 – проявляються при неправильному утриманні будь-яких елементів колії (наприклад, угон колії виникає при незадовільному утриманні протиугонних пристроїв або клемних болтів; просадки стиків збільшуються внаслідок ослаблення стикових болтів);

3 – що виникають внаслідок неоднорідності міцнісних та інших властивостей окремих елементів колії, особливо земляного полотна, баластного шару, шпал і частково металевих елементів верхньої будови. Ці деформації мають, як правило, точковий характер, можуть швидко розвиватися і викликати порушення плавності і безпеки руху.

Оскільки питання інтенсивності накопичення залишкових деформацій в колії безпосередньо пов'язано з економікою її експлуатації, то розрахунки та дослідження залізничної колії разом із параметрами міцності і тими, що вирішують питання безпеки, повинні давати можливість визначати інтенсивність накопичення залишкових деформацій залежно від конструкції колії, системи її утримання та впливу рухомого складу і його режиму обертання по колії.

Тому, необхідним є розробка методів визначення витрат робочої сили в залежності від розладу колії на основі досягнення мінімальних витрат вартості життєвого циклу.

Періодичність ремонтів колії на залізницях України визначається за нормами встановленими «Положенням про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України», яке передбачає виконання системи основних організаційно-технічних заходів по ремонту та утриманню колії, спрямованих на забезпечення безпеки руху поїздів з встановленими швидкостями. В свою чергу, «Положенням» розраховані однакові витрати на проведення ремонтно-колійних робіт незалежно від фактичного стану колії.

В умовах обмеженого фінансування норми витрат матеріалів і робочої сили на поточне утримання та ремонт колії й інших пристроїв колійного господарства залізниць України необхідно визначати за фактичним станом та показниками колії та колійних пристроїв.

Авторами запропоновано методику визначення витрат робочої сили в залежності від розладів колії, яка в свою чергу дозволяє збільшити ефективність функціонування колійного господарства за рахунок зменшення витрат робочої сили та оптимізувати систему ведення колійного господарства.

### КЛАСИФІКАЦІЯ ТА РІЗНОВИДИ БЕЗБАЛАСТНОЇ КОНСТРУКЦІЇ КОЛІЇ

Курган Д. М., Ковальський Д. Л.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Kurhan Dmytro, Kovalsky Denys. Classification and types of the slab track construction.*

**Summary.** *Blessed designs of the upper structure of the track are often considered the main innovation decision in the construction of railways. Transferrests of disorders of the track before traditional superstructures is a stable geometry of the path, longer service life and less need for maintenance There are RHEDA, its advantages and disadvantages and the possibility of concluding such a design on the railways of Ukraine.*

Сьогодні на магістралях світу використовуються дві принципово різні конструкції залізничної колії: традиційна залізнична колія на баласті й безбаластна. Безбаластні конструкції верхньої будови колії нерідко вважають головним інноваційним рішенням останніх десятиліть у галузі будівництва залізниць.

Під терміном безбаластна колія поєднується декілька доволі різноманітних конструкційних рішень. Суттєва різниця полягає в конструкції підрейкової основи: це може бути колія на окремих опорах (на шпалах, напівшпалах або спеціальних блоках) та на безперервній основі у вигляді плит. При колії на окремих опорах можливі такі варіанти: залізобетонні шпали (або напівшпали) встановлені монолітно в шарі бетону; залізобетонні шпали укладені на бетонну або асфальтно-бетонну основу з анкерним кріпленням; бетонні блоки з встановленими в заводських умовах рейковими скріпленнями.

Конструкції без шпали поділяються на збірні (рама, плити) та монолітні (газонний шлях, Hochtief, FFC, BES, BTE-BWG/WBG, BTE-Hilti). Шпали або стійки (наприклад, система Rheda, система Züblin), забетоновані в дорожню плиту з монолітного бетону, з опорою несучого шару з гідравлічної зв'язкою.

З найбільш поширених варіантів колії зі шпалою можна виділити Rheda Zublin, Rheda Berlin, Heitkamp, SBV (шпала є вкладеною) та ADT, BTD, Getrac, Sato, Walter (шпала є точкою опори).

На безбаластних ділянках рейки жорстко прикріплені до спеціальних бетонних шпал, які закладаються в бетон. Таким чином безбаластні колії забезпечують високу стабіль-

ність геометрії ділянки, коригування якої неможливо після бетонування. Отже, безбаластні колії повинні бути забетоновані з допуском 0,5 мм. Пружність баласту в традиційній залізничній конструкції замінюється гнучкістю між рейками і бетонними шпалами і бетонної або асфальтової плитою, а також внутрішньої пружністю конгломерату шпал, тоді як бетонна або асфальтова плита зазвичай непружна.

Перевагами безбаластних конструкцій колії перед традиційними конструкціями є стабільна геометрія колії, більш тривалий термін служби і менша потреба в технічному обслуговуванні.

Геометрія колії без баласту досягається в основному за рахунок його відносної непружності в порівнянні з традиційною конструкцією, що призводить до набагато менших деформацій і в цілому більш плавного ходу.

До інших переваг безбаластних конструкцій колії відносяться більш якісні і контрольовані дренажі, усунення пошкоджень летючим баластом на рухомому складі та будівельних конструкціях, більш дрібна конструкція і можливість проїзду на ділянках, таких як переходи. При використанні на станціях безбаластну колію легше чистити.

Основним недоліком безбаластних конструкцій колії є їх значно вища вартість первинного будівництва, однак вартість життєвого циклу безбаластних колій зазвичай нижче, ніж у колій з баластом, через значно меншу кількість обслуговування.

Іншими недоліками безбаластних конструкцій колії є неможливість регулювання або коригування геометрії колії після того, як бетон був закладений, більш високий рівень шуму і тощо.

Авторами розглянуто варіант застосування безбаластної конструкції колії з вкладеними шпалами є Rheda, визначено її переваги та недоліки та можливість укладання такої конструкції на залізницях України.

Враховуючи, що безбаластна конструкція Rheda може розмішуватися безпосередньо на ґрунті, безперечно, що саме шар ґрунту буде найбільш вразливим елементом за критеріями міцності. Було досліджено розподілення напружень під плитою в шарі ґрунту.

Для порівняння отримано аналогічне розподілення напружень для конструкції залізничної колії на баласті (залізобетонні шпали, баласт товщиною 0,6 м).

На основі порівняння результатів розрахунків встановлено, що для безбаластної конструкції характерні більші (до 100 %) значення напружень на поверхні ґрунту (на основній площадці земляного полотна). Починаючи з глибини приблизно 20 см, максимальні значення напружень в ґрунті для обох конструкцій колії не мають суттєвої різниці, але для безбаластної колії обрис розподілення навантаження для однакової відмітки глибини є більш рівномірним.

Вибір того чи іншого варіанту конструкції безбаластної колії, як і в загалі вибір між безбаластною конструкцією і залізничною колією на баласті, потребує докладних техніко-економічних розрахунків.

## **ПРАКТИЧНІ РОБОТИ З ПЕРЕБУДОВИ ПЛАНУ ЗАЛІЗНИЦЬ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ ПОЇЗДІВ**

Курган М. Б., Байдак С. Ю., Гусак М. А., Хмелевська Н. П.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Kurhan Mykola, Baidak Serhii, Gusak Marina, Khmelevska Nela. Practical works on reconstruction of the railway plan to increase the speed of trains.*

**Summary.** *Based on the results of the study, suggestions are given for substantiation of the parameters of the curves in each section, taking into account the level of the set maximum allowable speed. The level of speed is determined by the complexity of the line plan and the*

*current state of the track infrastructure, provided that the track remains within the existing diversion lane.*

Дослідження з удосконалення плану існуючих залізниць виконувались в період 1985-1990 рр. у відповідності до тих чи інших програм: «Швидкість», «Прогрес», які згодом були об'єднані в єдину галузеву науково-технічну програму підвищення швидкостей руху «Прискорення». Питання збільшення радіусів кривих розглядалися вибірково, тому що це було пов'язано з одного боку з високою вартістю робіт з реконструкції лінії, з іншого боку – з обмеженим фінансуванням.

Пізніше, за участю ДНУЗТ була запропонована Концепція Державної цільової програми впровадження на залізницях швидкісного руху пасажирських поїздів на 2005-2015 роки, на основі якої була розроблена Державна цільова програма впровадження на залізницях швидкісного руху пасажирських поїздів на 2008-2015 роки. Прийняття Програми було зумовлено необхідністю сполучення великих обласних та промислових центрів країни зі столицею, країнами Західної Європи.

В рамках цієї програми була проведена реконструкція залізничних магістралей та їх інфраструктури на напрямках Київ–Харків, Київ– Дніпро, Київ–Хутір-Михайлівський, Київ–Львів; укладено понад 6 тис. км безстикової колії; введено в експлуатацію 370 безстикових стрілочних переводів з безперервною поверхнею кочення; покладено 3,3 тис. км колії на залізобетонних шпалах з пружними скріпленнями. Як результат цих заходів – збільшена швидкість руху пасажирських поїздів до 140-160 км/год на більш ніж 1,8 тис. км головних колій магістральних напрямків.

За завданням Укрзалізниці у 2015 р. було розроблено техніко-економічне обґрунтування (бізнес-план) концепції перевodu пасажирських перевезень в далекому сполученні з переважно нічних на переважно денні поїзди. Відповідно до плану пропонувалося замінити 42 пари нічних поїздів, в яких задіяно 1276 вагонів, 17 парами денних поїздів, в яких задіяно лише 306 вагонів. Зазначені заходи дозволять не допустити падіння обсягів перевезень і до 2021 року збільшити перевезення денними поїздами на 8,3-8,7 млн пасажирів.

У 2020 році загальна довжина маршрутів швидкісних поїздів «Intercity» і «Intercity+» склала 6332 км, а найбільша маршрутна швидкість досягла 103-119 км/год і реалізувалась поїздами на ділянках Київ-Харків, Київ-Перемішль, Київ-Львів.

Щоб збільшити швидкість руху поїзда в кривих ділянках колії до 140-160 км/год і більше необхідно виконати виправлення кривих в плані з відновленням проектних радіусів, як того вимагає Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України (ЦП-0287).

На ділянках залізниць, де передбачається перебудова кривих, можуть прийматись різні рішення щодо параметра  $C = R \cdot l$ , при якому забезпечується встановлена максимальна швидкість. В результаті проведеного дослідження було встановлено, що параметр  $C$  слід приймати таким, щоб  $C \rightarrow \max$  при  $R \rightarrow \min, l \rightarrow \max$  для отримання мінімальної будівельної вартості реконструкції плану лінії.

Важливим питанням було й залишається обґрунтування мінімального радіусу кривих. Особливістю цього дослідження є те, що при визначенні  $R_{\min}$  враховувалася спеціалізація напрямків: суто пасажирський рух, переважно пасажирський рух, суміщений рух поїздів.

Якщо розглядається перший варіант, то мінімальний радіус кривої можна визначити з відомої формули підвищення зовнішньої рейки. При переважно пасажирському русі та наявності поїздів інших категорій, наприклад, вантажних, мінімальний радіус кривої встановлюється за умови, що розрахункове підвищення зовнішньої рейки в кривих більше чи дорівнює мінімально допустимому підвищенню зовнішньої рейки для пасажирських поїз-



дів та менше чи дорівнює максимальній допустимій величині підвищення зовнішньої рейки для вантажних поїздів.

За результатами виконаних розрахунків встановлено, що для реалізації максимальної швидкості 160 км/год на напрямках суто пасажирського руху може бути мінімальний радіус 1200 метрів, на напрямках суміщеного руху при максимальній швидкості пасажирських 160 км/год і відношенні мінімальної швидкості вантажних до максимальної швидкості пасажирських 0,5 мінімальний радіус становить 1300 м, при відношенні 0,375 – 1600 м.

Необхідність корегування параметрів кривих з'явилась ще при впровадженні на залізницях України прискореного руху поїздів. Так, з метою підвищення швидкості руху поїздів на напрямку Миронівка – П'ятихатки «Одесжелдорпроектом» було запропоновано перебудувати 21 криву, в тому числі 8 – у межах смуги відводу і 13 – за її межами. Частково ці пропозиції були реалізовані.

Аналіз плану на складній ділянці Т. Шевченка – Знам'янка показав, що криві складають 42,5 % від загальної довжини лінії, середній радіус – 940 м. Основними перешкодами є криві радіусами менше за 1200 м. Було встановлено, що на цій ділянці реалізація швидкості 160 км/год приведе до значної перебудови кривих і, як наслідок, до зміщення вісі колії на нове земляне полотно за межі смуги відводу. Тому максимальний рівень швидкості прийнято 120-140 км/год.

На ділянці Миронівка–П'ятихатки при існуючих параметрах плану лінії встановлені максимальні швидкості поїздів 100-120 км/год. На окремих ділянках можливе збільшення швидкості на 10-20 км/год після зміни підвищення зовнішньої рейки в кривих відповідно до Правил ЦП-0236. Обов'язковим є винос стрілочних переводів за межі кривих із збільшенням допустимих швидкостей руху поїздів по станціях і на підходах до них.

При підвищенні швидкості руху на станціях і в кривих, після їх виправки час руху поїздів від ст. Миронівка до ст. П'ятихатки відповідно з тяговими розрахунками становитиме близько 180 хвилин, а середня ходова швидкість – 100 км/год.

Подальше збільшення швидкості і зменшення часу руху поїздів пов'язане зі значним перебудовою кривих, що тягне за собою винесення траси на нове земляне полотно. Для реалізації цих заходів необхідно грошові витрати за розрахунком 7-9 млн грн. на 1 км перебудови. При цьому перебудова, наприклад, 12 кривих загальної протяжності 8,2 км в сприятливих за профілем умовах, дає економію часу руху поїзда 1-1,5 хв. і складає близько 61 млн грн.

Роботи з перебудови кривих виконувались і на інших напрямках залізниць України, наприклад, Київ–Полтава–Красноград–Лозова–Донецьк, Київ–Коростень–Здолбунів–Львів. На стратегічному напрямку Полтава–Красноград–Лозова національного пасажирського транспортного коридору були запропоновані роботи з розширення земляного полотна для збільшення радіусів десяти кривих до 1500-1600 м, які за своїми параметрами стримували встановлену максимальну швидкість 160 км/год.

Доцільність розширення земляного на ділянці Полтава-Лозова пояснюється невисокими насипами в місці розташування кривих і невеликими обсягами земляних робіт.

На основі проведеного дослідження встановлено, що при вирішенні питання перебудови кривих виникають певні труднощі щодо вибору варіанту реконструкції. Може бути варіант виправлення кривих за умови, що колія залишається на існуючому земляному полотні або перебудова кривих зі зміщенням осі колії але за умови, що зміна положення плану відбувається у межах смуги відведення і, на кінець, варіант переходу на нову трасу за межами смуги відведення. Авторами запропонована методика оцінки ефективності таких варіантів в залежності від виділених інвестицій, обсягів робіт і умов експлуатації залізниці.

## ІСНУЮЧІ КОНЦЕПЦІЇ ЩОДО ВИПРАВКИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ВПР

Гаврилов М. О., Хмелевська Н. П., Шульга Д. А.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Havrylov Maksym, Khmylevska Nela, Shulga Denys. Existing concepts concerning railway correction with the use of modern machines.*

**Summary.** *Three basic concepts of railway track straightening by tamping machines are considered. The first concept is foreign technology using the GPS navigation system and the creation of a model in three dimensions. The attention is focused on the outdated systems used on the Ukrainian railways.*

Транспортна стратегія України прийнята на період до 2030 року вже сьогодні вимагає підвищення швидкостей для залізниць України та подальшої інтеграції у європейську транспортну мережу.

В процесі експлуатації на залізничну колію впливають поїзні навантаження, які передаються на баластний шар і викликають його пружні залишкові деформації. З плином часу деформації накопичуються, як правило, нерівномірно на всьому протязі ділянки, починають спостерігатися розлади колії, що викликають експлуатаційні обмеження, які безпосередньо впливають на швидкість та безпеку руху. Для усунення експлуатаційних обмежень та забезпечення плавного і безпечного руху поїздів періодично потрібно встановлювати колію в проектне положення і одночасно фіксувати її ущільненням баластного шару. У колійному господарстві ці операції, в основному виконуються машинами і механізмами для виправки колії та ущільнення і стабілізації баластної призми.

Виправка колії – один з найбільш трудомістких процесів і в той же час найбільш значимий, тому що від якості виправки колії залежать експлуатаційні характеристики (плавність, швидкість та інші), безпека руху, витрати на поточний ремонт та утримання. Виправка колії проводиться при всіх видах ремонту, реконструкції та новому будівництві.

Сьогодні на залізницях України працюють два види машин, які виконують виправку колії. Умовно їх можна поділити на рихтувальні та виправно-підбивно-рихтувальні. У зв'язку з тим, що рихтувальні машини не ущільнюють баласт під шпалами, а відповідно не фіксують рейко-шпальну решітку – їх використання суттєво обмежено і в майбутньому малоперспективне. Таким чином, на шляху модернізації колії для підвищення швидкостей, виправно-підбивно-рихтувальні машини є безальтернативними для виконання робіт по виправці колії в плані й поздовжньому профілі.

Аналіз вітчизняної та закордонної практики виправки колії з використанням машин дозволив виділити три основні концепції виправки колії, а саме:

**Перша концепція** базується на використанні автоматизованої системи з можливістю створенням тривимірної моделі колії заснованої на зйомці плану й поздовжнього профілю базовою системою машини типу ВПР та прив'язкою цієї зйомки до координат системи супутникового позиціонування посиленою базовими станціями на землі (Deutsche Bahn Reference System) була створена компанією Plasser & Theurer у співпраці з Австрійською Федеральною залізницею і DB Netz і з січня 2006 року поетапно впроваджувалася на залізницях Німеччини (DB).

Перевага системи в тому, що лазер бере на себе вимірювання хорди у випадках, коли прийом із супутника недоступний через топографічні особливості. Така концепція на сьогодні є передовою, але не може бути застосованою без системи посилення базовими станціями позиціонування на землі на кшталт німецької системи Deutsche Bahn Reference System.

Сьогодні на території України вже працює та активно розгалужується комерційна мережа станцій посилення позиціонування на землі TNT GNSS Network, яка надає користувачам доступ до GNSS-даних через Internet, також можливий доступ до корегувальної інформації в форматі RTCM по протоколу NTRIP, а в межах зони дії станцій можливе виконання робіт в режимі RTK (Кінематика в реальному часі) з точністю до 1 мм.

Хоча служби колії Укрзалізниці не використовують цю мережу, вже сьогодні, не суттєво модернізувавши техніку для зйомки і виправки колії, можна почати паспортизацію та виправку колії використовуючи глобальну систему координат. Надалі при використанні та розвитку цієї мережі відкриваються перспективи повної паспортизації колії в глобальній системі координат, створення віртуальної реперної системи, а також виправка колії машинами важкого типу за проектними координатами без попередніх вимірювальних заїздів.

**Друга концепція** базується на використанні зарубіжної автоматизованої системи з можливістю створення двовимірної моделі колії заснованої на зйомці плану й поздовжнього профілю базовою системою машини, яка використовується в Україні з прив'язкою по довжині, але без прив'язки до координат. Системи цього класу, які з'явилися в середині 90-х років мають можливість роботи у двох режимах. Перший – використання принципу згладжування нерівностей, але з збільшеним коефіцієнтом згладжування, забезпечуючи необхідну плавність виправленої колії, без використання вимірювальної поїздки. Другий – з використанням вимірювальної поїздки для визначення просторового положення колії, введенням до роботи обмежень на зсуви і піднімання колії, та прив'язкою по довжині колії що виправляється. В обох режимах для контролю і управління системою використовується комп'ютер з відповідним програмним забезпеченням.

Вказані системи можуть працювати як без так і з вимірювальною поїздкою. Однак ці системи не дозволяють виявляти і виправляти довгі нерівності колії, так як працюють за принципом зменшення нерівностей колії в межах своєї геометричної довжини. Для виправки нерівностей довжиною більшою ніж їх геометрична довжина необхідно використовувати метод «фіксовані точки» з проведенням геодезичної зйомки та відповідними розрахунками, або з використанням лазерного візка, який дає змогу подовжити вимірювальну хорду.

**Третя концепція** базується на використанні методу «згладжування» базовою 3-х або 4-х точковою системою вітчизняної машини типу ВІР, без зрівнювання по довжині, прив'язки до координат та створення моделі колії. Ці системи використовуються ще з 90-х років за принципом «згладжування» і до сьогодні в своїй конструкції не мали суттєвих змін. Система базується на 3-х або 4-х точковому методі рихтування в залежності від кількості датчиків стріли вигину (1 або 2 відповідно), встановлених на виправно-підбивно-рихтувальній машині. Система рихтування може бути використана для роботи методами «згладжування» або «фіксованих точок». Єдина вірна технологія використання методу «згладжування» в криволінійних ділянках колії передбачає введення поправок, які визначаються проектними параметрами кривої. Ці, застарілі системи досі використовуються в підприємствах Укрзалізниці, але ані кваліфікація обслуговуючого персоналу, ані складна система керування виправкою не відповідає сучасним вимогам до виправки колії.

Сьогодні на залізницях України склалася унікальна ситуація коли можна впровадити новітні технології контролю просторового положення залізничної колії базуючись на досвіді закордонних колег. Чим раніше почнеться реалізація визначення проектного положення плану, тим швидше покращиться ситуація із зносом рейок та комфортністю їзди.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ УЩІЛЬНЮЮЧИХ МАШИН ТА ТЕХНОЛОГІЇ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТІВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЗАЛІЗНИЦЬ

Главацький К. Ц.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Hlavatskyi Kazymyr. Improvement of parameters of sealing machines and technology of soil sealing.*

**Summary.** *When constructing modern high-speed railways, it is necessary to ensure the guaranteed stability of the lower structure of the track during the design period of its operation. In this case, it is necessary to ensure maximum productivity and minimum energy intensity of the proposed technological processes of its construction. The scientific basis of adjustment of the parameters of sealing machines and technological schemes of their use with the purpose of accelerating the process of compression and reduction of the number of machines are offered.*

При будівництві залізничних доріг стабільність їх просторового розміщення визначає гарантована жорсткість ґрунтового масиву нижньої будови колії протягом встановленого терміну експлуатації дороги за умови виключення факторів, які можуть змінювати задані фізико-механічні властивості ущільненого ґрунту. Зокрема, вологість ґрунту повинна бути в межах допустимих норм. При цьому жорсткість ґрунту визначатиме якість його ущільнення робочими органами (РО) ґрунтоущільнювальних машин (ГУМ).

При виборі ГУМ для даного технологічного процесу спорудження земляного полотна залізниць визначальними факторами є забезпечення максимально можливої продуктивності та мінімальної собівартості виконання робіт за рахунок прискорення ущільнення ґрунту шляхом скорочення витрат часу та енергоносіїв і зменшення загальної кількості ГУМ. Скорочення витрат часу та енергоносіїв можна досягти підвищивши інтенсивність ущільнення ґрунту, тобто активізувавши ущільнювальну дію на нього РО ГУМ, наприклад, використовуючи РО блокуючої дії на ґрунт і змінюючи їх загальне привантаження. Зменшити число ГУМ можна створенням машин нового покоління з комбінованим використанням РО коткового і площадкового пересувного типу статичної і динамічної дії.

Дослідженнями встановлено, що відомі групи ГУМ мають різні діапазони показників через певні типорозмірні ряди машин та область їх застосування. На практиці це призводить до наявності у комплексі для ущільнення ґрунту одночасно декількох типів ГУМ.

Щоб порівняти ефективність роботи різних груп ГУМ різних виробників запропонована методика визначення відносних та узагальнюючих показників даних машин на основі відомих їх технічних характеристик, на основі яких рекомендовані зміни розрахункових діапазонів їх основних і допоміжних параметрів при проектуванні для розширення області їх використання при ущільненні ґрунту за даними технологічними схемами. Розширення діапазону застосування ГУМ забезпечує введення в їх структуру вібраційних систем (ВС). Відомі ГУМ мають ВС з жорстко фіксованими параметрами, що суттєво обмежує технологічні умови їх використання. У сучасних ГУМ комбіноване застосування різнотипних РО обмежене спільним типом, до якого вони відносяться (наприклад, для котків застосовуються тільки вальці, що відрізняються формою робочої поверхні).

Модернізація ГУМ за модульним принципом має суттєві переваги перед іншими варіантами: по-перше, окремі їх конструктивні елементи можна виконувати у вигляді уніфікованих блоків – модулів, з яких можна зібрати потрібну конфігурацію ГУМ; по-друге, не погіршується початковий стан машини; по-третє, зменшується номенклатура конструктивних елементів і машин у цілому, оскільки кожна машина може комплектуватися змінними модулями, що призводить до поліпшення їх якості.

Суть пропозиції - у дослідженні і розробці адаптерного дебалансного модуля з автономно керованими і логічно пов'язаними дебалансними елементами.

Спрямування ж збурюючої сили у горизонтальному напрямку щодо поверхні ґрунту дозволить створити у його масиві поряд з вертикальними і горизонтальні коливання, сприятливі для більш ефективного виходу зі скелету ґрунту рідинної і газоподібної фаз.

Виконані дослідження, систематизація і наглядне представлення співвідношень між технологічними параметрами віброкотків для визначення діапазонів їх раціональних значень і оптимальних показників роботи. Для прикладного використання запропонованих рішень розроблені компоновальні схеми машин з РО у вигляді котків і віброплит.

При поєднанні в одній ГУМ різних типів РО зміняться її технологічні можливості, а також скоротиться парк ГУМ. Автором запропоновані котки з багатьма робочими вальцями різних діаметрів і форми їх робочих поверхонь блокуючої дії на ґрунт, та котки, на базі яких встановлені віброплощини і трамбівки з робочими поверхнями блокуючої дії на ґрунт, які, при необхідності, можна замінити на традиційні гладенькі. Прикладом нових видів ГУМ з комбінованими РО є ряд запатентованих автором технічних рішень.

Загальною характерною особливістю всіх запропонованих технічних рішень є їх будова за модульним принципом, особливо стосовно швидкозмінних робочих органів чи їх робочих поверхонь, а також ВС модульного типу (ВСМТ), що сприяють інтенсифікації процесу ущільнення ґрунту шляхом поступового підвищення тиску в зоні контакту робочих поверхонь РО з ґрунтом за рахунок використання додаткової збурюючої сили.

Базовою гіпотезою при розробці нових видів ГУМ є створення напружень на поверхні контакту їх РО з ґрунтом, що перевищують межу пластичності, з одночасним забезпеченням обмеження вислизання ґрунту з-під їх робочих поверхонь, тобто блокування ґрунту. При цьому очікується підвищення продуктивності ущільнення ґрунту за рахунок скорочення часу доведення масиву ґрунту до стану максимально можливого ущільнення.

Особливістю запропонованих РО ГУМ є їх здатність до блокованого ущільнення ґрунту, що збільшить їх продуктивність за рахунок збільшення питомого тиску на ґрунт РО з ВС і створення умов не вислизання ґрунту з-під контактуючої з ним поверхні РО.

Робочі поверхні РО блокуючої дії досліджуються для усіх видів ГУМ. При цьому визначені діапазони їх раціональних параметрів.

Порядок роботи РО ГУМ характеризується поступовим зменшенням їх контактної площі з ґрунтом шляхом зміни розмірів і форми їх робочої поверхні або поступовим збільшенням навантаження на РО за рахунок ВСМТ, ефективність роботи якої визначається зокрема за рахунок раціонального вибору форми і розмірів дебалансів. Виконаний параметричний розрахунок кругового, секторного, сегментного, квадратного, кільцево-сегментного та шестигранного дебалансів щодо визначення їх форми і відносних розмірів згідно основного критерію їх вибору - максимальної збурюючої сили.

Встановлено, що максимальну збурюючу силу створює кільцево-сегментний дебаланс, а мінімальна маса дебалансу, при заданих однакових умовах, буде при круговому дебалансі. Продовжується розробка та аналіз схем віброблоків та віброконтурів з симетрично і асиметрично встановленою парною і непарною кількістю дебалансів однакових рівнопропорційних і різнопропорційних мас, що мають синхронні і асинхронні кутові швидкості обертання у одному і різних напрямках, а також здатні адаптуватися до заданих умов роботи за рахунок виконання механізмів їх налаштування на заданий режим роботи.

Важливо забезпечити уніфікацію запропонованих віброблоків та віброконтурів для їх використання у ґрунтоущільнювальних котках вібростатичної дії нового покоління з принципово новими технологічними можливостями, віброплит та вібротрамбівок.

Запропоновані РО ГУМ забезпечать прискорене ущільнення ґрунту у вертикальному, горизонтальному та похилому напрямку шляхом збільшення напруження у ґрунті під поверхнею РО при його блокуванні, що підвищить ефективність і якість і ущільнення.

## ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ ДИНАМІЧНОГО УЩІЛЬНЕННЯ ГРУНТОВОГО НАСИПУ АВТОМОБІЛЬНИХ І ЗАЛІЗНИЧНИХ ДОРІГ З РЕЛЬЄФНИМИ РОБОЧИМИ ПОВЕРХНЯМИ

Главацький К. Ц., Черкудінов В. Е.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Hlavatskyi Kazymyr, Cherkudinov Volodymyr. Research and development of working bodies of machines for dynamic density of the milling road machine and railway relays.*

**Summary.** *This thesis is related to the development and substantiation of physical models of variable working bodies of vibroplates and vibrations for effective sealing of bulk binding soil, as well as soil under normal conditions of occurrence. The purpose of the work is to increase the productivity of GUM in order to ensure maximum soil compaction by applying profile surfaces of the working bodies of the GUM of dynamic action with relief working surfaces of blocking action on the soil.*

Вібротрамбівки використовують при ущільненні спорудженого ґрунтового полотна залізничної колії, у зв'язку з тим, що перспективна тенденція організації швидкісного руху, який пов'язаний з якістю утворення нижньої і верхньої будови колії. Зокрема, нижня будова колії суттєво залежить від якості ущільнення ґрунту. Крім того, створюючи другі колії та збільшуючи радіуси кривих, можна досягти підвищення швидкості руху на базі існуючих залізниць. Вібротрамбівки забезпечують ефективне ущільнення зв'язних та незв'язних ґрунтів (у тому числі і крупно улаmkових, а також сухої глини), як правило, на другому етапі їх ущільнення, тобто після роботи машин коткового типу. Область їх використання поширюється на ущільнення ґрунтового полотна доріг, які будуються, перед та після укладки асфальтного чи бетонного покриття, для ущільнення основи під дамбами та відкосів насипів, в обмежених габаритних умовах і незручних місцях та при ущільненні засипаних котлованів, траншей, ям.

Основна перевага трамбівки перед котками у тому, що цими машинами можна продуктивно ущільнювати шари ґрунту значної товщини, проводити ущільнення окремих ділянок насипу та використовувати їх в комплексі з іншими ущільнюючими машинами.

Ефективне ущільнення зв'язних та незв'язних ґрунтів можливе з використанням віброплощадок і вібротрамбівки. Такі ґрунтоущільнюючі машини (ГУМ) використовуються, переважно, при ущільненні незв'язних чи слабо зв'язних ґрунтів (піщаних, супіщаних). Область їх використання поширюється також на усі обсяги робіт, пов'язані з локальним ущільненням ґрунту у місцях, важкодоступних чи взагалі не доступних для машин коткового типу. Такі машини можуть бути використані не тільки для остаточного оздоблення ущільненої поверхні, а і для проміжного ущільнення ґрунту.

Всі відомі ГУМ статичної і динамічної дії побудовані з урахуванням основного принципу ущільнення ґрунтів, а саме створення на поверхні ґрунту напружень, що не перевищують межу пластичності ґрунту.

Було б доцільно застосувати ці машини для зв'язних ґрунтів, створивши на поверхні контакту робочого органу і машини напруження, що перевищують межу пластичності, тим самим прискоривши процес ущільнення ґрунту під робочим органом (оскільки розповзання ґрунту знижує продуктивність машини). А те, що грант буде переміщуватись у вертикальному напрямку, можливо використати як корисну річ. За рахунок цього вже ущільненого ґрунту ми отримуємо передаючу ланку від поверхні робочого органу до шарів не ущільненого ґрунту, які попередньо відсіпані і при цьому можливо їх додатково ущільнити.

Основна перевага трамбівок і віброплощадок перед котками у тому, що цими машинами можна продуктивно ущільнювати шари ґрунту порівняно значно більшої товщини, а також проводити ущільнення окремих ділянок насипу та використовувати їх в комплексі з іншими ущільнювальними машинами.

Модернізація робочих органів таких машин за модульним принципом має суттєві переваги перед іншими варіантами. Вони полягають у тому, що:

- по-перше, окремі їх конструктивні елементи можна виконувати у вигляді уніфікованих блоків – модулів, з яких, залежно від технологічних вимог, можна зібрати потрібну конфігурацію робочого органу (РО) ущільнювальної машини;

- по-друге, не погіршується початковий стан базового РО машини, до якого, при необхідності, можна повернутися у кожний момент;

- по-третє, зменшується номенклатура конструктивних елементів і машин у цілому, оскільки кожна машина може комплектуватися змінними модулями РО, що призводить до поліпшення їх якості за рахунок глибокого пропрацювання.

Перевагами розробки поверхонь блокуючої дії є можливість обмеження вислизання ґрунту з-під блокуючої поверхні РО і використання ґрунту, як передаючої ланки для ущільнення нижніх шарів.

В основі розробки РО з поверхнею блокуючої дії лежить традиційний РО віброплити. Для виконання перспективно-пошукових досліджень запропоновані варіанти профілю РО:

- а) П-подібний профіль РО постійного поперечного перерізу з висотою, рівною товщині свіжо відсипаного шару ґрунту, призначеного для наступного ущільнення;

- б) аналогічний варіанту (а) профіль з вертикальними тонкими подовжньо розміщеними пластинами, висотою, рівною висоті П-подібного профілю, що поділяють обмежену ним зону ущільнення ґрунту на певну кількість частин заданої форми;

- в) аналогічний варіанту (б) профіль зі змінною шириною пластин, постійною впродовж усієї їх довжини;

- г) аналогічний варіанту а) профіль робочої поверхні трикутного і хвилястого поперечного перетину (кількість вставок змінна);

- д) варіанти, аналогічні (а), (б), (в), (г), зі змінним перетином перерізом по висоті, ширині чи одночасно пропорційно по двох вказаних параметрах.

Основним параметром при визначенні продуктивності роботи робочого органу з різним видом поверхні та кількістю ребер є об'єм ущільнення, зменшення якого пропорційно зменшенню площі поперечного перетину ущільненого ґрунту. При цьому власними дослідженнями перевірено, що для різних ґрунтів максимальне зменшення об'єму при його ущільненні складає від 15 до 40 %.

З метою порівняння результатів експерименту з відомими машинами висоту відсипаного шару ґрунту беремо стандартну для більшості віброплит.

Геометричні параметри робочого органу вибираємо з умови, що обмежувачі будуть при роботі доходити до заздалегідь ущільненого ґрунту та ширина в передній частині робочого органу буде постійною і дорівнювати ширині класичної віброплити.

Виконання робочої поверхні РО рельєфною призведе до збільшення її контактної площі з ґрунтом, а, отже, і до зменшення питомого тиску на ґрунт. Це дозволить більш плавного видаляти з ущільненого масиву газоподібну і рідинну фазу ґрунту.

Рельєфність зовнішньої поверхні ущільненого шару ґрунту створюватиме умови для додаткового блокування наступного насипаного шару ґрунту при його ущільненні.

Застосування змінних робочих поверхонь ґрунтоущільнювальних машин блокуючої дії дозволить інтенсифікувати процес стабілізації ущільненого масиву ґрунту за умови збільшення продуктивності машин і розширення їх технологічних можливостей.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КОПАННЯ ҐРУНТУ БУЛЬДОЗЕРНИМ НЕПОВОРOTНИМ ВІДВАЛОМ З КОМБІНОВАНОЮ НОЖОВОЮ СИСТЕМОЮ ПРИ СПОРУДЖЕННІ ҐРУНТОВОГО НАСИПУ ДОРІГ

Главацький К. Ц., Горбенко Ю. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Hlavatskyi Kazymyr, Gorbenko Yuri. Investigation of the process of digging soil with a bulldozer irreversible dump with a combined knife system.*

**Summary.** *The urgency of the research of the new bulldozer equipment is due to increased energy efficiency and productivity of ground works. Performed theoretical and experimental studies, comparing which in the first approximation can be concluded about the advantage of the proposed new technical solution over the traditional bulldozer dump. The performed experimental studies point to the need to refine the mathematical and physical model.*

Актуальність досліджень бульдозерного обладнання у підвищенні ефективності та продуктивності використання неповоротного бульдозерного відвала за рахунок використання у ньому НС нового типу, а саме, комбінованої ножової системи (КНС).

Оскільки запропоновані КНС на бульдозерах у науково-технічній літературі відсутні, то вони запатентовані. Актуальність також підтверджується широким використанням бульдозерів при створенні ґрунтових споруд (доріг, насипів, дамб, тощо).

Метою роботи є розробка ефективної конструкції КНС для неповоротного бульдозерного відвала на основі застосування косого різання і копання ґрунту.

Теоретичні і експериментальні дослідження процесу взаємодії робочих органів (РО) бульдозерів з ґрунтом призведуть до спільного результату – зниження енергоємності процесу копання ґрунту та зменшення коефіцієнта питомого опору копання.

Технічна задача спрямована на зниження енергоємності копання ґрунту бульдозерним відвалом, поліпшення нагромадження та переміщення ґрунту по відвалу і зменшення втрат ґрунту в бічні валики – вирішується шляхом використання виключно косого копання ґрунту, створення умов спрямування відділеної від масиву ґрунтової стружки всередину призми ґрунту перед відвалом, заміни блокованого копання ґрунту напіввільним чи вільним і утворення плоскої чи неплоскої поверхні ґрунту бульдозерним відвалом.

Запропонована нова конструкція відвала бульдозера з КНС включає традиційний неповоротний відвал, ріжучі ножі з ріжучими краями та бічні косинки. Ріжучі ножі виконані з окремих пластин і з'єднані між собою попарно і з відвалом. Ріжучі краї, відрізки яких позначені точками А, В, С ножів, можуть знаходитися в одній чи в різних площинах, розташовані симетрично відносно подовжньої вертикальної площини симетрії відвала під заданим кутом між собою у фронтальній і вертикальній проекції, можуть бути прямолінійними чи криволінійними, кількість пар може бути задана, а кут нахилу пластин ножів до горизонталі задається розміщенням ножової системи в межах глибини копання традиційного ножа, або дорівнює його раціональному значенню для бульдозерів.

Для теоретичного визначення питомого коефіцієнта опору ґрунту копанню КНС використано рівняння тягового балансу бульдозера. Для визначення довжини ріжучого краю ножа для КНС з ламаною лінією лез ножів виконано теоретичний розрахунок для горизонтального та вертикального зміщення точок А-В-С КНС на базі фізичної моделі відвала бульдозера ДЕТ-250, у масштабі 1:10. Для розрахунку параметрів для горизонтального зміщення країв ножів визначена довжина ріжучого краю ножа для горизонтального зміщення (точки А-В-С у одному рівні) та вертикального зміщення (точки А-В-С вище або нижче рівня), а також питомий коефіцієнт опору копанню для КНС.



Побудований графік залежності питомого коефіцієнта опору різанню від довжини ріжучої частини ножів та постійної подовжньої відстані точок А-В-С.

Для розрахунку параметрів для вертикального зміщення країв ножів (точок А-В-С) визначена довжини ріжучого краю ножів та коефіцієнта питомого опору копанню. При кожному зміщенні точок ріжучого краю визначено питомий коефіцієнт опору копанню.

Отриманий графік залежності питомого коефіцієнта опору різання від довжини ріжучого краю ножів та постійного вертикального зміщення точок А-В-С.

При дослідженні процесу копання ґрунту бульдозерним відвалом із КНС запропонована схема роботи відвала від початку роботи до повного набору призми ґрунту. З вихідного положення відвал опускається до торкання КНС поверхні ґрунту, а потім заглиблюється КНС на розрахункову глибину. У процесі копання відвал повністю заповнює ґрунтову призму ґрунтом, що відповідає положенню максимального заповнення об'єму ґрунтової призми відвалу. При цьому втрати ґрунту у бічні валики стабілізуються і залишаються постійними. Перехід від зростаючих до стабільних втрат ґрунту у бічні валики визначає довжину копання ґрунту до набору максимального об'єму призми ґрунту.

З метою виявлення взаємного впливу параметрів процесу копання ґрунту неповоротним відвалом з КНС дослідження проведені на підставі теорії планування експериментів. Основні параметри процесу копання ґрунту відвалом бульдозера з КНС, що оптимізуються і змінювалися в ході досліджень: 1) подовжня відстань між точками А-В-С в горизонтальній площині; 2) вертикальна відстань між точками А-В-С; 3) товщина стружки; 4) кількість пар ножів; 5) щільність ґрунту при постійній вологості ґрунту.

Згідно планування експериментальних досліджень проведена серія дослідів з використанням сучасної вимірювальної системи з програмним забезпеченням.

Під час кожного досліді: 1) виконувалося відео фіксування процесу копання ґрунту; 2) записувалася сила та час копання ґрунту до набору повної призми перед відвалом.

Після кожного досліді вимірювалися: 1) шлях копання ґрунту до набору повної призми перед відвалом; 2) об'єм призми волочіння ґрунту; 3) втрати ґрунту у бічні валики. За отриманими результатами для кожного досліді розраховано: 1) швидкість копання; 2) потужність копання; 3) енергоємність копання; 4) коефіцієнт питомого опору копанню.

На фотографії процесу копання ґрунту бульдозерним відвалом з КНС видно характерні зсуви ґрунту у призму, що зменшує його втрати у бічні валики та шлях набору ґрунту у призму, а це зменшує питому енергоємність та підвищує продуктивність бульдозера.

Висновки. 1. Досліджена фізична модель неповоротного відвала бульдозера з КНС має суттєві переваги порівняно з неповоротним відвалом бульдозера з традиційною НС за всіма основними дослідними параметрами, а саме: середнє значення продуктивності збільшилося на 5 %, середня сила копання зменшилася на 30 %, середня питома енергоємність зменшилася на 41 % а середній питомий коефіцієнт опору копанню зменшився на 40 %.

2. Найбільші позитивні зміни вказаних показників відповідають відвалу бульдозера, оснащеному КНС з подовжнім зміщенням країв ножів 50 мм та однією парою ножів.

3. Найменші позитивні зміни параметрів відповідають відвалу бульдозера з КОНС з подовжнім зміщенням країв ножів 55 мм та двома парами ножів, при цьому середня сила копання відвала з КНС більша на 3,4 % за відповідну силу для відвала з традиційною НС, а продуктивність – менша на 35 % за продуктивність відвала з традиційною НС.

4. Серед варіантів відвала з КНС другою за ефективністю є модель з подовжнім зміщенням країв 50 мм та 5 парами ножів, третьою – з подовжнім зміщенням країв 50 мм та 4 парами ножів, четвертою – з подовжнім зміщенням країв 50 мм та 3 парами ножів.

Збільшення призми волочіння ґрунту перед відвалом відбувається встановленням бічних косинок відвалу збільшених розмірів, а зменшення питомої енергоємності копання ґрунту відбувається і за рахунок заміни блокованого копання ґрунту напіввільним.

## СЕКЦІЯ 7 «ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО»

### ВІДНОВЛЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ СПОРУД З ВИКОРИСТАННЯМ БАЛКИ ТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ (МОБІЛІЗАЦІЙНИЙ РЕЗЕРВ)

Гернич М. В.<sup>\*</sup>, Ключник С. В.<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Кафедра «Військової підготовки спеціалістів Державної спеціальної служби транспорту», <sup>\*\*</sup>Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

*Hernich Mykola, Kliuchnyk Serhii. Restoration of railway structures using long-term storage of beams (mobilization reserve).*

**Summary.** *For efficient use of available material resources in the restoration of railway structures, it is proposed to use metal structures that are in long-term storage, increasing the bearing capacity, combining a metal beam and a reinforced concrete slab into a compatible work.*

На території України внаслідок ведення бойових дій було зруйновано та пошкоджено частину транспортної інфраструктури, зокрема малих та середніх залізничних мостів. Набутий за тисячоліття досвід післявоєнної відбудови засвідчує, що неефективність заходів, спрямованих на відновлення зруйнованих бойовими діями територій та економічних зв'язків, може призвести до повторення військових конфліктів.

Для відновлення у стислі терміни цих об'єктів пропонується розглянути можливість використання металевих балок тривалого зберігання (мобілізаційного резерву) виготовлених за типовими проектами. За конструкцією це балкові, металеві із суцільною стінкою прогонові будови, виготовлені за типовими проектами в другій половині минулого століття. Вони були розраховані на навантаження Н6 та не можуть без обмежень відповідати сучасним вимогам для пропуску рухомого складу.

Постає питання підвищення вантажопідйомності цих прогонових будов. Вантажопідйомність металевих балок можна підвищити за рахунок наросування металу головних балок, або за рахунок зміни конструкції балок із металевих у сталезалізобетонні. Це можливо при включенні в спільну роботу головних балок із залізобетонною плитою проїзної частини.

Другий варіант може забезпечити ефективне використання наявних матеріальних ресурсів, але при цьому постає завдання розробки ефективних конструктивних рішень. Сталезалізобетонні прогонові будови складаються з металевої частини, яка повинна проектуватися по нормам, що застосовуються для металевих конструкцій, та залізобетонної плити, проектування якої не повинно суперечити проектуванню залізобетонних конструкцій. При цьому слід враховувати властивості, притаманні лише сталезалізобетонним прогоновим будовам мостів. У вітчизняних нормах доволі чітко викладено розрахунки сталезалізобетонних мостів за першою і другою групами граничних станів.

Сьогодні в Україні на залізниці експлуатується 276 мостів із сталезалізобетонними прогоновими будовами із загальної кількості 2400, що складає близько 11 %. Це переважно балкові системи, із суцільною стінкою, їздою верхом довжиною 24...36 м, тому напрацьовано значний досвід проектування, будівництва та експлуатації даних конструкцій.

Сталезалізобетонні прогонові будови мають ряд переваг порівняно із найближчими конкурентами – металевими та залізобетонними прогоновими будовами. Основна перевага таких конструкцій полягає в тому, що при жорсткому об'єднанні металевої балки та залізобетонної плити виникає стиснення залізобетонної плити при вигині балок. Це призводить до зменшення стиснутої зони перетину верхніх поясів сталевих балок, підвищенню горизонтальної жорсткості прогонових будов, зниженню витрати сталі на 12...18 % в по-

рівнянні з металевими прогоновими будовами. До того ж сталезалізобетонні прогонові будови простіші за конструкцією та дешевші за металеві.

Мостове полотно на баласті служить довше ніж на металевій прогоновій будові та дає можливість швидкісного руху потягів, також зменшує шум від рухомого складу. Витрати сталі на сталезалізобетонні прогонові будови у 1,5...2 рази вищі за залізобетонні, але витрати бетону на одиницю довжини тут майже не залежать від величини прогону. У той же час як у залізобетонних прогонових будовах витрати бетону збільшуються зі збільшенням прогону. Відповідно конкурентоздатність сталезалізобетонних прогонових будов у порівнянні із залізобетонними зі збільшенням прогону також збільшується.

Ще однією перевагою сталезалізобетонних мостів є економія часу, витраченого на будівництво, тому побудова сталезалізобетонних мостів є одним з найпривабливіших рішень при необхідності швидкого відновлення руху потягів. Ще більшу економію часу можна отримати шляхом заводського виготовлення залізобетонної плити проїзної частини.

До недоліків мостів із сталезалізобетонних прогонових будов, в наших умовах, можна віднести сезонне виконання робіт по бетонуванню плити. Також до недоліків цих прогонових будов можна віднести улаштування залізобетонної плити після того як головні балки вже встановлені в прогін, тоді як металеві прогонові будови можуть бути зібрані на підходах та встановлені в прогін вже з огороженням та водовідводом.

Отримано позитивний досвід використання металевих балок тривалого зберігання (мобілізаційного резерву) для відновлення автодорожніх мостів у стислі терміни після руйнівних повеней 1998 та 2000 років у Закарпатській області. Цікавим є те, що використовуючи металеві балки мобілізаційного резерву були створені сталезалізобетонні прогонові будови. За рахунок використання їх на зруйнованих об'єктах отримана економія 1,197 млн. грн.

Враховуючи вищезазначене доцільно буде розглянути питання використання балок тривалого зберігання для відновлення руху залізничного транспорту. Спосіб об'єднання металевих балок із залізобетонною плитою для спільної роботи, тим самим перетворивши їх на сталезалізобетонні прогонові будови, може підвищити їх вантажопідйомність, а використання цих прогонових будов для відновлення транспортної інфраструктури забезпечить високі темпи будівництва та значний економічний ефект.

## КОРОЗИЯ БЕТОНУ ТА ДОВГОВІЧНІСТЬ КОНСТРУКЦІЙ

Дубінчик О. І.<sup>\*</sup>, Кільдєєв В. Р.<sup>\*</sup>, Нафікова Ф. М.<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, <sup>\*\*</sup>Ташкентський інститут інженерів залізничного транспорту

*Dubinych Olha, Kildiev Vitalii, Nafikova Fauziia. Corrosion of concrete and durability of structures.*

**Summary.** *The durability of bridge structures is influenced by internal physical and mechanical processes in the materials, that cause changes in the strength characteristics over time; aggressiveness of the environment and the degree of its impact on the structures' material; variability of geometrical characteristics of a structure as a result of uneven subsidence of soil and dynamic influences. Long-term processes in concrete determine all of its main behavior features in the structure.*

Підвищення надійності і довговічності штучних споруд – одна з найважливіших проблем, вирішення якої є необхідною умовою безпечної і безвідмовної роботи залізничної колії. Особливої актуальності ця проблема набуває в зв'язку з безперервним зростанням поїзних навантажень, збільшенням інтенсивності і швидкості руху поїздів при одночасному наростанні зносу штучних споруд.

На залізницях в даний час експлуатується велика кількість мостів, водопропускних труб, тунелів та інших штучних споруд, побудованих в різний час за проєктами і нормами проєктування, які відображають різні етапи розвитку мостобудування.

Відмінною особливістю штучних споруд є велика різноманітність видів, конструкцій, термінів служби, вантажопідйомності і інших експлуатаційних якостей.

Довговічність – тривалість безвідмовної роботи елементів або конструкцій в даних експлуатаційних умовах з моменту введення до повної втрати експлуатаційних властивостей або в період між двома капітальними ремонтами.

Забезпечення необхідного терміну служби споруд може бути досягнута раціональним вибором матеріалів і конструктивних рішень, гарантованою якістю виконання робіт, регулярними технічними оглядами конструкцій, своєчасним проведенням профілактичних ремонтів.

На характеристики довговічності впливають такі чинники: знос, викликаний втомою, повзучістю і корозією; зміна в часі міцності; деформація, викликана нерівномірним осіданням. Істотним чинником, що впливає на довговічність штучних споруд, є вплив зовнішнього середовища.

Бетон являє собою неоднорідний, багатокомпонентний матеріал, що володіє властивостями повзучості і старіння, завдяки чому в ньому переплітаються багато явищ складної фізичної природи. Неоднорідність бетону обумовлена як специфічною мікроструктурою і реологічними властивостями цементного каменю так і макроструктурними особливостями бетону. Внаслідок цього процеси деформацій і руйнування бетону протікають у часі і носять імовірнісний характер.

Багато якостей бетону формуються протягом тривалого часу в конкретних умовах впливу навантаження і зовнішнього середовища. Тривалі процеси в бетоні: гідратація цементу, супутні зміни в часі його фізико-механічних властивостей, зміна гігроскопічного стану бетону, довготривалі процеси накопичення мікроруйнування в структурі бетону, деформації повзучості і віброповзучості, усадки, впливають на довговічність мостової конструкції.

## МЕТОДИ ОЦІНКИ НЕСНОЇ ЗДАТНОСТІ ТУНЕЛЬНОГО ШЛЯХОПРОВОДУ ПРИ ДІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

Ковальчук В. В.

Львівська філія Дніпровського національного університету залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Kovalchuk Vitalii. Methods of assessment carrying ability to the tunnel pipeline in the action of the rolling stock.*

**Summary.** *Determination of the bearing capacity of a tunnel underpass was carried out with the help of an advanced analytical method of estimation of the bearing capacity of metal corrugated structures with large cross-section (more than 6.0 m). Dynamic tests of metal corrugated structures of an underpass from the action of moving transport units show that the metal of a corrugated structure works at the elastic stage and has a 60 % margin of bearing capacity.*

Однією із проблем утворення пошкоджень та дефектів тунельних шляхопроводів із металевих гофрованих конструкцій (МГК) в умовах експлуатації є відсутність достовірних методів оцінки несної здатності споруд із МГК великих поперечних перерізів (більше 6,0 м), які зазнають дії динамічних навантажень від рухомого складу залізниці, що спричиняє допущення помилок при проєктуванні та будівництві споруд із таких конструкцій.

Зазначена проблема вимагає розробки нових методів розрахунку та випробовувань несної здатності тунельних шляхопроводів із МГК при дії динамічних навантажень рухомого складу залізниці.

Для оцінювання несної здатності тунельного шляхопроводу із МГК за основу прийнято споруду, яка експлуатується під залізничною колією і пропускає автомобільний транспорт по вул. Миколи Левитського (Колгоспної) у м. Кропивницькому. Геометричні та фізико-механічні параметри металевої гофрованої конструкції та ґрунтової засипки наступні: поперечний переріз – еліпс із шириною конструкції – 9,23 м та висотою конструкції – 8,12 м; висота ґрунтової засипки над конструкцією – 2,57 м; матеріал засипки гофрованої конструкції – щебенево-піщана суміш фракцій 0,01...40 мм.

Перевірку металевих гофрованих конструкцій тунельного шляхопроводу на допустимі напруження та утворення величини коефіцієнту пластичного шарніру проведено при ступені ущільнення ґрунтової засипки рівному  $RP=97\%$  та модулі пружності підрейкової основи 73,6 МПа.

Аналіз результатів багатоваріантного розрахунку напружень, які виникають у вершині склепіння металевих гофрованих конструкцій тунелю, показав, що максимальне значення напружень виникає при проходженні ділянкою залізничної колії локомотива 2М62 і вони становлять 145,45 МПа, що є меншим за границю текучості сталі МГК, яка складає 355 МПа. При цьому коефіцієнт величини пластичного шарніру становить 0,41, що є меншим за 1,0. Отже, перевірка умови на виникнення пластичного шарніру у металевих гофрованих конструкціях шляхопроводу при ступені ущільнення ґрунтової засипки  $RP=97\%$  та дії динамічних навантажень від рухомого складу залізниці виконується.

Висновок. Проведені динамічні розрахунки металевих гофрованих конструкцій тунельного шляхопроводу від дії рухомого складу залізниці показали, що метал гофрованої конструкції працює у пружній стадії та має 60 % запас несної здатності.

## МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ ҐРУНТІВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Кравець І. Б.

Львівська філія Дніпровського національного університету залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Kravets Ivan. Method of determining the soil density of the subgrade.*

**Summary.** *The article presents the proposed method for determining the soil compaction of the subgrade, which is based on measurements of the speed of passage of elastic waves through the soil layer.*

Важливою характеристикою ґрунтів земляного полотна доріг є їх щільність. Від ступеня ущільнення ґрунту безпосередньо залежать деформаційні характеристики земляного полотна. Чим вище щільність ґрунту, тим менші деформації земляного полотна. Зі збільшенням щільності зростають і характеристики опору зрушенню.

В процесі експлуатації земляне полотно зазнає вібродинамічного впливу від транспортних одиниць внаслідок чого відбувається утворення неоднорідностей ґрунтів та виникає проблема передчасного розладнання геометрії залізничної колії чи автомобільної дороги у вигляді накопичення вертикальних та горизонтальних нерівностей. Це впливає на подальший термін служби елементів доріг та передчасного їх виходу із експлуатації.

Розущільнення під час експлуатації або неякісне ущільнення ґрунтів при будівництві земляного полотна призводить до зниження несучої здатності колії (доріг), і може призвести до втрати міцності та стійкості ділянки взагалі. Тому питання моніторингу та контролю

лю щільності ґрунтів земляного полотна є актуальним і потребує розробки експериментальних методів оцінки їх ступеня щільності.

Запропоновано метод визначення ущільнення ґрунтів земляного полотна в основі якого лежать виміри швидкості проходження пружних хвиль через ґрунтовий шар. Створення динамічних коливань та їх реєстрація здійснюється розробленими інерційним пристроєм, структурна схема якого показана на рис. 1.

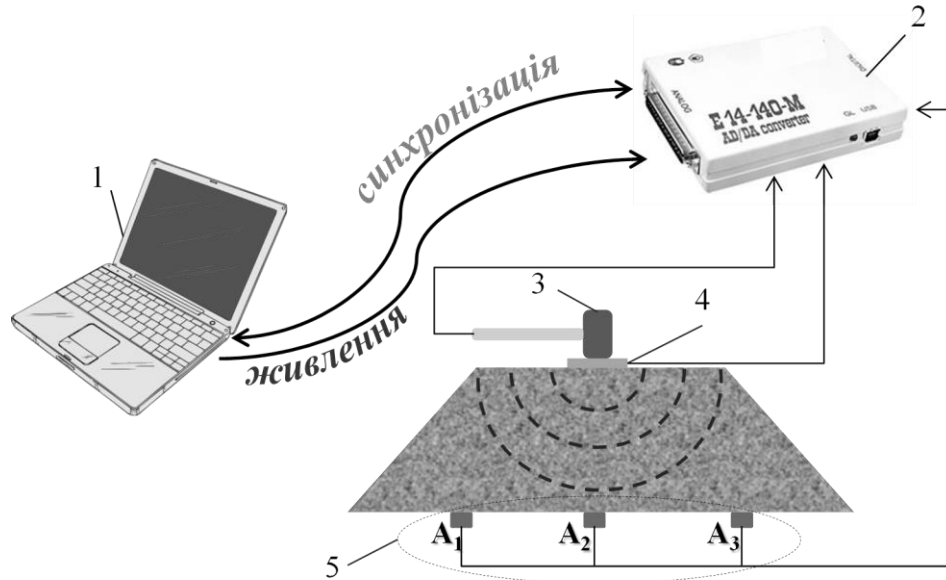


Рис. 1. Пристрій для проведення вимірювань ущільнення ґрунтів земляного полотна доріг: 1 – персональний комп’ютер; 2 – аналого-цифровий перетворювач; 3 – ударник, 4 – штамп, 5 – аналогові датчики прискорень типу ADXL 335

Експеримент проводився у три етапи для двох моделей: однорідне земляне полотно із крупнозернистого піску та неоднорідне земляне полотно із крупнозернистого піску та шаром глини по середині призми.

Висновок. У процесі виконання досліджень розповсюдження пружних хвиль у земляному полотні встановлено, що вимірювання значень швидкостей повинно змінюватися в залежності від його ущільнення у значних межах відносно до початкового ущільнення. Запропонований підхід оцінки ступеня ущільнення земляного полотна дозволить значно підвищити точність визначення просторового ущільнення у процесі його експлуатації, особливо на проблемних ділянках.

## ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ ПРИ РЕМОНТІ ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ АВТОДОРОЖНИХ МОСТІВ

Овчинников П. А., Алхімов О. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Ovchynnykov Pavlo, Alkhimov Oleksandr. Determination of optimal design for repair and reconstruction of highway bridges.*

**Summary.** Bridge repair and reconstruction design requires a number of decisions to be taken based on several input factors. For some bridges the combination of these factors doesn't yield an obvious right option, which makes the design process harder and more complex. One particular bridge in Kyiv is considered for reconstruction design as an example.

При капітальному ремонті балкового залізобетонного автодорожнього шляхопроводу виникає питання вибору раціональних рішень та застосування сучасних матеріалів.

Вибір оптимальних рішень для капітального ремонту шляхопроводу може залежати від наступних факторів:

1. Визначення технічного стану споруди на основі обстеження.
2. Результати інженерно-геологічних досліджень.
3. Результати інженерно-геодезичних досліджень.
4. Особливі умови на будмайданчику.
5. Побажання замовника (часто найважчий та найменш зрозумілий пункт для інженера-проектувальника).

Виходячи із аналізу вищенаведених пунктів, приймається те чи інше оптимальне рішення з капітального ремонту чи реконструкції.

Якщо навантаження на опори при капітальному ремонті збільшуються, виконується також розрахунок фундаментів із врахуванням зміни геологічних умов за час експлуатації споруди.

Оскільки більшість існуючих мостів були побудовані (і більшість типових конструкцій запроєктовані) під навантаження Н-30/НК-80 і менше, а фактична вантажопідйомність, з урахуванням можливих дефектів, може бути ще меншою, то під час визначення проєктних рішень дуже часто виникає питання підвищення пропускної здатності мосту відносно фактичної. В залежності від факторів вибору, ремонтні заходи можуть варіюватись від косметичного ремонту до повної заміни балок прогонових будов.

В якості прикладу проєктування реконструкції мосту з багатьма ускладнюючими факторами, можна привести шляхопровід у м. Києві, що розташований по вул. М. Бойчука та перетинає автомобільні дороги та декілька залізничних колій, що відносяться до станції Київ-Деміївський. Крім складного розташування у межах міста і над навантаженою залізницею, додатковим фактором є балки прогонових будов. Балки виконані за типовим проєктом 3.503-12 (вип. 19), але відстань між балками прийнята 2,44 м замість рекомендованих 1,6...2,0 м. Балки мають дефекти конструктивної арматури та дефекти анкерів напруженої робочої арматури. Для мосту використані балки довжиною 21, 24 і 33 м.

Згідно з типовим проєктом, балки розраховані на навантаження Н-30 і НК-80, але у зв'язку з нестандартним компонуванням габариту і фактичним станом балок, прогони 21 і 24 м можуть витримувати лише навантаження Н-30, а прогони 33 м не несуть жодного нормативного навантаження і вимагають обмеження до 19 т на транспортний засіб. В рамках проєктування реконструкції мосту необхідно привести балки до проєктної несучої здатності, а також забезпечити пропуск навантаження класу А11 у відповідності до актуальних нормативів.

Перерахунок існуючих балок з варіантами підсилення показав, що прогони 21 і 24 м матимуть необхідну несучу здатність вже в результаті підсилення монолітною накладною плитою, що і так повинна бути влаштована згідно з актуальними вимогами і, до того ж, є одним з найоптимальніших методів підсилення в даному випадку – адже кількість робіт під мостом зведена до мінімуму і може бути без значних проблем виконана, наприклад, у «вікна». У випадку ж з прогонами 33 м, накладна плита не дає достатнього підсилення, через що необхідно прийняти проєктне рішення з підвищення несучої здатності прогону. В даному випадку, з урахуванням існуючих обмежень, можливі такі варіанти:

– підсилення прогонових будов вуглецевими стрічками чи ламелями. Для такого варіанта відсутня необхідність виконувати великі демонтажні роботи над транспортними магістралями, але підсилення установлених балок над завантаженою залізницею, очевидно, буде дуже складною технологічно задачею;

– повна заміна прогонових будов. Такий варіант мав би бути простішим технологічно, а вартість нових балок, скоріш за все, не буде набагато більше вартості вуглеволокна, але

сучасні балки, що використовуються, все ще не передбачені для роботи з поперечною відстанню у 2,44 м;

– можливе використання сучасних І-подібних балок з такою відстанню при незначних модифікаціях типового проєкту. Але є відомості про погану роботу плити проїзду при таких умовах її обпирання на балки;

– можливе збільшення кількості балок прогонової будови з використанням стандартної відстані між ними. Але це збільшить вартість матеріалів, а також навантаження на опору у достатній мірі для того, щоб виникла необхідність підсилювати фундамент.

Таким чином, жоден з можливих варіантів не є очевидно оптимальним, і кожен несе у собі додаткові складнощі. В таких випадках, очевидно, навіть детальне опрацювання варіантів та прийняття рішення вимагатимуть додаткових трудовитрат і збільшать термін виконання проєктних робіт. До того ж, на процес прийняття рішення обов'язково впливатимуть всі зацікавлені сторони, що ускладнюють використання стандартних методів техніко-економічного порівняння, діаграми Парето, SWOT-аналізу тощо. В рамках розробки даного проєкту було прийнято рішення про перший варіант підсилення за сумою чинників та погодженням із замовником.

## НОВА КОНСТРУКЦІЯ ПОНТОННОГО МОСТУ

Овчинников П. А. \*, Кузьмінський В. П. \*\*, Овчинникова І. О. \*\*\*

\* Дніпровський національний університет залізничного транспорту

імені академіка В. Лазаряна, \*\* ТОВ «Океанмашенерго»,

\*\*\* Дніпровський транспортно-економічний коледж

*Ovchynnykov Pavlo, Kuzminskyi Vitalii, Ovchynnykova Iryna. New design of the pontoon bridge.*

**Summary.** *Pontoon bridges, being used since ancient times, have their own advantages and shortcomings. An attempt was made to propose a new design, that retains all the pros, while rids of the cons for capital pontoon bridges.*

Понтонні мости, будучи відомими ще з античних часів, були і є гарним проєктним рішенням за деяких спеціальних умов: військові переправи або відновлення руху при ліквідації наслідків стихійних лих при використанні їх як тимчасових; при великій глибині водотоку, слабких основах, необхідності розведення мосту і деяких інших – при використанні їх як капітальних. До прикладів капітальних можна віднести Yumemai Bridge (Японія), Bergsøysund Bridge (Норвегія), Demerara Harbour bridge (Гвіана).

Крім фактичної безальтернативності їх використання у вищенаведених спеціальних випадках, для таких мостів можна знайти і переваги у порівнянні зі звичайними мостами: швидкість монтажу, мобільність, зменшення витрат матеріалу на опори (для деяких довжин прогонів). При такому порівнянні, до недоліків можна віднести піддатливість діям вітру та хвиль за рахунок особливостей конструкції та невеликої загальної жорсткості; просадки в залежності від рівня води та під дією навантажень через невелику жорсткість опор; можливі перешкоди для судноплавства (вирішується створенням розвідного прогону).

При тимчасовому відновленні мостів будь-які недоліки не є настільки важливими, тому для таких мостів ними можна просто знехтувати. У випадку ж з мостами капітальними є декілька можливих варіантів боротьби з такими проблемами, що виникають. Для боротьби з хвилями та вітром можна вводити додаткові закріплення мосту, наприклад, канатами, збільшувати жорсткість мосту або збільшувати його загальну вагу. Збільшення загальної маси або жорсткості, як і використання суцільних плавучих прогонів, також допомагає боротись з просадками під навантаженням та коливаннями при зміні рівня води (за наявності анкерування чи жорсткого закріплення прогонів на стоянах), такі методи можна



побачити у мостах William R. Bennett Bridge (Канада) чи Nordhordland bridge (Норвегія); але найочевиднішим і часто найпершим при розгляді методом є анкерування понтонів до дна водотоку.

Таке рішення може бути вдало застосоване, коли кількість робіт з анкерування не є дуже великою, тобто у випадку з великими прогонами, а значить і з великими понтонами. Але використання таких конструкцій зменшує інші переваги понтонних мостів – економію матеріалу і простоту монтажу. Тому знаходження інженерних рішень, що нівелюють недоліки роботи понтонних мостів, при цьому не зачіпаючи їх переваги, все ще є актуальним.

Для подальшого пошуку рішень згадаємо про ще два типи мостів:

– арковий міст – такий, основним несучим елементом якого є арка, навантаження на яку з проїзної частини передаються через стійки або підвіски;

– «інтрадозний» міст – ґратчаста конструкція з полігональним нижнім поясом, який виконано у вигляді канату, та похідні від неї (можна уявити висячий міст, у якого частина головного кабелю знаходиться під проїзною частиною).

Застосувавши вищенаведені конструкції до звичайного легкого понтонного мосту, отримаємо наступну конструкцію (рис. 1).

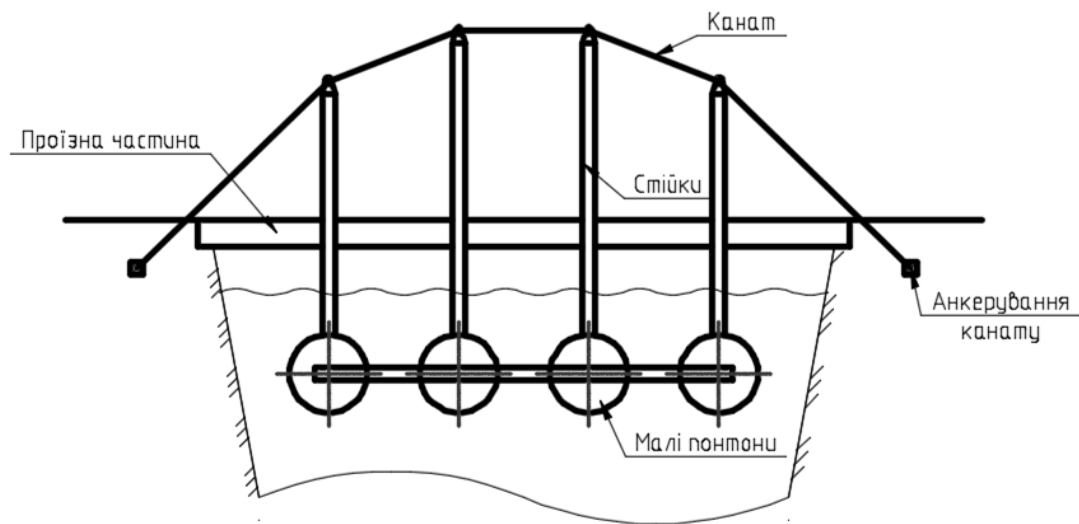


Рис. 1. Принципова схема понтонно-канатного мосту  
з одним прогоном

Прізначена частина, до жорсткості якої нема особливих вимог, окрім стандартних, спирається на опори з малих понтонів (відповідно, і окремі прогони-панелі теж невеликі), що занурені у воду повністю. Для утримання понтонів під водою, виштовхуюче зусилля передається через стійки на кабель, оптимальна проектна форма якого може бути розрахована аналогічно арці або вільно провисаючій нитці. Кабель закріплено на березі у випадку однопрогонного мосту, або під водою чи у проміжну опору-стоян у випадку багатопогонного. Така відносно легка конструкція утворить «попередньо напружені» понтони, що не будуть реагувати на зміну рівня води, оскільки вони занурені у воду повністю, і на тимчасові навантаження, оскільки архімедова сила набагато перевищуватиме можливі просадки.

За таких умов найкритичнішими елементами стануть стійки, як такі, що працюють на стиск, та анкери, оскільки саме вони забезпечують стійкість положення всього прогону. За даною конструкцією отримано патент UA 121809 C2, і вона може стати відправною точкою для пошуку подальших способів удосконалення конструкції таких мостів.

## АНАЛІЗ ПРОБЛЕМАТИКИ ТА СУЧАСНОГО ВІТЧИЗНЯНОГО ДОСВІДУ БУДІВНИЦТВА ТА КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ МОСТІВ

Остапенко І. С.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Ostapenko Ihor. Analysis of issues and modern domestic experience of construction and overhaul of bridges.*

**Summary.** *The article presents the results of a critical analysis of the problematic state of the transport and road complex. The analysis of modern problems of construction and repair of bridges is carried out. The modern domestic experience of construction and repair of bridges is considered. The problematic issues of development of urban planning industry are defined and proposals for their solution are submitted.*

Проблематика моніторингу мостів, як об'єктів критичної інфраструктури актуальна протягом всього періоду незалежності нашої держави. Так за даними досліджень, проведених протягом 2010 – 2020 років, в Україні експлуатуються понад 28000 мостів загальною протяжністю більше 805,8 км. Більшість мостів побудовані зі збірних залізобетонних конструкцій. 63 % таких мостів будувалися ще за нормами 1962 року, або попередніх та в більшості не задовольняють вимогам діючих норм за вантажопідйомністю та габаритами. До того ж протягом у 2006 та 2009 р. були введені в дію нові нормативи з проектування, що передбачають більші проєктні навантаження (А15 та НК-80).

У рішенні Міжвідомчої комісії з питань науково-технологічної безпеки при Раді національної безпеки і оборони України від 13 жовтня 2009 зверталась увага на те, що «...критичний стан автодорожніх мостів та транспортних споруд як складових систем життєзабезпечення на території України підвищує ризик виникнення Надзвичайних ситуацій техногенного та природнього характерів і становить Відповідно до статті 7 Закону України «Про основи національної безпеки України» загрозу національній безпеці в економічній та екологічній сферах...». Відновленню та реконструкції мостів приділялося достатньо уваги як в вітчизняних наукових колах, так і в світовому науковому товаристві.

За вітчизняним досвідом мостобудування при реконструкції автомобільних мостів, пошкоджених внаслідок повеней в Львівській та Закарпатській областях було економічно доведено, що при відновленні об'єктів інфраструктури, які зазнали пошкодження внаслідок впливу природних або техногенних факторів доцільно приймати проєктні рішення підсилення існуючих фундаментів та конструкцій мосту в протиположності до будівництва нових, що дозволяє значно зменшити вартість робіт в порівнянні з новим будівництвом або капітальним ремонтом із заміною старих конструкцій на нові.

Особливої актуальності розгляд питань відновлення (капітального ремонту, реконструкції) мостів набув при вирішенні завдань із відновлення транспортної інфраструктури, зруйнованої внаслідок бойових дій при проведенні Антитерористичної операції на території Донецької та Луганської областей. Проведення активної фази АТО в Донецькій та Луганській областях у 2014 та 2015 роках призвело до значних руйнувань (54 % штучних споруд на автомобільних напрямках та 23 % на залізничних ділянках) транспортної інфраструктури в цих регіонах. Для запобігання розвитку кризи функціонування транспортної інфраструктури в зазначених регіонах Урядом України прийнято програму розвитку транспортних коридорів на 2017 – 2018 роки, забезпечуючи транспортне сполучення за маршрутами Маріуполь – Покровськ – Краматорськ – Харків, Київ – Харків – Сєверодонецьк – Станиця Луганська, Запоріжжя – Курахове – Волноваха – Маріуполь. В рамках цієї програми було профінансовано капітальний ремонт понад 20 мостів та шляхопроводів

на автомобільних дорогах державного та місцевого значення Донецької та Луганської областей.

Вітчизняний досвід капітальних ремонтів зазначених об'єктів виявив низку проблемних питань практичної реалізації проєктних рішень в умовах сьогодення. Основними такими питаннями слід визначити недостатні виробничі спроможності містобудівельних підприємств по виконанню будівельних робіт в визначені терміни та недостатні ресурсні та логістичні можливості економіки регіону по забезпеченню будівельними матеріалами. Основними причинами недостатніх виробничих спроможностей містобудівельних підприємств є наявний дефіцит кадрового забезпечення, обумовлений трудовою міграцією вітчизняних фахівців, як робітничих спеціальностей так і інженерно – технічних кадрів за кордон, застарілість виробничого обладнання та техніки, недостатня впровадження сучасних та інноваційних технологій будівельного виробництва. Також слід зазначити, що суттєвий відсоток приватних комерційних будівельних підприємств, які були визнані переможцями конкурсу на виконання робіт, після виконання незначного відсотку (10...40 %) робіт розірвали договірні зобов'язання із замовником внаслідок відсутності у підприємства спроможностей (відсутність фахівців, оборотного фінансового ресурсу, техніки та виробничого обладнання) виконати взяті зобов'язання. Також одним із основних проблемних питань стало обмеженість виробничих можливостей наявних вітчизняних підприємств по виготовленню мостових залізобетонних конструкцій (прогонових споруд), особливо нетипових та великих розмірів, що в свою чергу суттєво збільшило терміни виконання робіт.

Основними видами робіт при проведенні капітального ремонту мостів, зруйнованих повністю або частково внаслідок ведення бойових дій в Донецькій та Луганській областях були:

- відновлення та посилення конструкцій опор та фундаментів мостів;
- заміна старих та пошкоджених прогонових споруд на нові;
- влаштування монолітної залізобетонної плити;
- влаштування гідроізоляції та систем водовідведення;
- влаштування покриттів проїзної частини, тротуарів та благоустрій на підходах до мосту.

При цьому слід зазначити, що перші два види робіт постійно вимагали залучення кадрового ресурсу та значних трудовитрат так як є нетиповими роботами, з особливостями кожного об'єкту і саме вони визначають терміновість виконання робіт. Виконання зазначених робіт вимагало наявного досвідченого персоналу, будівельної техніки та виробничого обладнання.

Аналіз проблематики будівництва (реконструкції, капітального ремонту) мостів як критичних об'єктів транспортної інфраструктури із врахуванням сучасного вітчизняного містобудівельного досвіду надає нам змогу сформулювати проблемні питання для вироблення пропозицій їх системного вирішення:

- проблема забезпечення кадровим робітничим та інженерно-технічним складом підприємств транспортної будівельної галузі економіки вимагає вирішення питання розвитку і підтримання на державному рівні закладів вищої та професійно-технічної освіти відповідних напрямків підготовки із запровадженням дуальної форми освіти;
- відсутність на вітчизняному ринку будівельних послуг конкурентоспроможних підприємств призводить до залучення іноземних компаній, що в свою чергу негативно впливає на розвиток національної містобудівельної галузі. Для вирішення цієї проблеми необхідно на державному рівні впровадження програм мотивації та підтримки розвитку національних містобудівельних підприємств;
- виконання державних та регіональних програм розвитку транспортної інфраструктури виявило недостатні спроможності підприємств з виробництва мостових будівельних конструкцій. Для забезпечення сталого подальшої реалізації великих інфраструктурних

проектів необхідно нарощувати та збільшувати виробничі потужності вітчизняних профільних підприємств.

Таким чином, в підсумку слід зазначити, що впровадження єдиних підходів до розвитку національної містобудівельної галузі на державному рівні забезпечить можливість реалізації національних інфраструктурних проектів із максимальним економічним ефектом та в зазначені терміни.

## ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ МОДИФІКОВАНОЇ ЦЕМЕНТНОЇ СИСТЕМИ НА РАННІХ СТАДІЯХ ТВЕРДНЕННЯ БЕТОНУ

Руденко Д. В., Громова О. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Rudenko Dmitry, Hromova Olena. Features of structure formation of the modified cement system in the early stages of concrete hardening.*

**Summary.** *Studies have shown that the course of hydration and structure formation of the modified cement system and affects the formation of physical and mechanical characteristics of concrete and differs significantly from the processes occurring in the cement dough of traditional preparation. To obtain concretes with specified properties, it is necessary to establish patterns of regulation of the parameters of the cement system at the stage of interaction of cement with water. The processes that determine these properties are caused mainly by molecular forces acting at the interface. The formation of adsorption layers on the surface of cement grains is the most important stage of the modification process.*

Проведеними дослідженнями встановлено, що перебіг процесів гідратації і структуроутворення модифікованої цементної системи істотно відрізняється від процесів, що відбуваються в цементному тісті традиційного приготування. Безсумнівно, цей факт впливає і на формування фізико-механічних характеристик бетонів на основі модифікованої цементної системи.

Для отримання бетонів із заданими властивостями необхідно встановити закономірності регулювання параметрів цементної системи на стадії взаємодії цементу з водою. Процеси, що визначають ці властивості, обумовлюються в основному молекулярними силами, що діють на межі розділу фаз. Утворення адсорбційних шарів на поверхні зерен цементу є найважливішою стадією процесу модифікації. Відіграючи таку ж роль, як і захисні колоїди, ці шари регулюють ріст кристалів на певних стадіях процесу гідратації клінкерних мінералів. Дія модифікаторів у бетонній суміші зводиться до збільшення числа зародків і до їх зростання в цементній системі. Це відбувається внаслідок того, що модифікатори, будучи поверхнево-активною речовиною і впливаючи на грані кристалів, що утворюються з розчину, сприяють збільшенню поверхневої активності, а також впливають на їх форму. Так як при інших рівних умовах швидкість росту кристалів часто пропорційна поверхневому натягу, то навіть дуже малі добавки речовин, які здатні змінити величину поверхневого натягу, істотно позначаються на ступені змочування зерен, характері кристалізації та властивостях новоутворень.

У процесі фізико-хімічних взаємодій рідкої фази з частинками модифікованої цементної системи в першу чергу збагачуються іонами клінкерних мінералів шари рідкої фази, що примикають до поверхні цементної частинки. Із зростанням концентрації і наближенням її до концентрації насичення ці шари втрачають здатність сприймати мігруючі в рідку фазу іони, і тому подальше розчинення пов'язане з відведенням речовини з областей поб-

лізу поверхонь розчинення в основну масу рідкої фази. Механізмом такого відводу є молекулярна або конвективна дифузія.

У поверхні реакції формується дуже тонкий шар насиченого розчину, а швидкість реакції визначається дифузією речовини з цього шару в основну масу розчинника. Згідно дифузійної теорії гетерогенної взаємодії Нернста, на поверхні розділу фаз досить швидко досягається рівновага, а концентрація стає рівною концентрації насичення. При слабкій інтенсивності перемішування поблизу поверхні цементної частинки виникає нерухомий шар рідини, у межах якого концентрація змінюється до концентрації в основній масі розчину.

Товщина нерухомого шару рідкої фази цементного тіста у залежності від швидкості перемішування дорівнює 5...100 мкм. При фізико-хімічному модифікуванні цементної системи припущення про нерухомість дифузійного шару не має сенсу. Експериментальні дані свідчать про рух рідини на відстані близько 0,1 мкм від твердої поверхні в процесі швидкісного перемішування.

Зі збільшенням відстані від частинки концентрація катіонів зменшується з деяким збільшенням кількості аніонів. Цементна частинка після замішування цементу водою разом з навколишньою зв'язаною водою утворює міцели. Поблизу поверхні, де сили тяжіння досить великі, молекули води міцно зв'язані з поверхнею частинки, утворюючи орієнтований шар, який не бере участі в русі рідини. Цей шар адсорбованої води являє собою граничну фазу і розглядається як єдине ціле із цементною частинкою. Виникнення подвійного електричного шару на межі розділу «рідина замішування – негідратована цементна частинка» відбувається в присутності іонних пар, що утворюються внаслідок дисоціації поверхневих молекул клінкерних мономінералів. Іншими словами, механізм утворення подвійного електричного шару обумовлюється в основному існуванням некомпенсованих систем на межі між двома фазами: адсорбцією на поверхні цементної частинки диполів води при одночасному переході протіоіонів у рідину замішування.

У модифікованій цементній системі необхідно спільно розглядати дію електричного поля і адсорбційних процесів, що залежать від електричного потенціалу, оскільки сам процес чинить не тільки механічний вплив, а й електричну активацію атомів і молекул в утворюваних гідратних комплексах або на їх поверхнях. При цьому в окремих точках цементної системи виникає значна за величиною електрорушійна сила, що викликає утворення змінного електричного поля.

Як показали дослідження, фізико-хімічне модифікування цементної системи призводить до суттєвого підвищення енергетичного стану частинок, що виражається в активізації іонних взаємодій. При аналізі процесів, що відбуваються при цьому, враховувалася необхідність забезпечення стійкості за рахунок сил міжчасткової взаємодії. Стабільність системи передбачає рівність хімічних потенціалів води всередині і поза агрегатами.

## **ОСОБЛИВОСТІ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПЕРЕГІННИХ ТУНЕЛІВ, ПРОЙДЕНИХ В СЛАБКИХ ШАРУВАТИХ ҐРУНТАХ**

Тютюкін О. Л., Бондаренко Н. К., Ларіонова І. А.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Tiutkin Oleksii, Bondarenko Nataliia, Larionova Irina. Features of the stressed and deformed state of running tunnels passed in weak layered soils.*

**Summary.** The theses analyze the features of shield construction, which is common in the construction of tunnels and metro in different engineering and geological conditions. The

*analysis of the results of field studies of the deformed state of the running tunnels of the Kyiv metro already built in weak layered soils is performed.*

Освоєння підземного простору великих міст України – один з перспективних і ефективних напрямів у вирішенні територіальних, транспортних, екологічних та соціальних проблем ХХІ століття. Спорудження метрополітенів, транспортних і комунікаційних тунелів закритим способом із застосуванням щитової проходки є найбільш технологічно відпрацьованим процесом у всьому комплексі підземного будівництва, що дозволяє проводити роботи на великому просторі без тривалого перекриття руху за діючими міських магістралях і забезпечити нормальне функціонування експлуатованої інженерної інфраструктури міста.

Переходи під вулицями, підземні гаражі, паркінги з комплексом підприємств торгівлі, побутового та технічного обслуговування, складських приміщень тощо споруджуються, як правило, у відкритих котлованах, влаштовуються способом «стіна в ґрунті» або зі шпунтовою огорожею і анкерним кріпленням. Розробка ґрунту в підземних виробках і котлованах й супутнє зниження рівня підземних вод внаслідок водовідливу або попереднього будівельного водозниження призводять до порушення природної рівноваги в масиві гірських порід.

Це, в свою чергу, викликає деформації земної поверхні, які відіграють роль додаткового навантаження, перш за все, на основи і фундаменти, а потім і на несучі конструкції каркасів будівель і споруд. Ще однією причиною такого негативного впливу підземних виробок є збільшення деформацій їх оправи. Відсутність належних заходів щодо захисту міської забудови призводить до аварій. Прогнозування можливих геодинамічних процесів, розробка і своєчасна реалізація адекватних захисних заходів у зоні підземного будівництва є важливим завданням для проєктувальників, будівельників та інвесторів, оскільки поряд з виникненням очевидних незручностей і небезпеки для громадян, витрати на ремонт і відновлення пошкоджених будівель, а також на відшкодування збитку їх власникам стають порівнянні з вартістю самої підземної споруди.

Найважливішу роль у аналізі напружено-деформованого стану (НДС) системи «кріплення-масив» відіграє дослідження механізму роботи, існування та взаємодії двох частин цієї системи. Причому з'ясування механізму роботи – фундаментальне знання, яке дозволить проводити такі види досліджень як числовий аналіз, імітаційне моделювання, побудову моделі за допомогою його первісних фундаментальних властивостей тощо.

Поведінка слабких шаруватих ґрунтових масивів під навантаженням вивчена досить широко, але різноманітність існуючих інженерно-геологічних умов до цього часу не дозволяє виробити єдиний підхід до різних явищ. Це пояснюється, з одного боку, труднощами вивчення шаруватості, а з іншого боку – обмеженістю спостережень за поведінкою слабких ґрунтів у період проходження тунелів. Відповідно через відсутність єдиної концепції НДС шаруватого масиву відсутня систематизована теорія гірського тиску, яка б враховувала специфічні особливості.

Щитова проходка на сьогодиншній термін розвитку підземного будівництва досить поширена при спорудженні тунелів і метрополітенів в різних інженерно-геологічних умовах. Незважаючи на безперечні переваги цього способу проходки, існують деякі проблеми, які впливають на якість робіт, умови взаємодії оправи з ґрунтовим масивом і подальшої експлуатації.

Одним із основних факторів, що визначають НДС оправи є умова взаємодії останньої із ґрунтовим масивом. В свою чергу, НДС ґрунтового масиву визначається його фізико-механічними властивостями. Щитова проходка має переваги і в тому, що в процесі робіт слідом за розробкою і випуском ґрунту, одразу встановлюють кільця оправи, які сприй-

мають навантаження і протидіють деформаціям ґрунтового масиву, не допускаючи значних деформацій поверхні землі.

Якщо в процесі проходки порушується технологія робіт, то на земній поверхні утворюється так звана мутьда осідання значних розмірів, що не завжди допустиме. Якщо умовами будівництва закладається обмеження деформації поверхні землі, то необхідно розробити спеціальну технологію робіт, а в деяких випадках і спеціальні пристрої до щита, які забезпечують мінімальні деформації ґрунту за щитовою оболонкою до встановлення оправи. Значний інтерес представляють результати натурних вимірювань навантаження на щит приладами, що входять в комплект щита і порівняння їх з теоретичними прогнозами розвитку гірського тиску.

Для вирішення існуючої в Київському метрополітені проблеми виникнення значних деформацій та напружень в оправі перегінних тунелів, які взаємодіють із слабкими шаруватими ґрунтами, виконано аналіз результатів натурних досліджень деформованого стану вже побудованих перегінних тунелів Київського метрополітену на лінії від станції «Видубічи» до станції «Вирлиця». Визначено, що комплексом причин виникнення значних деформацій (10...25 см) в оправі перегінних тунелів Київського метрополітену на лінії від станції «Видубічи» до станції «Вирлиця» є сукупне деформування оправи під дією власної ваги шаруватого масиву із малим модулем деформації, розвиток деформацій у часі, пов'язаний із значною інтенсивністю реологічних деформацій та додатковим деформуванням оправи під вібродинамічною дією рухомого складу.

Для дослідження НДС перегінного тунелю, що взаємодіє із шаруватим масивом слабких порід, створено просторову модель із об'ємних елементів, яка найбільше відображає вплив просторового фактору на формування напруженого стану та найбільш повно відтворює взаємодію залізобетонної оправи із ґрунтовым масивом, який у загальному змінює свої властивості.

Порівняння пікових вертикальних переміщень із натурних досліджень за максимумами із діаграмою переміщень є доказом, що діапазон модулю пружності ґрунту оточуючого масиву дорівнює  $E=4...10$  МПа, тобто причини виникнення значних деформацій як сукупні під дією власної ваги шаруватого масиву із малим модулем пружності та додатковим деформуванням оправи під вібродинамічною дією рухомого складу визначені вірно.

## ВИЗНАЧЕННЯ СИЛОВИХ ФАКТОРІВ В ОПРАВІ ЯК ПЕРВИННИЙ ЕТАП ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ NATM

Тютюкін О. Л., Купрій В. П., Белікова С. І.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Tiutkin Oleksii, Kuprii Volodymyr, Bielikova Sofia. Determination of power factors in the lining as the primary stage of justification of NATM.*

**Summary.** *The theses present the results of the analysis of the application of NATM using a combined multilayer frame and fixing the array of weak rocks with cementation. It was found that the determination of force factors in the lining is the primary stage for determining the technology of construction of the escalator tunnel.*

Успішному рішенню міських транспортних проблем сприяє комплексне освоєння й використання підземного простору, тобто розміщення під землею різноманітних об'єктів і спорудження для пропуску транспорту й прокладки інженерних комунікацій. Такий підхід є важливим і для м. Дніпра, в якому транспортна проблема і досі не вирішена та має тенденцію до загострення. Одним із шляхів її вирішення є продовження будівництва ліній метрополітену, які дозволять знизити та оптимізувати пасажиропотоки.

Важливим питанням для освоєння підземного простору є зв'язок підземної інфраструктури із поверхневою. Особливо це важливе для станцій підземного закладення, оскільки міцний зв'язок із поверхнею є тим фактором, що характеризує вдале володіння пасажиропотоками. Кількість входів і виходів для кожної станції, а також склад споруд на шляху пасажирів до платформи визначається, виходячи з глибини закладення станції, плану забудови й розташування транспортних магістралей і площ в міському кварталі, а також величини пасажирообороту на станції і пасажиропотоків за окремими напрямками.

Є різні варіанти розташування входів і виходів на станціях. У одному випадку в рівні тротуару розміщують наземний вестибюль, з якого пасажир за системою підземних комунікацій потрапляє на платформу станції. У іншому – входи і виходи влаштовують безпосередньо на тротуарі у вигляді сходових маршів, пандусного або ескалаторного сходу, що веде через підхідні коридори до підземного вестибюля, пов'язаного з пасажирською платформою станції.

Розв'язуючи транспортні завдання в особливо напружених вузлах міста не слід діяти у вузькому напрямку. Зокрема, під час проектування вестибюлів не слід обмежуватися проектуванням зручних входів і виходів на станції метрополітену. У цьому випадку слід розглядати проблему комплексно, з урахуванням організації підземних пішохідних переходів під площами й магістралями з жвавим рухом транспорту, об'єднуючи велику кількість входів і виходів у різних пунктах міського кварталу. Наземні вестибюлі не дають такої можливості, але мають ту перевагу, що ескалатори зв'язують підлогу наземного вестибюля безпосередньо з пасажирською платформою, дозволяють пасажирові зійти з ескалатора або спуститися на платформу практично в рівні тротуару.

Одним з найпоширеніших пристроїв для масових перевезень пасажирів з одного рівня приміщень на інший є ескалатори, які є підйомними машинами безперервної дії, що мають рухомі сходи й поручні. Ескалатори розміщують у вестибюлі (у разі мілкого закладення станції) або в похилому тунелі (у разі глибокого закладення станції). Нагальною проблемою, яка пов'язана із будівництвом Дніпровського метрополітену, є обґрунтування нової концепції будівництва ескалаторного тунелю. Якщо класичним технологічним рішенням раніше було спорудження із застосуванням залізобетонної або чавунної оправи та проходки із застосуванням спеціального способу заморожування, то наразі концепцію змінено. Основним технологічним рішенням прийнято застосування проходки на базі новоавстрійського методу будівництва тунелів (NATM) із використанням комбінованої багатопорової оправи та закріпленням масиву слабких порід цементациєю.

Первинне рішення цієї дилеми повинно ґрунтуватися на чіткому визначенні переваг обох концепцій та зваженому аналізі недоліків. Основним фактором, що допомагає визначити особливість технології, є знання силових факторів в оправі, яка споруджується. Для цього було розглянуто стан трьох оправ із різних матеріалів під час спорудження ескалаторного тунелю: із залізобетонних блоків товщиною 0,25 м, з чавунних тюбінгів товщиною 0,2 м та кріплення NATM товщиною 0,25 м. Отримані в результаті чисельного аналізу силові фактори (поздовжня сила  $N$  та момент  $M$ ) дозволяють зробити висновок, що варіант кріплення NATM товщиною 0,25 м за мінімальним моментом 0,54 кН·м є найменш навантаженим.

Отримані дані слід розцінювати лише як первинну інформацію для прийняття рішень щодо застосування вказаних вище концепцій, оскільки потребується виконання комплексу розрахунків в різних областях – економічній, організаційній, екологічній, охорони праці та безпеки життєдіяльності. Саме після комплексного аналізу технологій можна зробити обґрунтований висновок про однозначне використання однієї з них.



## СЕКЦІЯ 8 «ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА»

### ЗМЕНШЕННЯ РИЗИКІВ ПОРУШЕННЯ ПРИРОДООХОРОННОГО ЗАКОНОДАВСТВА ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ

Бойченко А.М., Заяць Ю.Л.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Boychenko A., Zaiats J., Reducing the risk of violation of environmental legislation during the operation of the railway superstructure.*

**Summary.** *The result of the development of technical conditions for compliance with the requirements of environmental legislation during the operation of elements of the railway superstructure is presented.*

Основними принципами державної політики у сфері поводження з відходами є пріоритетний захист навколишнього природного середовища та здоров'я людини від негативного впливу відходів, забезпечення ощадливого використання матеріально-сировинних та енергетичних ресурсів, науково обгрунтоване узгодження екологічних, економічних та соціальних інтересів суспільства щодо утворення та використання відходів з метою забезпечення його сталого розвитку.

У навколишньому середовищі відходи виступають, з одного боку, як забруднення, які займають визначений простір та спричиняють негативний вплив на живі та неживі об'єкти і субстанції; з другого боку – як вторинні матеріальні та енергетичні ресурси для можливої експлуатації безпосередньо за утворенням або після відповідної переробки.

Використання відходів без відповідної нормативно-технічної та технологічної документації, погодженої в установленому порядку, – тягне за собою адміністративну відповідальність. Прогнозування і виявлення відходів починається на етапі оцінки матеріального-сировинного балансу технологічного процесу.

В процесі експлуатації залізничної колії баластний шар руйнується, забруднюється, що погіршує його характеристики і дренажні властивості. У зв'язку з цим щебеневий баласт періодично очищають, замінюють і поповнюють.

При плануванні та проектуванні реконструкції верхньої будови колії необхідно проводити оцінку впливу на довкілля.

Згідно Закону України «Про відходи»: відходи – будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворилися у процесі виробництва чи споживання, а також товари (продукція), що повністю або частково втратили свої споживчі властивості і не мають подальшого використання за місцем їх утворення чи виявлення і від яких їх власник позбувається, має намір або повинен позбутися шляхом утилізації чи видалення.

Для подальшого використання «відпрацьованого» баласту в якості матеріалу прошарку конструкції верхньої будови колії, забезпечення збереження матеріальних ресурсів та дотримання вимог природоохоронного законодавства, співробітниками кафедри «Безпека життєдіяльності» та ГНДЛ «Охорона навколишнього середовища на залізничному транспорті» було розроблено ТУ УЗ 42.1-40075815-103:2020 «Залізничний транспорт. Грунто-щебенева суміш як вторинна сировина. Технічні умови». В цьому документі «відпрацьований» баласт ідентифіковано як: грунто-щебенева суміш – матеріал, що утворюється при заміні та (або) прогрозотці щебеневого баласту машинами типу RM-80 при проведенні ремонтно-колійних робіт та придатний для повторного використання для будівництва споруд земляного полотна залізничної колії.

## ПРОБЛЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ НАФТОПРОДУКТІВ ЗАЛІЗНИЦЬ

Заєць К. О., Новікова К. Б., Зеленько Ю. В., Безовська М. С.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Zaiets Kateryna, Novikova Kateryna, Zelenko Yuliia, Bezovska Maryna. Problems of utilization of waste railway products.*

**Summary.** *Waste generation is a significant problem for many sectors of the national economy of Ukraine, in particular for rail transport. The wastes featuring significant amounts are the oil-contaminated ones, among which it is necessary to single out the used compressor oils and technological sludge.*

Забруднення навколишнього природного середовища і проблеми, що пов'язані із ним, є актуальними і обумовлені постійним підвищенням антропогенного навантаження. У той же час спостерігається підвищення вимог до якості довкілля. Більшість галузей народного господарства, у тому числі транспортна, потребують постійної уваги та підтримки для збереження екологічної рівноваги у природному середовищі, що може бути забезпечена завдяки раціональному використанню матеріальних ресурсів. У цих умовах екологічна безпека на залізничному транспорті стає одним із пріоритетних питань, оскільки саме залізнична інфраструктура є одним з найбільших споживачів багатьох цінних ресурсів, зокрема і нафтопродуктів.

З проблемою їх раціонального використання нерозривно пов'язане широке коло питань, наприклад, щорічна поява значної кількості нафто- та оливомісткуючих відходів та їх подальша утилізація. Так, великими обсягами утворення відрізняються відпрацьовані оливи різних типів, у тому числі компресорні, а також технологічні шлами.

Компресорні оливи використовують для змащення циліндрів, клапанів компресорів та холодильних машин. При старінні таких олив переважно проходять процеси окиснення. У результаті цього у повітряних компресорах часто утворюється нагар на поршневих пальцях, клапанах випуску і всмоктування, вихлопній трубі. У цих умовах (висока температура і тиск) оливи окиснюються і частково перетворюються на нагар, лак і осад. Вміст смол збільшується від 4 % у свіжій до 6,5 % у відпрацьованій оливі.

Як показали дослідження, 50-60 % нагару складають асфальтенові кислоти і асфальтени і лише 3-10 % - карбени і карбоїди. Це підтверджує, що у повітряних компресорах переважають процеси окиснення оливи і умови роботи відрізняються від спостережуваних у двигунах внутрішнього згорання, де переважають процеси термічного розкладання. Саме тому у вимогах, викладених у різних нормативних документах на такі оливи, значну роль відіграє показник термоокислювальної стабільності. Також у процесі експлуатації цих олив у них значно збільшується вміст води через інтенсивну її конденсацію з повітря.

Регенерація відпрацьованих олив на підприємствах залізниці практично не проводиться, за винятком використання окремих фізичних методів (відстоювання та центрифугування), що не дають повноцінного ефекту. На сьогодні такі оливи найчастіше застосовуються без регенерації як пічне і котельне паливо безпосередньо на залізничних підприємствах або передаються для подальшого використання чи регенерації іншим підприємствам, що призводить до значних повторних економічних витрат.

Технологічні шлами очисних споруд на зовнішній вигляд представляють собою густу, в'язку пастоподібну масу з окремими включеннями механічних домішок, згустків важких олив та консистентних олив. Шлами достатньо обводнені. У більшості випадків вони вміщують в середньому 30 % і більше нафтопродуктів.

Хімічний склад шламів дуже складний. Крім того, далеко не всі їх фракції можна спалити або переробити. Технологічні шлами відрізняються різноманітним складом; в них присутні нафта, вода, нафтові емульсії, асфальтени, гудрони, іони важких металів, різноманітні механічні домішки та радіоактивні елементи. При тривалому зберіганні вони розшаровуються: верхній шар - емульсія нафти з водою, середній - освітлена вода з нафтопродуктами, нижній - тверда фаза (70 %), просочена нафтопродуктами. У нижньому шарі (донний осад) міститься 26–45 % смолистоасфальтенових речовин і 15–30 % парафінів, а також зв'язана нафта, глина, пісок, вода, продукти корозії.

Утилізування технологічного шламу дещо ускладнюється через суттєву різницю складу та властивостей трьох фракцій технологічного шламу, а саме нафтової, водної та твердої.

Таким чином, проблеми утилізації відпрацьованих нафтопродуктів стоять дуже гостро. Їх вирішення потребує розв'язання широкого кола питань як економічного, так і екологічного характеру.

### МОНІТОРИНГ ВМІСТУ АЛЬДЕГІДІВ У АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ МІСТА ДНІПРО

Павлов Ю. В., Сорока М. Л.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Pavlov Yurii, Soroka Maksym. Monitoring of aldehyde content in the air of the city of Dnipro.*

**Summary.** *This report is part of a master's study on the spatial and diurnal dynamics of acrolein content in the atmospheric air of the city of Dnipro, as well as to give a sanitary-ecological assessment of such pollution. This report presents the results of an analytical expedition and the results of measuring the content of acrolein in the atmospheric repetition of different areas of the Dnipro.*

Забруднення атмосферного повітря – один із ключових чинників стану та якості довкілля, а також здоров'я населення. Безпечність і оптимальний стан навколишнього середовища та здоров'я населення промислових міст в значній мірі залежать від характеру та ступеню впливу на організм людини шкідливих речовин у викидах промисловості, транспортної мережі, домогосподарств тощо.

Низько потенційні джерела викидів подекуди створюють більші ризики екологічної небезпеки у містах та селищах, у порівнянні з організованими джерелами викидів промислових підприємств. Це пов'язано з великою кількістю та щільністю таких джерел викиду на території міста, низьким факелом розсіювання забруднювальних речовин у приземному шарі атмосфери. відсутністю нормативного контролю для джерел викиду такого типу. Найбільш показовим низько потенційним джерелом викиду у місті є точки термічної обробки та приготування продуктів харчування. Загалом у місті Дніпро налічується понад 300 ресторанів зі стаціонарними кухнями та понад 800 малих мобільних закладів громадського харчування (ларьки з виготовлення шаурми тощо). Через спрощену систему оподаткування на ці суб'єкти господарювання не поширюються вимоги щодо інвентаризації та контролю викидів у атмосферне повітря. Разом з цим, термічна обробка продуктів харчування (жарка, копчення) характеризується викидом цілої низки токсичних та канцерогенних сполук. Найбільш поширеною сполукою у викидах таких підприємств громадського харчування є акролеїн.

Все зазначене обґрунтовує актуальність дослідження рівня забруднення акролеїном атмосферного повітря, а також оцінку екологічних та санітарних ризиків для здоров'я населення, викликаного цим забрудненням.

Акролеїн – надзвичайно токсична забруднююча речовина, яка входить до переліку 33 найбільш небезпечних речовин у повітрі. Акролеїн характеризується загальною токсичною дією (2 клас небезпеки), подразнюючим, алергенним, мутагенним та цитотоксичним ефектом на організм людини з вираженим пригніченням імунної реакції. Поріг не канцерогенного чи канцерогенного ризику акролеїну нижчий ніж поріг розпізнавання людиною. Таким чином, акролеїн відноситься до групи забруднюючих речовин, безпечний рівень яких неможливо визначити органолептично. Цим пояснюється актуальність інструментального дослідження вмісту акролеїну у атмосферному повітрі міста Дніпро, а також санітарно-екологічна оцінку не канцерогенного ризику від такого забруднення.

Поріг не канцерогенного чи канцерогенного ризику акролеїну нижчий ніж поріг розпізнавання людиною. Таким чином, акролеїн відноситься до групи забруднюючих речовин, безпечний рівень яких неможливо визначити органолептично.

Акролеїн складно піддається аналітичному вимірюванню. Це пов'язано з низьким порогом визначення цієї речовини. У міжнародній практиці використовують хроматографічні методи. В Україні досі користуються фотометричними методами, які не здатні оцінювати концентрації на рівні менше 20 мкг. При цьому похибка методик вимірювань у діапазоні до 200 мкг складає 25 %. Це робить неможливим якісний моніторинг забруднення акролеїном у атмосферному повітрі міст.

Відбір проб атмосферного повітря виконаний на 25 дослідних майданчиках, які охоплюють лівобережну та правобережну частини міста Дніпро у такому розподілі: в межах СЗЗ промислових підприємств 30 %; в межах спальних житлових районів 30 %; поблизу торгово-розважальних центрів 40 % дослідних майданчиків відповідно. Відбір та інструментальний аналіз вмісту акролеїну та його похідних гомологів виконано методом EPA 8315a з використанням сорбційних трубок СТ-250, заповнених кремнієвим сорбентом DNFG, з реактивом Шиффа.

Моніторинг вмісту акролеїну у атмосферному повітрі показали, що для різних районів міста Дніпро характерні різні рівні забруднення. Для усіх районів міста характерною є тенденція до накопичення акролеїну у повітря впродовж усього дня. У першій половині дня вміст акролеїну у середньому не перевищує значень ГДК майже для усіх районів. Проте у вечорі для більшості районів характерне перевищення ГДК акролеїну у 1,2...2,2 рази.

Атмосферне повітря міста Дніпро (у середньому) демонструє прийнятний не канцерогенний ризик для здоров'я людини. Проте в районах скупчення промислових підприємств та закладів громадського харчування спостерігається підвищений та високий рівень не канцерогенного ризику. Результати моніторингу встановили, що вміст акролеїну у пробах атмосферного повітря міста Дніпро змінюється в широких межах та залежить від місця та періоду доби.

На підставі результатів моніторингу вмісту акролеїну а атмосферному повітря міста Дніпро представлені результати обчислення неканцерогенного ризику. Розрахунок неканцерогенного ризику виконаний у програмі RISC ELCR з використанням моделі BOO3:

$$ELCR = SF \times E \times 0.08 \times e(CDI \cdot RfD), \quad (1)$$

де SF – фактор канцерогенного потенціалу; CDI – фактор довічної середньодобової дози; RfD – референсна концентрація.

Як видно з табл. 3.4 – більшість території міста має прийнятний не канцерогенний ризик. Проте поблизу промислових підприємств (станція метро Заводська, вул. Столярова) та поблизу торгово-розважальних центрів цей ризик досягає високого значення.

На дослідних майданчиках (Площа Героїв Майдану, Вул. Столярова 6, Ринок Озерка, Площа Старомостова, Станція метро Заводська, Ринок Сонячний) спостерігається високий ризик для здоров'я населення. Такий показник пов'язаний з діяльністю промислових підприємств (металургійні комбінати та жиромасло екстракційний завод) на вул. Столярова

та станції метро Заводська. В інших випадках – високий не канцерогенний ризик пояснюється неконтрольованими викидами автотранспорту та закладами громадського харчування, особливо на дослідних майданчиках - Площа Героїв Майдан та Ринок Озерка.

Підвищений рівень не канцерогенного ризику характерний для усіх ділянок великих торгово-розважальних центрів міста Дніпро. Це пов'язано з локальним скупченням закладів громадського харчування та інтенсивним транспортним потоком на цих ділянках. Загальний не канцерогенний ризик вмісту акролеїну у повітрі міста Дніпро знаходиться на прийнятному рівні.

## ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ

Журавель І. Л., Журавель А. В., Трохініна К. В.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Zhuravel Iryna, Zhuravel Anton, Trohinina Katerina. Increasing the level of environmental safety in the multimodal transportation of dangerous goods.*

**Summary.** *The ways of increasing the level of environmental safety in the multimodal transportation of dangerous goods are characterized.*

Згідно з Національною транспортною стратегією до 2030 року до пріоритетних напрямів розвитку транспортної галузі країни віднесено підвищення рівня безпеки на транспорті, включаючи й екологічної.

Під час транспортування небезпечних вантажів важливим необхідним елементом зменшення ризиків є надання відправником достовірної інформації перевізнику як під час оформлення перевізних документів, так і щодо якості супровідної інформації. Вірний вибір відправником вантажних і транспортних одиниць та умов перевезень небезпечних вантажів залежить від повної та достовірної інформації, яка повинна міститись в паспортах безпеки, розроблених відповідно до вимог Узгодженої на глобальному рівні системи класифікації небезпек і маркування хімічної продукції (СГС).

Аналіз статистичних даних щодо перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом країни за минулі роки показав збільшення обсягів перевезень на 20 % як вагонними, так і контейнерними відправками, а також зростання експорту на 15 %. В статистиці аварійних ситуацій з небезпечними вантажами на залізничному транспорті останніми роками переважають витікання вантажів 3 (легкозаймисті рідини – бензин, дизпаливо та ін.) і 8 (кислоти) класів безпеки, а також випаровування газів (2 клас безпеки) і займання сірки (4 клас безпеки).

До шляхів підвищення рівня екологічної безпеки під час організації мультимодальних перевезень небезпечних вантажів можна віднести наступні:

- підвищення рівня контейнеризації в цілому та збільшення застосування:
  - танк-контейнерів для перевезення небезпечних вантажів наливом, в першу чергу для небезпечних вантажів 2, 3 і 8 класів безпеки. Сприятимуть цьому збільшення парку танк-контейнерів в світі, їх модельного парку та спеціалізації. Крім цього, нові та сучасні моделі танк-контейнерів є значно безпечнішими за переважно застарілий парк спеціалізованих цистерн. Підвищення рівня екологічної безпеки забезпечується також за рахунок забезпечення «доставки від дверей до дверей»;
  - флексі-танків (разових еластичних і герметичних вкладишів до універсальних контейнерів) для перевезень окремих небезпечних вантажів;

◦ лайнер-бегів (вкладишів до універсальних контейнерів для перевезення як штучних вантажів, так і сипких – сірки, макухи та безпечних), які гарантують захист вантажів і чистоту контейнера;

– збільшення рівня застосування біг-бегів для перевезення сипких вантажів (зокрема, сірки та зернових), як разового використання, так і багаторазового;

– модульних вантажних одиниць розробки фірми «Глорія» (зокрема, для сипких, біг-бегів тощо). Дана модульна вантажна одиниця являє собою комплекс, наприклад, у складі контейнерного та вантажного модулів і сприяє більш ширшому доступу відправників до інтермодальних перевезень;

– К-флексітанків (універсальних м'яких контейнерів на 1000 л разової чи багаторазової конструкції на європіддонах) або текутейнерів (картонних «кубів»), які забезпечують безпечність і надійність конструкції) для перевезення наливних вантажів в трейлерах або в універсальних великотоннажних контейнерах морем.

Застосування інноваційних вантажних і транспортних одиниць під час мультимодального перевезення небезпечних вантажів безумовно дозволить підвищити рівень екологічної безпеки.

## АНАЛІЗ ЗАКОРДОННОГО ДОСВІДУ ВИКОРИСТАННЯ ВАКЦИН ПРОТИ COVID-19

Музикін М. І., Дрогобецька Д. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Muzykin M. I., Drohobetska D. V. Analysis of foreign experience in the use of vaccines against COVID-19.*

**Summary.** *When asked whether to be vaccinated or not, everyone must answer for themselves, weighing all the pros and cons. After all, the risks associated with the coronavirus infection itself are several orders of magnitude higher than the risks associated with possible side effects from the vaccines themselves.*

COVID-19 – коронавірусна інфекція 2019 року, потенційно важка гостра респіраторна інфекція, що викликається коронавірусом SARS-CoV-2. Являє собою небезпечне захворювання, яке може протікати як у формі гострої респіраторної вірусної інфекції легкого перебігу, так і у важкій формі. Вірус здатний вражати різні органи через пряме інфікування або за допомогою імунної відповіді організму. Найбільш частим ускладненням захворювання є вірусна пневмонія, здатна призводити до гострого респіраторного дистрес-синдрому і подальшої гострої дихальної недостатності, при яких найчастіше необхідні киснева терапія і респіраторна підтримка. У число ускладнень входять поліорганна недостатність, септичний шок і венозна тромбоемболія. До найбільш поширених симптомів захворювання відносяться підвищена температура тіла, стомлюваність і сухий кашель. У рідкісних випадках ураження вірусом дітей і підлітків, імовірно, може призводити до розвитку запального синдрому. Також можливі довгострокові ускладнення, звані постковідним синдромом.

Поширюється вірус повітряно-крапельним шляхом через вдихання розпорошених в повітрі при кашлі, чханні або розмові крапель з вірусом, а також через потрапляння вірусу на поверхні з подальшим занесенням в очі, ніс або рот. До числа ефективних заходів профілактики відноситься часте миття рук і дотримання правил респіраторної гігієни. З метою зниження поширення інфекції введений обов'язковий масковий режим, що вимагає необхідність носіння масок в громадських місцях, включаючи магазини і громадський

транспорт. Захворювання викликається новим вірусом, проти якого у людей спочатку немає набутого імунітету, до інфекції сприйнятливі люди всіх вікових категорій.

На 1 жовтня 2020 року проти вірусу були відсутні будь-які специфічні противірусні засоби лікування або профілактики. Станом на 16 жовтня 2020 р. єдиним ефективним лікарським засобом у важких і критичних випадках виявилися кортикостероїди. У більшості випадків (приблизно в 80 %) будь-яке специфічне лікування не потрібно, а одужання відбувається саме по собі. У осіб старших вікових груп ризик розвитку серйозних ускладнень і смерті в результаті коронавірусної інфекції COVID-19 значно вище, ніж у людей молодого і середнього віку, при рівній ймовірності контакту з новим вірусом. Смертність від коронавірусної інфекції COVID-19 у осіб 80 років і старше досягає 15 %, в той час як у людей молодше 50 років вона менше 0,5 %.

Причини підвищеної уразливості людей похилого віку – наявність синдрому старечої астениї, зниження фізіологічних резервів, загальної опірності і стійкості організму, наявність множинних проблем зі здоров'ям. Важкі форми захворювання, швидше за все, можуть розвинути у людей похилого віку та людей з певними супутніми захворюваннями, що включають астму, діабет та серцеві захворювання. У важких випадках застосовуються засоби для підтримки функцій життєво важливих органів. У більшості захворівших інфекція протікає в легкій формі або безсимптомно. Приблизно в 15 % випадків захворювання протікає у важкій формі з необхідністю застосування кисневої терапії, ще в 5 % стан хворих критичний. 11 березня 2020 року поширення вірусу було визнано ВООЗ пандемією. Ця епідемія є першою в історії людства пандемією, яка може бути взята під контроль.

Через швидке глобальне поширення інфекції та високу смертність розробка вакцини є критично важливим завданням. До пандемії COVID - 19 робота над розробкою вакцини проти коронавірусних захворювань, таких як важкий гострий респіраторний синдром (SARS) і Близькосхідний респіраторний синдром (MERS), дозволила сформулювати знання про структуру і функції коронавірусів; ці знання дозволили прискорити розробку різних вакцинних технологій на початку 2020 року. Станом на лютий 2021 року 69 вакцин-кандидатів перебували на стадії клінічних досліджень, і близько 180 – на стадії доклінічних досліджень. Вакцини, зареєстровані або схвалені як мінімум одним національним регулятором, станом на 5.03.2021, наведені в Таблиці 1.

Таблиця 1

Характеристика вакцин від COVID-19  
зареєстрованих або схвалених як мінімум одним національним регулятором

Найменування вакцини	Введення, кількість доз	Ефективність	Умови зберігання	Країна розробник
Спутник V (Гам-КОВИД-Вак),	Внутрішньом'язово, 2	91,6 %	-18 °C	Росія
ЕпіВакКорона	Внутрішньом'язово, 2	91,6 %	2 - 8 °C	Росія
Вакцина Pfizer/BioNTech	Внутрішньом'язово, 2	95 %	-90 ÷ -60°C	Великобританія
Вакцина Moderna	Внутрішньом'язово, 2	94,5 %	-25 ÷ -15 °C	США
Вакцина AstraZeneca	Внутрішньом'язово, 2	70 %	-	Великобританія
BBIBP-CorV	Внутрішньом'язово, 2	79,34 %	-	Китай
CoronaVac	Внутрішньом'язово, 2	50,34 %	-	Китай

На питання, вакцинуватися чи ні, кожен повинен відповісти сам, зваживши всі «за» і «проти». Адже ризики, пов'язані з самою коронавірусною інфекцією, на кілька порядків вище ризиків, пов'язаних із можливими побічними ефектами від самих вакцин.

Зараз висловлюються побоювання, що з часом в результаті мутацій зміниться структура вірусних білків і вони стануть менш вразливими до вакцини. Повідомлення про нові штами коронавірусу періодично розбурхують громадськість (наприклад, «британський» штаб, «південноафриканський» штаб). Швидше за все, нова коронавірусна інфекція стане сезонною, а вакцини проти COVID-19 увійдуть в національний календар профілактичних щеплень, як і вакцини від грипу. Варто відзначити, що дані вакцини, швидше за все, не будуть надавати повний захист від інфекції. Навіть вакцинована людина може заразитися. Тим більше, що для формування найбільш повного імунітету потрібно отримати, зазвичай, обидві дози вакцини і повинен пройти хоча б місяць. В Ізраїлі людей, які перехворіли COVID-19, вакцинують тільки однією дозою вакцини для підтримання стійкої імунної відповіді. Однак користь вакцинації незаперечна. По-перше, вони значно знизять число тих, хто може заразитися. А по-друге, навіть якщо людині не пощастить, і вона заразиться, вакцинація від COVID-19 повинна запобігти перебігу інфекції в середній і важкій формі.

## ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД СОЛЕЙ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ СОРБЦІЙНИМИ МЕТОДАМИ

Коваленко А., Яришкіна Л.О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Kovalenko A., Yaryshkina L. O. Purification of stichnye water with salts of various metals by sorbtic methods.*

**Summary.** *The estimation process and potential deposits of glauconite, mordenit in Ukraine, for their use in water treatment technology from heavy metals.*

Зазвичай в останнє десятиріччя очищення стічних вод стає одним із стратегічних завдань держави. Водні ресурси визначають розвиток окремих регіонів, розміщення промислових об'єктів і населених пунктів, відіграють важливу роль у формуванні природно-технічних комплексів.

Забруднення гідросфери скидами підприємств як залізничного транспорту так і інших галузей, шкідливими відходами виробництва, незадовільний стан трубопроводів і каналізаційних мереж, недостатня кількість матеріальних ресурсів на будівництво і ремонт очисних споруд, спричиняють забруднення водойм сполуками хрому, марганцю, нікелю, кобальту, міді, цинку, кадмію, свинцю та інших металів.

Загострення проблеми очищення стічних вод потребує пошуку та впровадження нових ефективних рішень. Доцільним способом підвищення якісних показників стічної води є використання сорбційних методів очищення з застосуванням адсорбційно-захисної властивості природних дисперсних мінералів українських родовищ. Вітчизняні природні сорбенти, відомих родовищ мінеральної сировини, мають низьку собівартість, високі адсорбційні властивості, легко піддаються регенерації, модифікації, утилізації.

Стічна вода, що повертається у природні водойми не повинна вміщувати деякі компоненти, зокрема важкі метали, спроможні змінювати її органолептичні показники та погіршувати фізико-хімічні властивості.

У цілому загальна токсична дія важких металів визначається механізмом їх взаємодії з різними біологічними структурами на рівні людського організму. Тому відповідні державні структури уважно стежать аби вміст важких металів у воді не перевищував допустимі рівні, встановлені санітарними правилами і нормами (ДСанПіН), медико-біологічними вимогами і санітарними нормами якості води, а також державними стандартами України.



Для удосконалення сорбційних методів очищення та визначення адсорбційної спроможності природних мінералів щодо вилучення важких металів із стічної води були проведені дослідження і отримані результати дали можливість зробити наступні висновки. Природні дисперсні мінерали палигорськіт, глауконіт, що відносяться до глин, морденіт, шунгізіт, що входить у групу цеолітів, вибірково адсорбують важкі метали; поглинальна спроможність цеолітів – шунгізіту та модерніту щодо вилучення важких металів з стічної води вища, ніж палигорськіта і глауконіта; природні адсорбенти, адсорбуючи важкі метали, покращують органолептичні, токсикологічні показники та безпеку стічної води; отримані оптимальні технологічні параметри, що сприятимуть удосконаленню технології очищення стічних вод різних галузей промисловості від важких металів.

### **ВИВЧЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ СМУГИ ВІДВОДУ ЗАЛІЗНИЦЬ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ЯКІСНИМ МЕТОДОМ В ҐРУНТАХ НД ВУЗЛА ТА ПІВДЕННОГО ВОКЗАЛУ М. ДНІПРО**

Тарасова Л. Д., Розгон О. В., Зеленько Ю. В., Кравченко В. О.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Tarasova Lidiia, Rozghon Oksana, Zelenko Yuliia, Kravchenko Valeriya.*

**Summary.** *Study of contamination of the railway strip with heavy metals by a qualitative method in the soils of the ND node and the South Station of Dnipro. Based on the research data, the following sequence of heavy metals content in the soils of the drainage strip of the selected objects was revealed:  $Cr^{3+} > Pb^{2+} > Fe^{2+} \geq Fe^{3+} > Zn^{2+} > Ni^{2+} > Cu^{2+} > Cd^{2+}$ .*

На даний час проблема забруднення природних систем токсичними компонентами техногенного походження стає більш актуальним за рахунок збільшення джерел надходження важких металів і впливу їх на навколишнє середовище, зокрема на ґрунт. Важкі метали є токсичними і перешкоджають активності мікрофлори ґрунту. Їх концентрація у ґрунті може зберігатися впродовж десятиліть і навіть століть[1].

Особливо небезпечними є достатньо високі концентрації важких металів у ґрунті, які с часом тільки збільшуються, їх надмірне надходження в організм людини і тварин, звідки ці метали дуже важко і повільно виводяться, акумулюються в органах і тканинах, викликаючи різні патології. Вони надходять в організм в більшості з рослинною їжею, а також з повітрям, водою. Найбільш небезпечними і токсичними вважаються важкі метали першого класу небезпеки (Pb, Zn, Cd), викликаючи отруєння, ураження нервової системи. Свинець інгібує ферменти, кадмій порушує синтез ДНК, цинк викликає відхилення в розвитку. Важкі метали другого класу небезпеки (Cu, Cr, Ni) мають виражену мутагенну дію, підвищують клітинну проникність[2].

Техногенне надходження важких металів в біосферу пов'язано з різноманітними джерелами: промислові підприємства, ТЕЦ, автотранспорт, а також відзначається зростання надходження важких металів від рухомого складу залізниць. Це пов'язано зі збільшенням об'єктів вантажоперевезень, використанням застарілих в екологічному плані транспортних засобів, а особливо з давністю експлуатації магістралей. Особливої уваги, з позиції забруднення навколишнього середовища, викликають великі залізничні вузли, де відбувається формування поїздів, технічне обслуговування та ремонт рухомого складу. Локомотиви, що працюють на дизельному паливі, виділяють в навколишнє середовище багато кадмію, свинцю та вуглеводнів. Крім того, важкі метали можуть надходити у довкілля від часток, що утворюються в результаті тертя рухомих частин локомотивів і вагонів (Fe, Ni, Zn, Cu та ін)[3].

Таким чином, залізничний транспорт є досить активним джерелом важких металів в ґрунтово-рослинний покрив відведення залізниць, причому способи їх надходження в ґрунти різноманітні.

Об'єкт дослідження - ґрунти території відводу залізниці НД вузла та Південного вокзалу м. Дніпро. За допомогою якісних реакцій були визначені рухомі та кислото розчинні форми деяких катіонів металів, а зокрема:  $Pb^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ , результати досліджень наведено в таблиці 1.

Таблиця 1  
Результати визначення присутності деяких катіонів( $Pb^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ) за допомогою якісних реакцій у ґрунтах території відводу залізниці НД вузла та Південного вокзалу м. Дніпро

Катіони	НД вузол		Південний вокзал	
	Рухомі форми	Кислото розчинні форми	Рухомі форми	Кислото розчинні форми
$Zn^{2+}$	Присутні в незначній кількості	Неможливо визначити із-за високої концентрації катіонів $Fe^{3+}$	Присутні в достатній кількості	Неможливо визначити із-за високої концентрації катіонів $Fe^{3+}$
$Pb^{2+}$	Відсутні	Присутні в достатній кількості	Присутні в незначній кількості	Присутні в достатній кількості
$Co^{2+}$	Відсутні	Неможливо визначити із-за високої концентрації катіонів $Fe^{3+}$	Відсутні	Неможливо визначити із-за високої концентрації катіонів $Fe^{3+}$
$Ni^{2+}$	Відсутні	Відсутні	Відсутні	Відсутні
$Cr^{3+}$ ( з еріохромом )	Присутні в достатній кількості	Присутні в достатній кількості	Присутні в достатній кількості	Присутні в достатній кількості
$Cr^{3+}$ ( з калій перманганатом )	Присутні в достатній кількості	Присутні в достатній кількості	Присутні в достатній кількості	Присутні в достатній кількості
$Fe^{2+}$	Відсутні	Присутні в достатній кількості	Відсутні	Присутні в достатній кількості
$Fe^{3+}$	Відсутні	Присутні в достатній кількості	Відсутні	Присутні в достатній кількості
$Cu^{2+}$	Відсутні	Відсутні	Відсутні	Відсутні
$Cd^{2+}$	Відсутні	Відсутні	Відсутні	Відсутні

Таким чином, на основі даних дослідження виявлена наступна послідовність вмісту важких металів в ґрунтах смуги відводів вибраних об'єктів:  $Cr^{3+} > Pb^{2+} > Fe^{2+} \geq Fe^{3+} > Zn^{2+} > Ni^{2+} > Cu^{2+} > Cd^{2+}$ .

Список використаних джерел:

1. Самарська А. В., Зеленько Ю. В. Закономірності поширення та акумуляції важких металів у ґрунтах залізничної інфраструктури // Залізничний транспорт України. - 2018. - № 3. - С. 13-21.

2. Шнайдерман О. Ю., Самарська А. В., Зеленько Ю. В. Принципи біоіндикативної оцінки впливу залізничного транспорту на людину та довкілля.- Міжнародна науково-технічна конференція «Технології та інфраструктура транспорту», Харків, 14 – 16 травня 2018 р.: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – 296-298 с.

3. Самарська А.В., Дулін М.В., Зеленько Ю.В. Дослідження вмісту важких металів у забрудненому баластному щебені. - 6-й Міжнародний конгрес "Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування": збірник матеріалів. – Львів: Західно-Український Консалтинг Центр (ЗУКЦ), ТзОВ, 2020. – 47 с.

## ЩОДО ПРОБЛЕМИ ТЕПЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

Білошицька І. Е., Зеленько Ю.В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Biloshicka Ilona, Zelenko Yuliia What about the problem of thermal pollution of the environment.*

**Summary.** *The problem of assessing the heat balance of urban areas is shown and modern innovative solutions to reduce thermal pollution are studied.*

Глобальне потепління, на сьогодні, вважається однією із найважливіших проблем людства, на дослідження якої спрямовані зусилля сотень наукових груп по всьому світу. Разом із цим, в нашій країні цьому питанню приділяється недостатньо уваги, а його причини, наслідки та конкретні прогнози часто лишаються дискусійними.

Вивчення статистичних даних свідчить, що після промислової революції загальна річна температура в світі підвищилася трохи більше ніж на 1 °С. З 1880 року, коли почалася точна реєстрація по 1980 рік, температура підвищувався в середньому на 0,07 градуса за Цельсієм кожні 10 років. Однак з 1981 року темпи зростання збільшилися більш ніж удвічі, за останні 40 років ми спостерігали підвищення глобальної річної температури на 0,18 градуса за Цельсієм або 0,32 градуса за Фаренгейтом за десятиліття.

Глобальне потепління відбувається, коли вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>) і інші забруднювачі повітря збираються в атмосфері і поглинають сонячне світло і сонячну радіацію, відтворену від поверхні землі. Зазвичай це випромінювання йде в космос, але ці забруднювачі, які можуть зберігатися в атмосфері від багатьох років до століть, затримують тепло і змушують планету нагріватися. Ці забруднювачі вловлюють тепло - зокрема, вуглекислий газ, метан, закис азоту, водяна пара і синтетичні фторовані гази - відомі як парникові гази, а їх вплив називається парниковим ефектом.

Теплове забруднення є одним з наймасштабніший та найпоширеніших видів фізичних антропогенних забруднень. Крім безпосереднього впливу на фізичні характеристики повітря, теплове забруднення сприяє також збільшенню хімічного забруднення. Після підвищення температури повітря до +22,5°C, ймовірність виникнення смогу зростає майже на 2 % на кожен додатковий градус.

Урбанізовані території – це і численні вертикальні поверхні: стіни, схили різної експозиції та крутизни, спуски, тунелі, естакади тощо, вплив яких на температурний режим ускладнюється різноманітністю матеріалів та технологій їх виготовлення, архітектурними особливостями тощо.

Міська метеорологія займається розбіжностями погоди між населеними пунктами та околицями. Важливим є не лише наземний розвиток, але й підземні лінії, підземні автостоянки або залізничні тунелі. Вони змінюють водний баланс навіть на незабудованій місцевості. Як і надземні будівлі, забудова надр також зменшує випаровування і, таким чином, охолодження. Ось чому в місті зазвичай тепліше, ніж в околицях; Метеорологи називають місто тепловим островом.

Технології рециркуляційного охолодження можуть практично усунути потепління і підвищити надійність енергосистеми в складних кліматичних і водних умовах. Нормативні обмеження також знижують потепління, але за рахунок значного скорочення генеруючих потужностей.

Слід також зазначити, що надходження енергії від Сонця, локально теплове забруднення набуває критичних значень. Низький рівень озеленення та ущільнення міської забудови викликають локальне порушення мікрокліматичних умов та сприяють локальному тепловому забрудненню. Одним з найдієвіших методів опосередкованого, але комплексного і ефективного зменшення локального теплового забруднення, є різні види озеленення.

ня, рис.1. Парки або окремі дерева та навіть невеликі зелені насадження збільшують випаровування і тим самим знижують температуру повітря (випаровування). Крім того, вологе повітря для багатьох людей комфортніше, ніж дуже сухе.

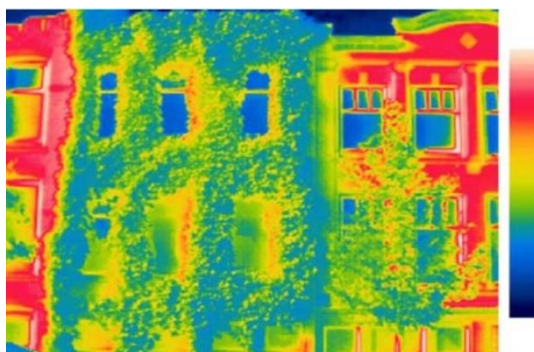


Рис. 1. Інфрачервоне зображення фасаду, покритого бостонським плющем (Партеноцис), вкоріненого в ґрунт та розташованого безпосередньо на фасаді

Крім озеленення, зменшення температури поверхонь можливе і завдяки використанню відповідних матеріалів. Наприклад, компанією GuardTop розроблено матеріал для руліжних доріжок літаків, які не можна було б виявити на інфрачервоних камерах супутників-шпигунів. На фото нижче показано інфрачервоне зображення асфальтового покриття з покриттям в порівнянні з непокритим ділянкою рис. 2. Це світло-сіре покриття, воно застосовується так само, як і більшість поверхневих покриттів для асфальту.



Рис. 2. Інфрачервоне зображення асфальтового покриття

Початкові дослідження показують, що температура покритої поверхні на 7-14 °С нижче, ніж поверхня асфальту. Такий позитивний приклад демонструє необхідність продовження досліджень в даному напрямку з метою покращення загальної екологічної ситуації на урбанізованих територіях.

В рамках виконання ініціативної дослідницької роботи планується проведення циклу інструментальних досліджень направлених на оцінку теплового балансу м. Дніпро та розробки рекомендацій щодо перспективних методів зменшення температурних контрастів у системі міських «островів тепла» до яких можна віднести: горизонтальне і вертикальне озеленення житлових мікрорайонів та промислових зон; та зміну властивостей поверхонь доріг, будівель разом з їх теплоізоляцією.

## ВИБІР МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ НАФТОПРОДУКТІВ У СТИЧНИХ ВОДАХ МАЛИХ ПІДПРИЄМСТВ АВТОМОБІЛЬНОГО СЕРВІСУ

Ямпольська Л. Є., Стогул А. Б., Сорока М. Л.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Yampolska Lilia, Stogul Anastasia, Soroka Maksym. Choice of method for determination of oil products in wastewater of small automobile service enterprises.*

**Summary.** *This report is part of a master's study on the impact of a small transport company on the environment in a close location of urban development. This report analyzes the traditional and innovative methods of instrumental analysis of petroleum products in wastewater, as well as provides comprehensive recommendations for the application of these methods in the management of environmental activities of small automotive service enterprises.*

Експлуатація автотранспортних засобів нерозривно пов'язана з їх технічним обслуговуванням та відповідною ремонтною базою. За умови збільшення кількості автомобілів в експлуатації збільшується необхідність у підприємствах, які забезпечують ремонт та технічне обслуговування та, відповідно, збільшується антропогенне навантаження на довкілля, яке створюють ці підприємства. Вивченню проблеми оцінки впливу на навколишнє природне середовище підприємств, які здійснюють технічний нагляд та ремонт автотранспортних засобів, присвячений цей дослідження.

Сучасні вимоги природоохоронного законодавства України обумовлюють необхідність постійного контролю якісного та кількісного складу стічних вод. Стічні води малих підприємств характеризуються малим дебітом утворення та змінним (якісно та кількісно) інгредієнтним складом. Слід відзначити, що природоохоронна діяльність малих підприємств має виражені особливості, головна з яких – дефіцит адміністративного часу та фінансування на здійснення природоохоронної діяльності. Таким чином, питання автоматизації та раціоналізації контролю якісного та кількісного складу стічних вод малих підприємств є актуальними та потребують додаткового вивчення.

Аналітичний контроль кількісного та якісного складу стічних вод підприємств - важливе завдання екологічного менеджменту та аудиту. Вибір того чи іншого методу аналітичного контролю безпосередньо залежить від характеру утворення стічних вод і передбачуваного складу. До особливих умов утворення стічних вод автотранспортного підприємства, які можуть вплинути на вибір того чи іншого методу хімічного аналізу слід віднести такі:

- малий обсяг утворення;
- нерівномірність утворення;
- мінливість якісного та кількісного складу,;
- відсутність роздільної системи каналізування (побутові стічні води змішуються з виробничими стічними водами).

Приблизний склад стічних вод автотранспортних підприємств включає ряд показників, які аналізуються принципово різними методами. До типового якісного складу стічних вод малих автотранспортних підприємств слід віднести наступні сполуки та з'єднання:

- зважені речовини; хлориди і сульфати;
- іони металів: залізо, нікель, цинк, мідь, хром, кадмій та ін.;
- нафтопродукти (інтегральний показник);
- масла і жири (інтегральний показник);
- кисла реакція рН.

Серед основних методів кількісного хімічного аналізу, який застосовуються при визначенні нафтопродуктів у водах, слід виділити наступні: гравіметрія, ІЧ- та УФ-

спектроскопія, флуориметрія, хроматографія. У доповіді наведені результати критичного аналізу методик вимірювань нафтопродуктів за всіма зазначеними методами.

Гравіметрична група методик знайшла найбільше поширення при аналізі стічних вод, так як не вимагає попередньої тонкого очищення проби стічних вод. Гравіметричні методи не вимагають порівняння зі стандартним зразком, тому вважаються арбітражними. Недолік даної групи методів – діапазон вимірювань більший значення ГДК.

Методи УФ-спектроскопії знайшли широке застосування в аналізах природних вод. Недолік методів – необхідність очищення проби стічних вод від зважених речовин. Дані методи прості у використанні та добре автоматизовані.

Хроматографічні методи застосовують з метою одночасного вивчення кількісного і якісного складу стічних вод. Даний метод дозволяє визначити кількість нафтопродуктів у воді з зазначенням класу даного органічної сполуки. Недолік застосування хроматографічного методу в аналізі стічних вод – необхідність складної підготовки проби. Тонке очищення стічних вод від зважених речовин і солей сильних кислот вносять значну помилку в кінцевий результат аналізу вмісту нафтопродуктів в стічній воді.

Методи ІЧ-спектроскопії є найбільш перспективними для аналізу вмісту нафтопродуктів у стічних водах. Особливість методу дозволяє аналізувати практично всі групи сполук, які входять в інтегральний показник «нафтопродукти». Даний метод має високу чутливість. Прилади серії КН-1м дозволяють виконувати аналізи в режимі реального часу. Слід зазначити, що модифікація ІЧ-датчика Фур'є дозволяє визначати якісний склад органічний сполук, що входять до складу стічної води.

Аналізуючи отримані дані можна дійти висновку, що з метрологічної точки зору використання флуориметрії та хроматографії є найбільш ефективним. З іншого боку, в умовах дефіциту фінансування природоохоронної діяльності на підприємстві найбільш доцільним є використання гравіметричних методи або автоматизованих методів ІЧ-спектрографії. Використання УФ-спектрографії є недоцільним з причини неможливості застосування аналізу для визначення сполук, які містять бензольне кільце.

Слід зазначити, що гравіметричні методи є найбільш дешевими. Не дивлячись на це ІЧ-методи володіють найбільшою чутливістю. Значна вартість обладнання може бути компенсована за рахунок спільного використання декількох підприємствами.

За результатами дослідження були сформульовані такі висновки:

– з урахуванням специфіки якісного складу стічних вод малих автотранспортних підприємств та змінного характеру їх утворення рекомендується застосовувати напівавтоматизовані концентрометри серії КН, Мікран або КН-1М (ІК-спектроскопія).

– аналітичні лабораторії малих підприємств можуть бути організовані за принципом науково-технічного кооперативу. Таким чином можливо мінімізувати витрати виробництва на закупівлю обладнання в умовах дефіциту фінансування природоохоронної діяльності.

## ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ У ЛЕВІТАЦІЙНОМУ ПРОСТОРІ ПОЇЗДА НА МАГНІТНОМУ ПІДВІСІ

Ляшенко В.І., Дзензерський В.О.

Інститут транспортних систем і технологій НАН України (м. Дніпро)

*Liashenko Valeriy, Dzenzerskiy Victor. Physical processes in levitation space trains on magnetic suspension.*

**Summary.** *The paper considers the influence of atmospheric phenomena on the magnetic gravitational transport technical characteristics. The conditions of origin and development of cavitation clusters formed in the magnetic field of levitation space have investigated. The estimated value of the magnetic field change during the cavitation process and the impact on the linear synchronous motor operation have calculated. A numerical study has shown that the magnetic field leads to a decrease in the cavitation cavity pressure impact twice.*

Магнітолітвіуючий транспорт підданий впливу навколишнього середовища незалежно від технології магнітного підвісу. Між днищем модульних вагонів поїзда і шляховою структурою існує повітряний простір. Під час руху будь-яке тертя виключається. Єдиною гальмівною силою є сила аеродинамічного опору.

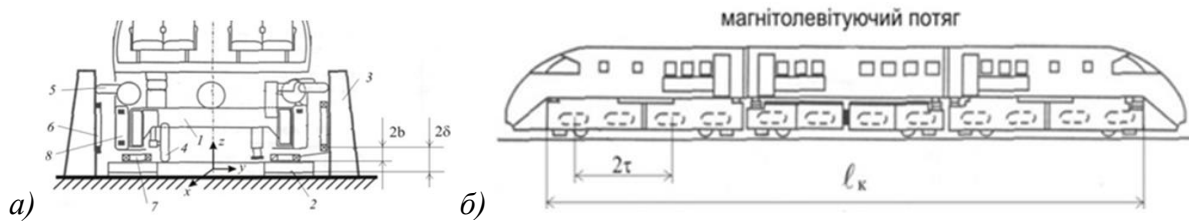


Рис.1. Шляхова структура системи MLU-001 (а), Магнітолітвіуючий модульний потяг (б)

Розглянуто високошвидкісний наземний транспорт (ВШНТ) на надпровідних (НП) магнітах (електродинамічна підвіска, EDS) з лінійним тяговим двигуном. Шляхова структура виконана у вигляді жолоба з постійним перетином (а). Транспортний силовий модуль містить візок 1 на якому розміщено колеса стабілізації 4 та НП магніти 8 з криогенною системою. Плоске шляхове полотно містить зону переміщення коліс стабілізації, та плиту полотна 2 з розміщенням на ній електричних обмоток підвісу 7. Направляючі бічні стінки 3 містять обмотки лінійного синхронного двигуна (ЛСД) і стабілізації 6. Електродинамічна схема дозволяє отримати великий до 20 см крейсерський проміжок  $2b$  на швидкості рівній і більшій 60 м/сек

Проведено аналіз атмосферних явищ небезпечних для магнітолітвіуючого транспорту, їх основні види та характеристика. Атмосферні опади є багатофазним середовищем рух матеріальних тіл в якому має свої особливості. У їх зоні опади (дощ, переохолоджений дощ, дощ зі снігом, град, пилова буря тощо) накопичуються в каналі шляхової структури. які у процесі руху впливають на перерозподіл аеродинамічних сил і моментів вагонів потягу.

Запропоновано алгоритм розрахунку інтенсивності косого дощу та об'єму водно-повітряної дощової суміші на шляховій структурі. На початковій ділянці левітаційного простору формується профіль швидкості двофазного потоку повітряно-дощової суміші.

Повітряний потік з атмосферними опадами, що набігає, піддається деформації і приводить до зміни швидкості, тиску, температури й густини в струмках потоку. Початкову ділянку представлено у вигляді конфузору, у якому відбувається з'єднання і плавний перехід більшого перетину потоку в менше. Рух повітряної суміші в конфузурі характеризується тим, що динамічний тиск у напрямку руху потоку збільшується, а статичний - зменшується. Збільшується швидкість течії і багатофазного середовища. У левітаційному каналі, довжина якого дорівнює довжині потягу,  $l_k$  (рис.1, б) напір уздовж потоку зменшується. Втрати напору по довжині колійного каналу можна оцінювати по формулі Дарси-Вейсбаха: для колії прямокутного перетину, для зручності записано у вигляді:  $\Delta p_v = \lambda \cdot l_k / 4R \cdot V_{жс}^2 / 2 \cdot \rho_{жс}$ , де  $l_k$  – довжина левітаційного каналу;  $R$  – гідралічний радіус, м; в тягові контури ЛСД 6,7 (рис.1, а) подається змінний струм із частотою  $f$ , взаємодіючи з магнітним полем надпровідних магнітів 8 забезпечує переміщення магнітного поля через рідину на колії зі швидкістю  $V_{жс} = 2\tau \cdot f$ , тут  $\tau$  – полюсний розподіл НП поїзних контурів.

Атмосферні опади з повітрям, попадають у левітаційний простір перпендикулярно силовим лініям магнітного поля з індукцією  $B_0$  і створюють характерну багатофазну течію. У магнітному полі на молекулі води уздовж осі  $Y$ , генерується сила Лоренца при цьому виникають моменти сил  $F_1, F_2$ , які намагаються розвернути молекули води в горизонтальній площині. Магнітне поле, що в об'ємі шляхової структури, діє на сполуки дощової води, на склад пилової бурі та ініціює процеси поділу, кавітації і цілий ряд фізичних ефек-

тів що потребує теоретичних та експериментальних досліджень по вкладу в магнітодинамічні процеси та стійкість потягу.

Гак Е.З. в своїй науковій роботі зазначає, що при накладенні зовнішнього магнітного поля гідро опір для електропровідних рідин збільшується; у ламінарному режимі лінійно, у турбулентному - з'являється добавка, пропорційна квадрату магнітної індукції. Для визначення закономірностей течії рідини в магнітному полі використовують критерії подібності: магнітні числа Рейнольдса та Вебера., числа Гартмана, Брюссельського, Стюарта, Альвена.

За загальним визначенням кавітація це утворення в краплинній рідині порожнин заповнених газом, парою або їх сумішшю (бульбашок кавітацій або кавітаційних каверн). Кавітаційні каверни виникають в тих точках потоку рідини, або в так званих, місцях розриву рідини, де тиск  $p$  в рідині стає нижчим за деяке критичне значення  $p_{кр}$  при температурі  $T$ . Значення міцності на розрив дощової суміші пов'язана з наявністю в ній кавітаційних зародків: мікроскопічних газових бульбашок, твердих часток з тріщинами, заповнених газом, і ін. Найдрібніші бульбашки газу або пари, рухаючись з потоком і потрапляючи в область тиску  $p < p_{кр}(T)$  розширюються. В результаті, на ділянці руху модульного потягу створюється газовий кластер з бульбашками, кавітаційна зона, в якій існує безліч каверн, різних по своїх розмірах, стадіям розвитку і що взаємно впливають один на одного. Бульбашка є концентратором ліній магнітної індукції. На останній стадії розвитку каверни у зовнішньому магнітному полі швидкість електропровідної рідини поблизу бульбашки (пухирця) може досягати звукової, при цьому, у навколишній рідині виникають високі густини електричного струму, які наводять у просторі власне магнітне поле. При схлопуванні бульбашки індуковане магнітне поле підсумується із зовнішнім полем і спрямоване проти нього в рідині. Описати всі процеси, що відбуваються в зоні кавітації, не представляється можливим.

У випадку, коли кавітаційна каверна захоплюється поблизу від обтічного тіла, та багаторазово повторювані удари приводять до руйнування поверхні, до так званої кавітаційної ерозії. В результаті всієї цієї дії майже всі метали роз'їдаються, їх поверхні набувають губчастий вигляд.

Проведені розрахунки ударного підвищення тиску у бульбашці в зовнішньому магнітному полі з магнітною індукцією при  $B = 2$  Тл,  $B = 1$  Тл, і  $B = 0$  Тл. Отримані значення ударного підвищення тиску без магнітного поля становить 95,4 МПа а при інших рівних параметрів у зовнішньому магнітному полі 40,3 МПа. Таким чином, зовнішнє магнітне поле дворазово знижує ударний тиск каверни.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕРОБКИ ОСАДІВ, ЯК ЗАСІБ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ РОБОТИ ВОДООЧИСНИХ СТАНЦІЙ ЗАЛІЗНИЧНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Орішечко О., Яришкіна Л.О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Orishechko O., Yaryshkina L.O. Optimization of sludge processing processes, as for the ecology of robots Water treatment stations of zaliznichny water supply*

**Summary.** *The possibility of regenerating a crude dewatered sludge of a water treatment station containing aluminum oxides with inorganic acids was examined, threshold values of the pH of the reaction mixture, optimal concentrations of sulfuric and hydrochloric acids, as well as the efficiency of coagulant regeneration were established.*

Найбільш екологічним напрямком використання осадів фільтрувальних станцій очищення природних вод систем залізничного водопостачання, особливо в разі очищення вод,



з малою каламутністю, коли вміст оксиду алюмінію в них може досягати 40 % і більше (на суху масу), є регенерація коагулянту. Регенерацію коагулянтів доцільно здійснювати на станціях великої і середньої потужності, де споживаються великі кількості коагулянтів і утворюються великі обсяги осадів. Коагулянти можна регенерувати шляхом розчинення продуктів гідролізу в кислотах або лугах, аналогічно отриманню сульфату алюмінію з його гідроксиду, а також екстракцією органічними реагентами. Зазвичай використовують свіжоосаджений зневоднений осад, який вилучено з очисних споруд не пізніше ніж через 1-1,5 години тому.

Кислоту дозують з розрахунку отримання сульфату алюмінію, і розчинення закінчують при рН 3-3,2. Доза кислоти збільшується при наявності в осадах гідроксидів і карбонатів кальцію і магнію. Оскільки регенерацію здійснюють на очисних станціях, то коагулянт отримують у вигляді розчинів, які відокремлюють від нерозчинного залишку відстоюванням або фільтруванням, зазвичай із застосуванням флокулянтів. З метою отримання концентрованих розчинів коагулянту і видалення органічних домішок нами запропоновано зневоднення осаду висушуванням і обробка його концентрованою сірчаною кислотою. Наявність у вихідному осаді підвищеної кількості органічних домішок, сполук заліза та марганцю ускладнює процес регенерації. Знебарвлення здійснюють хлоруванням або ультрафільтрацією крізь полімерні мембрани. Регенерацію коагулянту можна проводити також 30 % -ним розчином сульфату алюмінію при рН 3,3-3,4 з утворенням основної солі  $Al(SO_4)(OH)$ .

Нами встановлено, що розчинення гідроксиду алюмінію, що знаходиться в складі осадів, відбувається при певних порогових значеннях рН реакційної суміші, які коливаються від 4,5 - 4,2 до 3,2-2,5 для сірчаної кислоти та для соляної кислоти від 4,2-3,8 до 2,5-2.

Оптимізовано основні технологічні параметри процесу. Залежно від виду і концентрації вихідного осаду обсяг вторинного осаду становить при використанні сірчаної кислоти 8-18 %, а при використанні соляної кислоти 12-25 % обсягу вихідного осаду. Збільшення обсягу вторинного осаду призводить до зниження ефективності процесу регенерації внаслідок зростання втрат розчину регенованого коагулянту. Максимальна ефективність регенерації коагулянту сірчаною кислотою досягає 65-85 % при рН = 2,5-3,2, а соляною кислотою - 40-75 % при рН ~ 2.

## СЕКЦІЯ 9 «МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО У МАШИНОБУДУВАННІ»

### ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДРОЗДІЛІВ ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ

Богомаз В. М., Боренко М. В., Крамар І. Є., Щека І. М.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Bohomaz Volodymyr, Borenko Mykola, Kramar Igor, Shcheka Igor. Application of mathematical models for solving problems of technical support of divisions of the State Special Transport Service.*

**Summary.** *Mathematical models are proposed to describe the tasks that are most widely used in the practice of technical management. The use of the proposed mathematical models with acceptable limitations allows us to move to mathematical expressions that allow you to quantify the capabilities of technical support units.*

Технічне забезпечення є найважливішою складовою комплексу заходів, спрямованих на підтримку готовності і здатності частин і підрозділів Держспецтрансслужби до виконання завдань за призначенням. У комплексі завдань, які вирішують органи управління технічним забезпеченням під час організації технічного забезпечення, важливішими є завдання, пов'язані з забезпеченням Держспецтрансслужби залізничною технікою та засобами інженерного озброєння (ЗТ та ЗІО), з оцінюванням можливостей частин та підрозділів технічного забезпечення, а саме:

розрахунок можливостей підрозділів технічного забезпечення з технічної розвідки з урахуванням часових показників (час на виконання завдань з переміщення до пошкодженого зразка ЗТ та ЗІО, визначення його технічного стану та прийняття рішення на його відновлення);

розрахунок середньодобових можливостей підрозділів технічного забезпечення з евакуації пошкоджених зразків ЗТ та ЗІО;

розрахунок середньодобових можливостей підрозділів технічного забезпечення з ремонту пошкоджених зразків ЗТ та ЗІО;

розрахунок витрати ресурсу при виконанні завдань за призначенням.

Вирішення цих завдань не може базуватися лише на практичному досвіді організації технічного забезпечення, а потребує використання математичних методів дослідження процесів функціонування системи технічного забезпечення - математичних моделей, як систем математичних співвідношень та логічних правил, які описують той чи інший процес.

На практиці посадові особи, які організують технічне забезпечення, здебільшого використовують математичні моделі, які описують досліджувані процеси з використанням математичних розділів дослідження операцій (математичне програмування - лінійне, нелінійне, динамічне, теорія масового обслуговування, управління запасами тощо). До цього ж виду моделей належать і так звані емпіричні моделі, які використовують елементарні залежності, виведені з досвіду практичної діяльності частин і підрозділів Держспецтрансслужби.

Пропонується розглянути математичні моделі для опису вищезазначених завдань, які найбільш широко використовуються в практиці роботи органів управління технічним забезпеченням. Використання математичних моделей з допустимими обмеженнями дозволяє перейти до математичних виразів, які дозволяють кількісно оцінити можливості підрозділів технічного забезпечення.

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРЯМКІВ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЗБЕРІГАННЯ ТЕХНІКИ ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ

Богомаз М. М.<sup>\*</sup>, Богомаз В. М.<sup>\*</sup>, Боренко М. В.<sup>\*</sup>, Щека І. М.<sup>\*</sup>, Іванський В. М.<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна, <sup>\*\*</sup>Національний університет оборони України  
імені І. Черняхівського

*Bohomaz Mykola, Bohomaz Volodymyr, Ivanskij Vitalij. Research of directions of improvement of the system of storage of equipment of the state special transport service.*

**Summary.** *An analysis of the state of the main measures of long-term storage of equipment in the State Special Transport Service is carried out. The main shortcomings of the existing system are identified and research areas for its improvement are proposed.*

В умовах сьогодення створення запасів залізничної, автомобільної техніки та засобів інженерного озброєння Держспецтрансслужби необхідно для своєчасного і повного забезпечення розгортання мобілізаційних формувань в особливий період і поповнення втрат у ході бойових дій. У мирний час такі запаси утримуються на тривалому зберіганні. Тривале зберігання техніки Держспецтрансслужби є одним з етапів її експлуатації і являє собою комплекс заходів, проведення яких забезпечує збереження, попередження від ушкоджень, руйнувань, корозії і приведення техніки у встановлений термін в готовність для використання за призначенням. Підготовка техніки Держспецтрансслужби до зберігання включає: вибір місць зберігання, забезпечення консерваційними матеріалами, консервацію і герметизацію. Застосовується два способи консервації техніки: без герметизації корпусів і з їхньою герметизацією. Консервація з герметизацією корпусів застосовується для машин з герметичним корпусом (катери), з кузовним виконанням (ремонтні майстерні, електростанції), а також для невеликих по розмірах засобів (мотопили, мотопомпи й ін.). Проведено аналіз стану техніки Держспецтрансслужби за термінами зберігання. Встановлено, що більшість одиниць знаходиться на зберіганні більше 15 років. Відомо, що істотний вплив на збережуваність техніки Держспецтрансслужби у процесі її тривалого зберігання здійснюють умови навколишнього середовища, вплив якого викликає корозію металів, старіння виробів з неметалічних матеріалів, ушкодження деталей з дерева і тканин, погіршення захисних властивостей експлуатаційних матеріалів.

Побудована схема комплексного впливу основних кліматичних факторів и атмосферних явищ на збережуваність техніки та представлена залежність швидкості атмосферної корозії від вологості повітря.

Підтримка техніки Держспецтрансслужби тривалого зберігання в постійній готовності до використання забезпечується комплексом організаційних і технічних заходів, об'єднаних у систему зберігання. Наведено структуру технічних заходів (далі – СТЗ) існуючої системи тривалого зберігання техніки Держспецтрансслужби у всіх категоріях умов зберігання.

Аналіз СТЗ показав, що існує ряд протиріч у змісті нормативних показників, які стосуються періодичності переконсервації техніки, термінів збережуваності в різних категоріях зберігання для герметизованої і негерметизованої техніки.

Проведено аналіз змісту технологічних процесів основних технічних заходів під час тривалого зберігання техніки Держспецтрансслужби, а також аналіз методів, застосовуваних для розробки методики обґрунтування СТЗ під час тривалого зберігання залізничної техніки.

Отже, результати аналізу стану питання забезпечення збережуваності техніки Держспецтрансслужби показав необхідність удосконалення структури технічних заходів під час тривалого зберігання техніки Держспецтрансслужби на основі прогнозування терміну

збережуваності техніки у різних кліматичних регіонах України з урахуванням деталей обмеженого терміну служби. Виходячи з цього необхідно виділити основні напрями необхідних досліджень:

1. Зміна терміну збережуваності техніки Держспецтрансслужби до регламентованого ремонту убік зменшення на 20-30 % привело до зростання потоку техніки на ремонтні підприємства в таких же відсотках, що підсилило невідповідність між потребою в регламентних ремонтах і можливостями підприємств з його проведення, що знизило рівень бойової готовності частин кадру.

Подолання цього недоліку може бути досягнуте шляхом наукового обґрунтування і розробки пропозицій по удосконалюванню СТЗ під час тривалого зберігання техніки Держспецтрансслужби, що забезпечує досягнення необхідного рівня бойової готовності.

2. Аналіз впливу факторів навколишнього середовища на збережуваність техніки Держспецтрансслужби дозволив визначити основні причини зниження збережуваності і частку кожної складової. Це корозія металів, старіння гумово-технічних виробів, погіршення властивостей експлуатаційних матеріалів і ін. Встановлена необхідність побудови алгоритму прогнозування терміну збережуваності основних елементів техніки.

3. Аналіз існуючої СТЗ показав, що терміни проведення переконсервації в легких і середніх умовах зберігання збігаються з термінами проведення регламентованого ремонту, що ставить під сумнів необхідність проведення РР і переконсервації в один і той же час. Періодичність проведення технічних заходів під час тривалого зберігання техніки Держспецтрансслужби не враховує розходжень умов зберігання стосовно до кліматичних регіонів України.

Вирішення цих протиріч може бути досягнуте шляхом удосконалення термінів збережуваності техніки Держспецтрансслужби з урахуванням найменш відмовостійких елементів і умов зберігання в різних кліматичних регіонах.

В цілому проведений аналіз показав необхідність проведення системного дослідження питання, яке стосується визначення раціональних термінів зберігання техніки, періодів проведення заходів з обслуговування та переконсервації техніки із залученням необхідних матеріалів.

## МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЧАСТИН І ПІДРОЗДІЛІВ ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ

Богомаз В. М., Боренко М. В., Щека І. М.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Bohomaz Volodymyr, Borenko Mykola, Shcheka Igor. Model of the process of functioning of the technical support system.*

**Summary.** *The model of the process of functioning of the system of technical support of divisions and parts of the State Special Transport Service is considered, which allows to further develop mathematical models for the purpose of the analysis of the system of technical support.*

Технічне забезпечення частин і підрозділів Держспецтрансслужби організовується і здійснюється з метою підтримання готовності їх до виконання завдань за призначенням шляхом укомплектування залізничною технікою та засобами інженерного озброєння (ЗТ та ЗІО); забезпечення боєприпасами і військово-технічним майном; підтримання ЗТ та ЗІО у справному стані і в постійній готовності до виконання завдань за призначенням; відновлення пошкоджених (несправних) ЗТ та ЗІО та вчасного повернення їх до строю. Воно включає в себе постачання частинам та підрозділам необхідного ЗТ та ЗІО, зберігання ЗТ

та ЗІО в заданих ступенях технічної готовності, забезпечення технічного обслуговування і ремонту, доробок, списання та утилізацію ЗТ та ЗІО. Залежно від повноти і якості виконання заходів з технічного забезпечення залежить рівень виробничих можливостей частин і підрозділів Держспецтрансслужби.

Тому важливою науковою і прикладною задачею є розробка інформаційних і математичних моделей для техніко - економічного аналізу та управління технічним забезпеченням частин і підрозділів Держспецтрансслужби.

Кожен зразок ЗТ та ЗІО характеризується тактико-технічними характеристиками, які визначають виробничі можливості підрозділу.

Будь-який зразок ЗТ та ЗІО, що знаходиться у частинах і підрозділах, може мати такі несумісні стани:

- С<sub>1</sub> - справний (працездатний) стан при перебуванні його в режимі зберігання;
- С<sub>2</sub>- несправне (непрацездатний) стан, що вимагає ремонту певного виду;
- С<sub>3</sub>- справний (працездатний) стан, машина включена до річного плану експлуатації;
- С<sub>4</sub>- несправний стан, що вимагає списання та подальшу утилізацію;
- С<sub>5</sub>- справний (працездатний) стан, що вимагає доробки або модернізації для покращення тактико-технічних характеристик.

Знаходження ЗТ та ЗІО в певному стані вимагає витрат матеріальних і трудових ресурсів, які можуть бути виражені в єдиній вартісній шкалі витрат. Перехід ЗТ та ЗІО з одного стану в інший здійснюється під дією певних управлінь.

Для опису процесу технічного забезпечення використана теорія марківських процесів з дискретним станом, яка, з одного боку, досить адекватно описує реальний процес експлуатації ЗТ та ЗІО, а, з іншого, її параметри досить просто можуть бути визначені за статистичними даними з частин та підрозділів. Згідно даній теорії переходи з одного стану ЗТ та ЗІО в інший здійснюються з інтенсивностями, які залежать від впливу зовнішнього середовища і керуючих впливів з боку системи управління.

Використовуючи запропонований граф станів можна перейти до математичного моделювання процесу технічного забезпечення, що дозволить провести аналіз системи технічного забезпечення, визначення потрібної чисельності ЗТ та ЗІО для забезпечення заданого рівня виробничих можливостей, а також витрат, необхідних для здійснення технічного забезпечення на певний період планування.

## КОМПЛЕКСНЕ МОДИВІКУВАННЯ ЛИВАРНИХ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ AL-SI

Ворон М. М., Фон Прусс М. А.

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України

*Voron Mykhailo, Fon Pruss Marina. Complex modifying of cast aluminum alloys, based on Al-Si system.*

**Summary.** Paper is dedicated to question of multicomponent micro-alloying of cast aluminum alloys, mainly based on Al-Si system. Such class of alloys shows moderate level of mechanical properties and tendency to lower them after every recycling process. These are main reasons to use principles of micro-alloying and modification for such alloys. Somehow, multicomponent modification principles and using of multicomponent master-alloys were not investigated widely yet. It was shown, that Al-12Ti-8Zr complex master-alloy is mostly useless for modification of Al-Si-Cu alloys because of slow solubility of large core-shell  $Al_3(TiZr)$  phases. Same-time addition of Ni and La is also worth, compared to separate modification. Mo, Cr and V are good for amplifying Mn addition effect for eliminating Fe influence. Such elements may be used in very small amounts (total amount  $\sim 0,1 \dots 0,3$  wt. %). La and Ni addition is also overviewed and it shows some similar characteristics to Mo and V from the point of Mn and Cr amplifying effect.

Алюмінієві сплави відносяться до ряду найпоширеніших конструкційних матеріалів сучасності та мають неабиякі перспективи подальшого розвитку. Дуже важливе місце серед них, як за долею виробництва, так і за техніко-економічною ефективністю займають ливарні сплави системи Al-Si, які відомі широкому загалу за назвою «силуміни». Ці сплави мають невисокий рівень механічних властивостей та схильні до збільшення вмісту шкідливої домішки заліза із кожним циклом переробки. З цих причин даний вид сплавів потребує модифікування. Існує багато елементів та модифікуючих добавок, які додають до алюмінієвих розплавів послідовно, або поодиночі. Зазвичай, силуміни не обробляють більше ніж одним-двома способами або компонентами, тому питання їх комплексного модифікування залишається маловивченим.

Зазвичай, для підвищення міцності силумінів використовують зарноподрібнюючі модифікатори систем Al-Ti та Al-Zr. Дослідження ефективності комплексного модифікатора Al-12Ti-8Zr, приготованого методом електронно-променевої ливарної технології показало, малоефективним його застосування. До складу лігатури входили фази, які представляли собою складні інтерметаліди  $Al_3(TiZr)$  різних розмірів та складної «core-shell» будови, яка обумовлювала повільне розчинення та засвоєння модифікуючих компонентів.

Класичне додавання марганцю та хрому для нівелювання шкідливого впливу заліза в силумінах є давно відомим та перевіреним способом, проте вміст цих компонентів намагаються максимально зменшити через їх вплив на технологічні властивості сплавів. В ході ряду експериментів було виявлено, що додавання молібдену сприяє підсиленню позитивного впливу марганцю на утворення залізовмісних фаз сприятливої морфології. Схожу властивість має ванадій, додавання якого ще більше ускладнює стехіометрію утворених фаз та призводить до збільшення їх розмірів. Проте, враховуючи сильний вплив молібдену та ванадію на підсилення дії хрому та марганцю, можна казати про мікролегування цими елементами в кількості 0,05...0,1 % мас. При цьому сумарна кількість Mn, Cr та підсилюючих елементів може складати 0,1...0,3 % мас. і дещо збільшуватись при збільшенні вмісту заліза у сплаві.

Аналогічні дослідження при додаванні лантану і нікелю показали, що нікель також здатен підсилювати позитивний вплив марганцю і, меншою мірою – хрому. Так само поводить себе і лантан. При одночасному модифікуванні силумінів лантаном і нікелем модифікуючий вплив набуває непередбачуваного характеру через тенденцію надходження нікелю в евтектику, якщо сплав містить нікель. При цьому, лантан грає роль підсилювача модифікуючої дії хрому і марганцю та може входити до складу евтектики. Ускладнення стехіометрії фаз, та евтектики, як і в попередньому випадку, призводить до неоднорідності структури як литого металу, так і термічно обробленого.

З точки зору технологічних та механічних властивостей одержаних литих зразків впливає, що більш бажаним є зменшення вмісту модифікуючих компонентів та одночасне скорочення їх загальної кількості. Представлені дані показують доцільність подальших досліджень для знаходження оптимальних концентрацій модифікуючих добавок та більш детального вивчення їх впливу на структурно-фазові характеристики литих силумінів.

## ОСОБЛИВОСТІ ЗВАРЮВАНOSTІ МІДІ І СТАЛІ

Гавриш П. А. \*, Білик О. Г. \*\*, Пікуз В. С. \*\*

\*Донбаська державна машинобудівна академія, \*\*ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

*Havrysh P., Bilyk O., Pikuz V. Features of weldability of copper and steel.*

**Summary.** *Welding of dissimilar metals and alloys, such as copper and steel is an important task due to the need of improve quality of welded joints at industries such as metallurgy, transport, chemical engineering and etc. A special role in improving the quality of*

*welded joints is determined by welding materials. To obtain a high-quality welded joint, such as between copper and steel, it is necessary to conduct comprehensive theoretical and experimental research. The main ones are the analysis of the state of questions concerning by interaction copper with steel of different chemical composition and structural state, improvement technology of preparation of derived materials. The use of mathematical models will substantiate the technology and modes of the welding process.*

Незважаючи на те що залізо і мідь є різнорідними металевими матеріалами, їх фізико-хімічні властивості сприяють утворенню міцного металевого зв'язку по зварному з'єднанню. Так, параметри кристалічних решіток у  $\alpha$ -Fe і міді за абсолютними значеннями мають незначні розбіжності: для  $\gamma$ -Fe ( $a = 0,3656$  нм), у міді ( $a = 0,36150$  нм). Типи решіток та атомні об'єми міді та заліза також мають малі відмінності.

Враховуючи, що мідь і сплави на її основі мають високу теплопровідність, для місцевого розплавлення металу при зварюванні необхідно застосовувати джерела енергії з високою тепловою потужністю і концентрацією в плямі нагріву. Висока теплопровідність та швидке відведення тепла сприяють погіршенню умов формування шву. В результаті зростає схильність до появи в зварних швах дефектів різного типу від не провару металу до тріщин та порожнин різних розмірів та форми. У зв'язку з цим, зварювання металу за товщини більш 10÷15 мм зазвичай виконують з попереднім і супутнім підігрівом. Попередній підігрів забезпечує більш рівномірний розподіл теплоти в зварювальній ванні, покращує умови кристалізації зварного шву, знижує внутрішні напруження і вірогідність виникнення тріщин. Підігрів здійснюють з використанням газового полум'я, розосередженою електричною дугою або іншими способами. Рекомендована ступінь розігріву відповідає температурі 250÷350 °C.

Тонколистові конструкції з товщиною стінки 1,5÷2 мм зварюють встик, без обробки або з відбортовкою кромки. Висота відбортовки складає 1,5÷2 $s$ , де  $s$  – товщина кромки. Пластини товщиною до 5 мм зварюють без підготовки кромки, з зазором до 2 мм. Листи завтовшки понад 10 мм зварюють з обробкою кромки: кут розорієнтації складає 70° і величина притуплення до 3 мм. Стикове з'єднання зварюють з використанням формуючих підкладок з міді, графіту, кераміки та шару флюсу. Таврові з'єднання великої товщини для утримання рідкої ванни пропонується зварювати в «човник». В якості присадочного матеріалу застосовують пресовані прутки або дріт діаметром 3÷10 мм, з хімічним складом в залежності від технології зварювання.

Конструкції з міді зварюють з присадним дротом аналогічного складу або з додатковим легуванням фосфором і кремнієм до 0,2÷0,3 %. При введенні в зварювальну ванну вказаних розкислювачів, відбуваються реакції відновлення. Продукти реакції переходять в шлак, метал шва очищується від окислів. Для підвищення властивостей міцності металу шва використовують присадні стрижні з різною концентрацією хімічних елементів. Дугове зварювання покритими електродами виконують на постійному струмі зворотної полярності, прагнучи підтримати коротку дугу без коливання кінця електроду. Силу струму вибирають залежно від діаметру електроду. Фізичні і механічні властивості зварних швів забезпечують відповідним підбором хімічного складу електродного матеріалу (стрижня) і покриття. Якщо при зварюванні необхідно забезпечити визначений рівень тепло - та електропровідності металу шва, використовують спеціальні електроди для ручного дугового зварювання з мідним стрижнем марки М1.

Автоматичне зварювання міді та її сплавів під флюсом виконують на постійному струмі зворотної полярності. У поєднанні з електродним дротом М1 використовують флюси АН-348, ОСЦ-45, АН-20, АН-26 та інші або керамічні флюси. Дугове зварювання в середовищі захисних газів (ручне або автоматичне) може бути виконано в середовищі аргону, гелію або їх сумішей вольфрамовим електродом або плавким електродним дротом. В

якості присадочного матеріалу використовують дріт марок БрХ07, БрКМп3-1 або мідь М1 з добавками фосфору і кремнію до  $0,1 \div 0,2$  %. Фосфор і кремній добре відновлюють зварювальну ванну, знижують кількість порожнин та забезпечують високі фізико - механічні властивості зварних з'єднань.

## ПРОЦЕСИ КАРБІДОУТВОРЕННЯ В СИСТЕМІ Ni-5Cr-9Co-6Al-8,3W-4Re-4Ta -1Mo-1,5Nb-0,15C

Глотка О. А., Ольшанецький В. Ю.  
Національний університет «Запорізька політехніка»

*Glotka O. A., Olshanetskii V. Y. Carbide formation processes in the Ni-5Cr-9Co-6Al-8,3W-4Re-4Ta -1Mo-1,5Nb-0,15C system.*

**Summary.** *The specificity of the distribution of alloying elements in carbides of the multicomponent system Ni-5Cr-9Co-6Al-8,3W-4Re-4Ta-1Mo-1,5Nb-0,15C has been studied. The CALPHAD method was used to simulate the thermodynamic processes of crystallization. The dependences of the influence of alloying elements on the temperatures of dissolution (precipitation) of carbides are obtained. The results of thermodynamic calculations of the chemical composition of carbides are presented in comparison with the experimental data obtained by electron microscopy on a microscope, REM-106I with a system of energy-dispersive X-ray spectral microanalysis. It is shown that the obtained dependences closely correlate with thermodynamic processes occurring in the system.*

Для сучасних газотурбінних двигунів зазначені деталі, які мають складну форму, виготовляють з багатокомпонентних жароміцних сплавів на основі нікелю, кобальту і заліза методами спеціального, спрямованого або монокристалічного лиття.

Основною метою цієї роботи є вивчення специфіки впливу легуючих елементів на розподіл первинних карбідів в структурі, їх топологію, морфологію і їх складу для багатокомпонентної системи типу Ni-5Cr-9Co-6Al-8,3W-4Re-4Ta -1Mo-1,5Nb-0,15C за допомогою розрахункового методу прогнозування CALPHAD (пасивний експеримент) в порівнянні з даними, отриманими методом електронної мікроскопії (активний експеримент).

Ніобій, як сильний карбідоутворюючий елемент, з танталом формує первинний карбід MC на змішаній основі. Ніобій впливає на температуру утворення первинних карбідів, підвищуючи по параболічній залежності (Табл. 1), що пояснюється змінами сил міжатомних зв'язку в цих виділеннях.

Зі збільшенням вмісту ніобію в сплаві зростає його концентрація в первинному карбіді і перевищує концентрацію танталу в карбіді при вмісту ніобію в сплаві більше 3 %. Так вміст танталу в карбіді MC знижується з 82,96 % до 38,57 %, а вольфраму з 7,64 % до 1,1 %, що призводить до утворення карбиду на основі ніобію.

Зміна вмісту ніобію в сплаві не впливає на хімічний склад вторинного карбиду. Середній вміст легуючих елементів в  $M_{23}C_6$  знаходиться на рівні: 61,97Cr-9,3Ni-6,03Mo-7,1Co-4,9C-10,7W.

При незначному введенні в сплав танталу (0,5 %) спостерігається його підвищення і в складі первинного карбиду MC до 18,5 %. Встановлено підвищення танталом температури розчинення (виділення) первинних карбідів MC, що оптимально описується параболічною залежністю (табл. 1).

Розрахунково встановлено, що при 2 % танталу в сплаві, карбід MC змінює свою основу і стає карбідом на основі танталу, причому зміна оптимально описується логарифмічною функцією (табл. 1). При цьому спостерігається зниження за вказаними залежностями вмісту ніобію, вольфраму і молібдену. Перехід карбиду MC в карбід на основі танталу



призводить до збільшення міжатомних зв'язків, що сприяє збільшенню температури розчинення (виділення) карбіду. Зміна вмісту танталу в сплаві не впливає на хімічний склад вторинних карбідних фаз.

Таблиця 1

Залежності температури розчинення (виділення) карбідів і вміст легуючих елементів в карбідах від вмісту легуючих елементів в сплаві		
Легуючий елемент	Температури розчинення (виділення) карбідів, °C	Кількість карбідів (V) і вміст елементів в карбіді (C), % мас.
C	$t_L^{MC}, ^\circ C = 15,522 \ln(C) + 1406.8$	$V_{MC} = 12.985(C) - 0,0453$
	$t_L^{M_{23}C_6}, ^\circ C = 384.24(C) + 865.33$	$V_{M_{23}C_6} = 19,512(C) + 0,0187$
Ta	$t_L^{MC}, ^\circ C = 2,3778 \cdot (C_{Ta})^2 - 2,7164(C_{Ta}) + 1367,1$	карбіди MC: $C_{Ta} = 21,094 \ln(C_{Ta} \text{ в сплаві}) + 33,642$ $C_{Nb} = -17,09 \ln(C_{Ta} \text{ в сплаві}) + 49,288$ $C_W = -1,954 \ln(C_{Ta} \text{ в сплаві}) + 5,4091$ $C_{Mo} = -0,685 \ln(C_{Ta} \text{ в сплаві}) + 1,7157$
Nb	$t_L^{MC}, ^\circ C = 10,767 \cdot (C_{Nb})^2 - 22,438 \cdot (C_{Nb}) + 1386$	карбіди MC: $C_{Nb} = 12,688(C_{Nb} \text{ в сплаві}) + 3,0073$ $C_{Ta} = -11,602(C_{Nb} \text{ в сплаві}) + 83,011$ $C_W = -1,869 \ln(C_{Nb} \text{ в сплаві}) + 3,6579$

Результати розрахунку фазового складу, отримані CALPHAD-методом, в подальшому порівнювали з експериментальними даними, отриманими за допомогою електронної мікроскопії в режимі мікрозондування на растровому електронному мікроскопі РЕМ-106І. Типова морфологія первинних карбідів, яка найбільш часто зустрічається в структурі сплавів даного класу у вигляді окремих блоків (Рис. 1, точки 2, 4, 6). Карбіди типу  $M_{23}C_6$  в даному сплаві присутні в переривчастих блокової і пластинчастої формах (Рис. 1, точки 1, 3, 5). Найбільш доцільним є блоковий тип виділень вторинних карбідів, оскільки в цьому випадку маємо нижчий рівень концентрації напружень з матрицею.

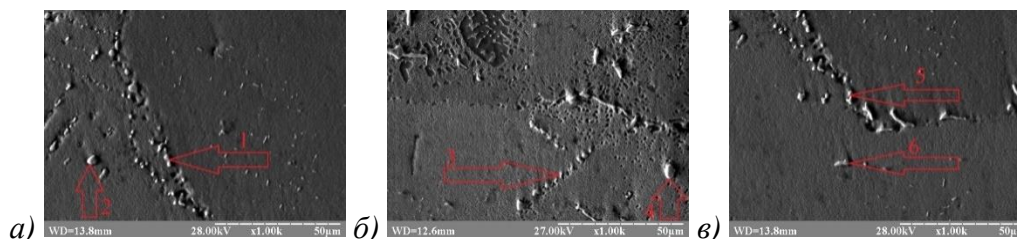


Рис. 1. Типова морфологія первинних і вторинних карбідів сплавів ЖС32-ВІ (а), ЖС32Б-ВІ (б), ЖС32Е-ВІ (в)

Склад карбідів визначали експериментально методом РСМА за допомогою електронного мікрозонду. Наведені експериментальні дані узгоджуються з результатами термодинамічних розрахунків, отриманими CALPHAD-методом. Експериментально встановлено, що до складу карбідів MC входять тантал, ніобій, вольфрам і молібдену. Похибки визначення елементів даним методом не перевищували  $\pm 1\%$  (по масі).

## MICROSTRUCTURE AND HARDNESS OF BORON-ALLOYED CHROMIUM-MOLYBDENUM CAST IRON SUBJECTED TO DESTABILIZING HEAT TREATMENT

Golinskiy M. A., Malyshevskiy A. A., Chabak Yu. G., Efremenko V. G.,  
Zurnadzgy A. I.

Pryazovskyi State Technical University

**Summary.** *The change in microstructure and Vickers hardness under the destabilizing heat treatment were studied in the present work with respect to high-chromium cast iron alloyed with molybdenum and boron.*

High-chromium cast irons (HHCIs) are the well-known wear-resistant materials which are successfully used to minimize the abrasive wear. HHCIs contain from 11 wt. % to 40 wt. % of chromium (ISO 21988:2006) that improves their abrasive wear resistance due to hard Cr-rich carbides distributed in a softer matrix. The wear properties of HHCIs are greatly affected by the type, morphology, distribution, and chemical composition of carbide phases as well as by matrix properties. To increase mechanical, operational, and technological properties, high-chromium cast irons are additionally alloyed with Mo, Mn, Ni, V, etc. HHCIs containing 15-20 wt. % Cr and up to 3 wt. % Mo are the standard alloys (A532/A532M) intended for high abrasion applications. It is acknowledged that molybdenum improves HHCIs' hardness, hardenability, and wear resistance due to formation of Mo-rich carbide  $M_6C$  and  $M_2C$ . The properties of HHCIs can be significantly improved by boron addition. Boron affects on HHCIs by stabilizing the carbide phase, increasing the carbide volume fraction, and refining the primary  $M_7C_3$  carbide. However, the effect of boron on structure and properties of high-Cr-Mo cast iron remains not studied well. Based on the above, the present work was dedicated to exploring the microstructural features of 3.6 %C-15 %Cr-2 %Mo-0.5 %B cast irons focusing on microstructure/hardness formation under destabilized heat treatment.

The experimental cast irons were subjected to destabilized heat treatment in order to obtain a martensite matrix with a minimum volume fraction of retained austenite. Considering the high amount of austenite in as-cast alloy one should somehow destabilize austenite to martensite transformation. The main approach for that is destabilizing heating to enable secondary carbide precipitation. The formation of secondary carbides consumes a lot of carbon and alloying elements (Cr, Mo, Mn) dissolved in the matrix. This is followed by an increase in  $M_s$  temperature thus promoting the martensite transformation. The heat treatment called "Destabilization" consists of holding at the temperature above  $A_{c1}$  temperature to promote the diffusivity of carbide-forming elements atoms. In the frame of this approach, the specimens were heated to 800 °C, 850 °C, 900 °C, 950 °C, 1000 °C, and 1050 °C, held for 2 hours and oil-cooled to room temperature. The results showed that after destabilization at 800 °C the cast iron hardness increased from 514 HV (as-cast state) to 907 HV. As the destabilization temperature increased to 950 °C the hardness increased to 1038 HV (71 HRC) as well. At higher temperature the hardness gradually decreased to 919 HV at 1050 °C. This behaviour is affected by the microstructure alteration. In the specimens quenched from 800 °C and 850 °C the matrix had dark contrast due to very fine secondary carbide precipitates. Also, the areas of former pearlite were clearly seen with coarse eutectoid carbides. Under the heating at 900-950 °C the secondary carbides enlarged to be observed by the optical microscopy. Between the secondary carbides fine needle martensite (dark contrast) and retained austenite (light-contrast areas) were seen. After the heating at 1000-1050 °C the secondary carbides precipitated in less extent thus more austenite retained in the matrix with a corresponding decrease in a martensite amount.

## ОТРИМАННЯ АМОРФНИХ ПЛІВКОВИХ ПЕРСПЕКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ

Гулівець О. М. \*, Баскевич О. С. \*\*

\*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна, \*\*Державний вищий навчальний заклад "Український  
державний хіміко-технологічний університет"

*Gulivets Oleksii, Baskevich Oleksandr. Obtaining amorphous film promising materials.*

**Summary.** *Non-stationary pulse current electrodeposition allows variations in the magnitude and rate of change of cathodic overvoltage to create nonequilibrium crystallization conditions from solution, which allows to influence the formation of the structure and, accordingly, the physicochemical properties of metal films.*

Дослідження процесів нерівноважної кристалізації металевих плівок має велике значення для розуміння механізмів утворення аморфного стану речовини. Перспективною тенденцією в розробці та використанні сучасних плівкових матеріалів є концепція одержання їх в нанорозмірному та аморфному стані. Досягнення того чи іншого твердофазного стану має декілько основних цілей: по перше, отримання нових перспективних металічних плівок з заданим фазовим і хімічним складом, а по друге – отримання сплавів з оптимальним розміром часток, які є найбільш оптимальними для конкретної галузі застосування. На теперішній час, концепція аморфних та нанорозмірних плівок є домінуючою при розв'язанні задач технології одержання сучасних нерівноважних металевих сплавів. В сучасному матеріалознавстві під терміном нанорозмірні матеріали мають на увазі твердофазні хімічні сполуки, які мають хоч би один параметр в нанорозмірному діапазоні з розмірами до 100 нм.

Як правило, аморфний стан при осадженні металевих плівок з розчинів досягається додаванням різних аморфізуючих добавок, варіюванням температури і кислотності розчину. Останнім часом все більше знаходить застосування нестационарне електроосадження металів періодичними струмами. Нестационарне електроосадження, є одним з методів для отримання аморфного стану в металевих сплавах шляхом створення нерівноважних умов кристалізації з розчину за допомогою впливів програмованих імпульсів струму.

Нестационарне електроосадження програмно-керованим імпульсним струмом, дозволяє варіаціями величини і швидкості зміни катодного перенапруження створити нерівноважні умови кристалізації з розчину, що дозволяє впливати на формування структури і відповідно фізико-хімічні властивості металевих плівок. Це досягається зміною частоти проходження, скважності і середньої щільності імпульсів струму.

Сплави перехідний метал – фосфор (ПМ–Р) отримували уніполярним імпульсним струмом. Частота імпульсів струму 30-1000 Гц, а шпаруватість імпульсів від 2 до 32. Середня щільність імпульсного струму залишалася незмінною і рівною 300 А/м<sup>2</sup>.

Зменшення шпаруватості імпульсів струму зменшує нерівноважність процесу кристалізації. Процес електроосадження при малих шпаруватостях близькі до осадження на постійному струмі. На формування структури і властивостей електроосадженні плівок ПМ–Р істотний вплив оказує швидкість наростання і скидання катодного пересичення. Наприклад, для частоти 30Гц при зміні шпаруватості від 2 до 32 швидкість наростання катодного перенапруження збільшується від 5,4 В/с до 154 В/с, що змінює структуру від мікрокристалічної до аморфної.

## РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ НАПЛАВЛЕННЯ ТА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ФЛЮСУ ДЛЯ ПОРОШКОВИХ ДРОТІВ НА Fe-Cr-Mn ОСНОВІ

Зусін А. М.

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

*Zusin Anton. Development of surfacing technology and chemical composition of flux for flux-cored wires on Fe-Cr-Mn base.*

**Summary.** *Improving the wear resistance and service life of machines is an important task of production. One of the effective directions of the decision of increase of wear resistance is restoration of details of cars, the tool and increase of their durability by an electric arc surfacing. In many cases, scarce alloying materials are used for this purpose, which causes their high cost. This problem can be solved by developing new low-alloy surfacing materials that improve performance. In this regard, the paper considers the possibility of creating wear-resistant surfacing material in the form of flux, providing a weld metal capable of dynamically changing its properties during operation, which is relevant and important for various industries.*

Метою роботи є розробка технології формування наплавленого шару металу зі структурою метастабільного аустеніту.

У ряді робіт розглядається розробка наплавних порошкових стрічок на основі Fe-Cr-Mn композицій, що застосовуються для відновлення та зміцнення кранових коліс, а також цапф сталеплавильних ковшів. До даних матеріалів відносяться: ПЛН-4 (ПЛ-Нп-20X12АГ10МФСДБ), ПЛН-7 (ПЛ-Нп-25X14Г10Ф) для відновлення цапф сталеплавильних ковшів та ПЛН-6 (ПЛ-Нп-20Г14АФ) для ремонту коліс мостових кранів. За позитивним досвідом відновлення кранових коліс, розробка пропозицій по ремонту елементів залізничних коліс різного призначення за технологією наплавлення, може розглядатися як перспективне технологічне рішення. Основні вимоги до матеріалів передбачають відсутність в шарі металу після наплавлення утворення визначеної кількості дефектів різної природи походження. Шар наплавленого металу повинен піддаватися механічній обробці, забезпечувати значне підвищення твердості в процесі експлуатації виробу (400-500НВ). Разом з цим, технологія повинна бути економічно обґрунтованою.

В роботі була поставлена задача за рішенням проблем вартості відновлювальних робіт при ремонті кранових коліс.

Для проведення робіт було обрано порошковий дріт ПП-Нп-14X12Г12СТ, що дозволяє отримати метастабільний аустеніт в шарі металу після наплавлення. Використання дроту для наплавлення зі сталей аустенітного класу передбачає застосування флюсу марки «Record SK-EN-760». Такий флюс забезпечує якісні умови формування валиків наплавленого металу без шлакових включень, нескладне відділення шлакової кірки. Стримуючим фактором застосування флюсу марки «Record SK-EN-760» є надмірна ціна. Альтернативою може бути використання флюсу АН-26П, що має значно низьку ціну. Проведені дослідження визначили, що застосування флюсу АН-26П супроводжується виникненням на поверхні наплавленого металу шлакових включень (рис.).



Рис. Наплавлений метал порошковим дротом ПП-Нп-14X12Г12СТ  
під флюсом АН-26П

Для оптимізації складу флюсу, за умов наплавлення порошковим дротом ПП-Нп-14Х12Г12СТ, була використана суміш з флюсів «Record SK» та АН-26П, взятих в певному співвідношенні за в табл.

Таблиця

Відсоткове співвідношення флюсів в суміші					
Марка флюсу	Співвідношення флюсів, %				
Record SK	10	20	30	40	50*
АН-26П	90	80	70	60	50*

\* Патент України №94035

Оцінка якості наплавленого металу визначалася формуванням валиків, відділенням шлакової кірки та наявністю шлакових включень. Результати досліджень показали, що при співвідношенні флюсів 50 % Record SK та 50 % АН-26П отримана якість наплавленого шару металу адекватна використанні виключно флюсу Record SK. Верхня частина шару наплавленого металу має структуру дрібнодисперсного аустеніту. Разом з цим, у визначених об'ємах металу присутні ознаки формування мартенситної фази. Таким чином, в першому наближенні, використання суміші флюсів дозволяє формувати наплавлений шар металу достатньо високою якістю. Підтвердженням наведеного висновку є рівні твердості як в поверхневому шарі наплавленого металу (24...25 HRC), в його середині (27...29 HRC) та в перехідній зоні від основного металу (31...35 HRC). Разом з цим, є осередки з локально низькою твердістю до 13 HRC. Випробування на зносостійкість наплавленого металу в умовах сухого тертя металу по металу та абразивного зношування з використанням порошкового дроту ПП-Нп-14Х12Г12СТ під комбінованим флюсом (Record SK + АН-26П) показали однаковий рівень зносостійкості.

В результаті встановлено, що наплавлений метал порошковим дротом ПП-Нп-14Х12Г12СТ під шаром суміші флюсів в співвідношенні 1:1, не поступається за твердістю та технологічними властивостями металу, що наплавлений виключно з використанням флюсу Record SK. Це дає можливість знизити витрати при наплавленні швидкозношуваних деталей із застосуванням дроту з аустенітних марок сталі. Застосування даної технології наплавлення, на прикладі коліс мостових кранів, дозволяє на рік знизити витрати приблизно на 40 %.

## ЗМІЦНЮЮЧА ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ШВИДКОРІЗАЛЬНИХ СТАЛЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛА ЛИВАРНОГО НАГРІВУ

Кондратюк С. Є., Вейс В. І., Пархомчук Ж. В.

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України

*Kondratyuk S. Ye., Veis V. I., Parkhomchuk Z. V. Hardening heat treatment of high-cut steels using heat of foundry heating.*

**Summary.** *The possibility of application of hardening heat treatment of high-speed steels with the use of heat of casting heating on obtaining steel castings R6M5L is investigated. Studies have shown that by casting in chill mold using the heat of casting heating, it is possible not only to eliminate the operations of preheating under hardening, but also to obtain the properties of castings at the level of thermally hardened rolled metal. This reduces the technological cycle, increases energy efficiency and environmental friendliness of the process, and reduces the cost of final products.*

Відомі способи зміцнюючої термічної обробки швидкокорізальних сталей є складними технологічними процесами пов'язаними, в першу чергу, з багатогодинним ступінчастим нагрівом під гартування, що вимагає використання спеціального обладнання і є затратним

та енергомістким процесом. Необхідність застосування попереднього ступінчастого нагріву під гартування зумовлена небезпекою виникнення значних термічних напружень і тріщин у зв'язку з низькою теплопровідністю сталі на першій його стадії, та знеуглецюванням, окисленням та ростом зерна при високих температурах на другій стадії. Для запобігання виникнення вказаних негативних впливів попереднього нагріву на першій стадії нагрів здійснюють повільно в індукційних та газових печах, а при більш високих температурах (друга стадія), коли сталь переходить в аустенітний стан, нагрів здійснюють швидко у соляних ваннах в розплавах хлоридів барію та натрію.

У зв'язку з вищевикладеним для вилучення з технологічного процесу зміцнюючої термічної обробки швидкорізальних сталей операції тривалого ступінчастого нагріву під гартування розглянуто можливість застосування технології кокільного лиття з використанням тепла ливарного нагріву. При цьому виливки та інструмент простої ливарної конфігурації, що не потребують значної механічної обробки піддають гартуванню після вилучення їх з ливарної форми у заздалегідь визначений момент часу без спеціального нагріву до температури аустенітизації.

Можливість застосування зміцнюючої термічної обробки швидкорізальних сталей з використанням тепла ливарного нагріву розглянуто на прикладі отримання виливків сталі марки Р6М5Л. Для цього розплав сталі розливали від температури 1570 °С у мідний водоохолоджуванний та чавунний кокілі. Через певний час виливки діаметром 40 мм і висотою 180 мм вилучали з ливарної форми та здійснювали гартування в маслі. Для визначення часу вилучення виливка при необхідній для гартування температурі заздалегідь експериментально визначали залежність температури виливка у часі при його охолодженні у ливарній формі. У відповідності з отриманими кривими охолодження виливки вилучали з мідного водоохолоджуваного та чавунного кокілів за різних температур в інтервалі 1040-1250 °С та піддавали гартуванню в маслі.

Встановлено, що твердість загартованих від температури 1250 °С виливків становила 63 HRC при використанні мідного водоохолоджуваного кокілю та 62 HRC при використанні чавунного кокілю. Для завершення твердофазних перетворень та зняття термічних напружень після гартування було проведено стандартний трикратний відпуск інструменту при 550 °С. Дослідження структури показали, що виливки отримані шляхом кокільного лиття з використанням тепла ливарного нагріву після термічної обробки за структурними характеристиками не поступаються інструменту з термічно зміцненого прокату сталі аналогічного хімічного складу.

Застосування зміцнюючої термічної обробки швидкорізальних сталей з використанням тепла ливарного нагріву дозволяє виключити з технологічного циклу стандартної зміцнюючої термічної обробки для цих сталей операції попереднього тривалого нагріву під гартування та отримувати виливки з властивостями на рівні термічно зміцненого прокату. За таких умов скорочується технологічний цикл, збільшується енергоефективність та екологічність процесу, зменшується собівартість кінцевої продукції.

## ІЗОТЕРМІЧНА ОБРОБКА РОЗПЛАВУ В ОБЛАСТІ ТЕМПЕРАТУР ТВЕРДО-РІДКОГО СТАНУ

Кондратюк С. Є., Пархомчук Ж. В., Вейс В. І.

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України

*Kondratyuk S. Ye., Parkhomchuk Z. V., Veis V. I. Isothermal melt treatment in the temperature range of solid-liquid state.*

**Summary.** *The influence of isothermal processing of the melt in the range of solid-liquid temperatures and the rate of subsequent cooling on the formation of the cast structure of steel castings grade 45HGSTFL was studied. It is established that the increase of the cooling rate*

*after isothermal treatment of the melt in the temperature range of liquidus-solidus leads to a significant grinding of the grain structure and increase the mechanical properties of steel castings. The positive effect of isothermal melt treatment in the liquidus-solidus temperature range and subsequent rapid cooling is explained by the formation of a significant number of crystallization nuclei with less supercooling compared to their maximum growth.*

На сьогодні, існуючі ливарні технології та методи отримання сталевих виливків не завжди забезпечують фазово-структурний стан та властивості рівня термічно зміцненого прокату. Перспективним та малодослідженими є процеси кристалізації та структуроутворення сталевих виливків в умовах обробки розплаву в інтервалі температур твердо-рідкого стану і швидкості наступного охолодження.

Експериментально досліджено вплив ізотермічної обробки розплаву в інтервалі температур ліквідус-солідус та швидкості наступного охолодження на формування литої структури виливків сталі марки 45ХГСТФЛ. В ході проведення експерименту встановлені температури ліквідусу і солідусу, що становили 1477 °С і 1403 °С відповідно. Розплав сталі 45ХГСТФЛ після розливки та ізотермічної обробки в інтервалі температур 1403-1477 °С протягом 15 хв розливали в ливарні форми з різною тепловідбірною здатністю, що забезпечували швидкість охолодження від 5 °С/с до 650 °С/с.

Металографічно встановлено, що при невисоких швидкостях охолодження (до 45 °С/с) спостерігається незначне збільшення зерна порівняно з структурами виливків отриманих без ізотермічної витримки в інтервалі твердо-рідкого стану. Подальше збільшення швидкості охолодження до 650 °С/с зумовлює формування більш однорідної та дрібнозеренної литої структури отриманих виливків. Так при швидкості охолодження 350-650 °С/с розмір зерна литої структури зменшується на 2-3 номери порівняно зі структурами отриманими при безперервному охолодженні. Також встановлено, що за умов ізотермічної обробки розплаву і наступного швидкого охолодження дисперсність дендритної структури підвищується у 1.5-2 рази, а щільність дендритної структури від 1.62 (без ІЗО) до 1.86 (з ІЗО).

Подрібнення зеренної структури та високий комплекс механічних властивостей виливків отриманих за режимом ізотермічної обробки в інтервалі температур твердо-рідкого стану на наступного швидкого охолодження (350-650 °С/с) пояснюється тим, що при ізотермічній обробці формується значна кількість зародків кристалізації за меншого переохолодження порівняно з максимумом їх росту. Відповідно реалізується механізм об'ємного тверднення виливків по всьому їх перерізу, усуваються прояви транскристалізації та різнозернистості литої структури.

Результати проведених досліджень свідчать про актуальність та перспективність застосування ізотермічної обробки розплаву в інтервалі твердо-рідкого стану та наступного швидкого охолодження для отримання виливків з структурою та властивостями на рівні термічно зміцненого прокату сталей аналогічного хімічного складу.

## **EFFECT OF CHEMICAL COMPOSITION ON MECHANICAL PROPERTIES OF LOW-ALLOYED TRIP-ASSISTED STEEL**

Kussa R. A., Efremenko V. G., Zurnadzhly V. I., Gavrilova V. G.  
Pryazovskyi State Technical University

**Summary.** *The report is on comparison of mechanical behavior of heat-treated TRIP-assisted steels 0.20wt %C-Si2Mn2Nb and 0.20wt %C-Si2Mn2CrMoVNb focusing on its "structure-properties" relation consideration.*

The experimental TRIP-assisted steels A and B of different chemical compositions were manufactured for this study. Both steels had a similar content of C (0.2 wt. %), Mn (~2 wt. %), Si (~2 wt. %), and Nb (~0.05 wt. %) contents while steel B was additionally alloyed by Cr (0.5 wt. %), Mo (0.20 wt. %) and V (0.11 wt. %) in order to improve hardenability and mechanical properties. The steels were smelted in a 120-kg induction furnace and forged/rolled to obtain 15 mm thick strips. The strips were annealed at 950 °C to be softened before machining. The specimens for tensile/impact testing and for microstructure observation were made out of strips. Tensile specimens were of 5 mm diameter and 30 mm long gauge; the V-notched impact specimens were 55 long and of 7.5 x 10 (mm) in cross-section.

The specimens were subjected to heat treatments according to different schemes namely bainitizing and “Quenching-and-Partitioning” (Q&P). During each scheme, the specimens were austenized ( $t_A$ ) at 770 °C (or 900 °C) for 10 min. These temperature values fall into an intercritical temperature range referring to the different austenite/ferrite ratio: 770 °C corresponds to 50 vol. % ferrite/50 vol. % austenite, while 900 °C corresponds to ~10 vol. % ferrite/90 vol. % austenite. Under the bainitizing regime, the austenized samples were immediately transferred to (60 wt. % Sn + 40 wt. % Pb)-bath for holding for 20 min at bainite transformation temperature which was 300 °C (or 350 °C). Under the Q&P regime, the austenized samples were quenched in a Wood’s metal alloy bath at 235 °C ( $t_A = 900$  °C) or 200 °C ( $t_A = 770$  °C). The bath temperature ( $t_Q$ ) was below  $M_s$  temperature being chosen under the procedure of the “Constrained Paraequilibrium” concept to gain the maximal volume fraction of retained austenite. After the holding for 1 min in a Wood’s metal alloy bath, the samples were partitioned in (60 wt. % Sn + 40 wt. % Pb)-bath under the partitioning temperature ( $t_P$ ) of 350 °C (or 400 °C) for 20 min followed by cooling at a still air.

The results showed that more heavily alloyed steel B performed better strength/ductility combination after both heat treatment schemes. Specifically, steel B had a higher total elongation at the same ultimate tensile stress (UTS) as compared to steel A; this behaviour refers to UTS range of up to 1200 MPa (bainitizing) and up to 1000-1100 MPa (Q&P). A tendency of strength increasing with an increasing austenitization temperature from 700 °C to 900 °C was noted. This was accompanied by a ductility decreasing, except bainitized steel B which had higher total elongation (TE) values in a wide range of UTS (800-1200 MPa). Furthermore, steel B performed a much improved “UTS-Impact Toughness” combination that was evident for UTS=800-1000 MPa (bainitizing) and for UTS=850-1100 MPa (Q&P). The steels behaved two different trends concerning an impact toughness (KCV) values namely: steel B had higher KCV values after heat treatment from  $t_A=770$  °C while steel A showed the better KCV values after austenitizing at 900 °C. Steel B had an indisputable (by 1.5-2.0 times) advantage in PSE (Product of Strength and Elongation) value comparing to steel A at the same UTS value reflecting an improved capacity of reliable performance under the exploitation conditions.

### МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ В ОСНОВНОМУ МЕТАЛІ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ МЕХАНІЧНОГО КЕРУЮЧОГО ВПЛИВУ НА ЕЛЕКТРОД

Лаврова О. В., Іванов В. П.

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

*Lavrova Elena, Ivanov Vitaliy. Mathematical modeling of temperature fields in the base metal using mechanical control effect on the electrode.*

**Summary.** *Investigates the properties of the weld metal and the surrounding seam zone during surfacing with mechanical impact on the electrode, and also establishes how the*



*predicted favorable changes in the composition and structure of the weld roller affect the performance of the weld layer.*

Контрольоване тепломасоперенесення забезпечується функціональною залежністю зміни потужності джерела нагрівання в часі і просторі, що пов'язано, як з законом розподілу енергії в часі, так і зі зміною траєкторії джерела щодо наплавленого виробу. Використання способів наплавлення з контрольованим тепломасопереносом електродного металу з торця стрічкового електроду в зварювальну ванну має вигляд складної залежності. Це призводить до того, що закон зміни теплової потужності в основний метал відбувається з великою кількістю керованих параметрів. Це не дозволяє використовувати для розрахунку розподілу тепла в шві та навколошовній зоні відомі методики для джерел змінної потужності. На даний час відсутні відомості про вплив керованого механічного перенесення при наплавленні стрічковим електродом на зміну теплового розподілу в НШЗ

Для дослідження процесу наплавлення з керованим перенесенням електродного металу, потрібно: дослідити розподіл температури в навколошовній зоні при наплавленні з керованим механічним перенесенням електродного металу; дослідити вплив керованого механічного перенесення на структуру і властивості металу навколошовної зони; встановити вплив керованого перенесення електродного металу на якість наплавлених виробів.

Програмоване тепловкладання в зварювальну ванну може бути здійснено різними способами, і використовуваний спосіб впливу в кожному конкретному випадку визначає механізм та ефективність процесу управління тепломасопереносом. Пульсація потужності, пов'язана з коливаннями струму і напруги, в загальному випадку завжди присутній і при незмінних параметрах режиму при використанні зварювання (наплавлення) на постійному струмі, однак, не враховується в переважній більшості математичних моделей незалежно від обраної системи базових рівнянь і алгоритму обчислень.

Широке використання імпульсних джерел енергії зумовило необхідність створення розрахункових методик, що враховують зміни функції тепловкладання з постійним рівнем потужності на тимчасову періодичну або дискретну залежність, що характеризує порційний введення тепла і маси електродного металу. Відомі моделі засновані на теорії теплопровідності, в яких замість постійного значення використовується періодична функція потужності джерела тепла, виражена безперервної, шматково-імпульсної і т.п. функціями, або набором незалежних параметрів. Слід зазначити, що для кожної функції існує наведене значення, яке може бути використане для визначення усереднених значень температурного розподілу за умови сталості потужності джерела, хоча далеко не в кожному випадку це значення можна коректно визначити розрахунковим шляхом. При використанні механічних впливів саме визначення функції зміни теплової потужності є нетривіальним завданням, оскільки практично відсутні математичні моделі, що зв'язують параметри траєкторії електрода при накладенні таких впливів і залежність тепловиділення в дузі і тепловкладання в зварювальну ванну. Крім того, підвищення частоти впливу різко ускладнює це завдання. Слід згадати роботи, присвячені вирішенню окремих випадків такого завдання для крокодугового зварювання і використання комбінованої форми джерела тепла.

При відсутності методики розрахунку вплив керуючих механічних впливів на розподіл температури можливі три шляхи вирішення, першим з яких є створення детермінованих моделей, в кожній з яких вихідна система рівнянь пов'язана зі способом впливу на електрод. У зв'язку зі складністю створення таких моделей, на даний момент вони відсутні. У другому випадку маємо рішення стандартної теплової задачі при використанні наведеного значення постійної потужності джерела тепла. Для уточнення цього значення необхідно проведення додаткових теоретичних чи експериментальних досліджень. Третій

спосіб полягає у використанні джерела тепла змінної потужності, яка визначається безпосередньо в процесі наплавлення шляхом осцилографування параметрів режиму.

Визначено вплив параметрів механічного впливу на електрод на характеристики термічних циклів наплавлення дротяними і стрічковими електродами, що мають місце в металі наплавленого валика і зони термічного впливу. Досліджено вплив величини тепловкладання і температури попереднього підігріву на параметри таких циклів в разі використання наплавочного матеріалу з подібними і різними теплофізичними властивостями з основним металом в умовах одно- та двошарового наплавлення.

## ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ВИСОКОХРОМИСТИХ ЧАВУНІВ

Нетребко В. В.

Національний університет «Запорізька політехніка»

*Netrebko Valeriy. Features of the formation of the structure of high-chromic irons.*

**Summary.** *It is shown that in the process of crystallization of high-chromium cast irons phases with significant chemical and structural inhomogeneity are formed. The metal base of dendrites is significantly different from the metal base, which is a component of eutectic. The carbide phase has a structure of layers. Recommendations for the use of high-chromium cast iron for different operating conditions have been developed.*

Структура високохромистих чавунів є визначним фактором, що визначає експлуатаційну стійкість. Вона складалася із металевої основи та карбідної фази. Формування цих фаз відбувається за постійного зниження температури та розчинності компонентів сплаву в утворених фазах. Кристалізація доєвтектичних, евтектичних та заєвтектичних високохромистих чавунів має значні відмінності. Особливістю є те, що кристалізація евтектики відбувається в інтервалі температур і починається з утворення карбідної фази.

Кристалізація доєвтектичних чавунів починається з утворення дендритів твердого розчину компонентів сплаву в  $\gamma$ -Fe. Під час охолодження розчинність вуглецю та хрому у кристалах аустеніту збільшується, що призводить до хімічної неоднорідності дендритів. Вміст вуглецю та хрому в поверхневих шарах дендритів буде більшим, ніж у внутрішніх шарах, про те за значної швидкості дифузійних процесів різниця в концентраціях буде зменшуватися.

Формування евтектичної складової структури високохромистих чавунів відбувається в інтервалі температур за зміни розчинності компонентів у фазах. Хімічний склад карбідів буде максимально наближеним до хімічного складу рідини. Зміна розчинності компонентів сплаву призводить до формування карбідної фази із значною хімічною та структурно неоднорідністю. Утворюються шаруваті карбіди, що мають різні типи карбідів у внутрішніх та поверхневих шарах.

Кристалізація заєвтектичних чавунів починається з утворення заєвтектичних карбідів. Ці карбіди також мають значну хімічну та структурну неоднорідності. Заєвтектичні карбіди значних розмірів негативно впливають на експлуатаційні та технологічні властивості зносостійких високохромистих чавунів.

Особливості кристалізації високохромистих чавунів призводять до утворення металевої основи із значною хімічною неоднорідністю. Одна частина металевої основи є дендритами, а інша частина, що входить до складу евтектики, була сформувалася після утворення евтектичних карбідів. Металева основа, що є частиною евтектики містить меншу кількість карбідоутворювальних елементів. Фактично існують дві металеві основи із різним хімічним складом.

Метастабільний характер кристалізації та структуроутворення призводить до виникнення фаз, нерівноважних за хімічним складом, що стабілізуються під час охолодження виливка у формі або в ході термічної обробки. При стабілізації фаз відбувається перерозподіл елементів між ними, що зумовлює зміну хімічного складу фаз, типу їх кристалічної ґратки та об'єму. Перерозподіл елементів між фазами за відсутності гомогенізації призводить до виникнення хімічної неоднорідності фаз на межі їх розділу.

Особливості кристалізації чавунів слід враховувати для різних умов експлуатації. За наявності корозійного чи гідроабразивного факторів хімічна неоднорідність не повинна викликати появу мікрогальванічних пар.

### **ОСОБЛИВОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ І ТЕХНІКИ, ЯКА ЗНАХОДИТЬСЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ У ВІЙСЬКОВИХ ЧАСТИНАХ ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ**

Остапенко І. С., Крамар І. Є., Шаптала О. І.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Ostapenko I. S., Kramar I. E., Shaptal O. I. Features of modernization of samples of weapons and equipment used in military units of the state special transport service.*

**Summary.** *RedezpetsTransStransvzhbi re-soldered by DerzpetsTransTranstreligent, lankoskladal, mistakes, tombstones, Koprovih Agregativ, Mob\_lniy repair. Logging is groaning the crown technologi, Materiviv I constructions at the Vidnovni transport Infrastructuri.*

Проведення дослідження у сфері воєнно-економічного аналізу (ВЕА) життєвого циклу (ЖЦ) зразків озброєння і техніки (ОВТ) засвідчили, що одним з основних джерел забезпечення структурних підрозділів Держспецтрансслужби зразками ОВТ з більш високими показниками виробничих та технічних властивостей є модернізація зразків ОВТ, що серійно виробляються або знаходяться на оснащенні збройних сил. За результатами проведених досліджень було встановлено, що модернізація зразків ОВТ може здійснюватися кількома шляхами:

- під час серійного виробництва зразків ОВТ;
- при капітальному ремонті зразків ОВТ, які відпрацювали встановлений (призначений) міжремонтний ресурс (термін);
- під час експлуатації зразків ОВТ у військових частинах тощо.

У даних тезах наводяться розроблені за участі авторів деякі воєнно- економічні аспекти модернізації ОВТ саме за останнім варіантом – під час експлуатації зразків ОВТ у військових частинах. На нашу думку, даний вид модернізації є одним з найбільш ефективних та привабливих з воєнної та економічної точок зору, особливо в умовах, що склалися під час застосування ЗС та військових формувань інших силових структур України у ході воєнного конфлікту на сході України.

Даний вид модернізації може проводитися у випадках:

- екстреної потреби у підвищенні якої-небудь виробничої властивості зразка ОВТ;
- якщо до чергового капітального ремонту зразки ОВТ мають досить великий термін або запас ресурсу;
- якщо обсяг модернізації не значний, вона не потребує трудомісткого переобладнання базових складових частин, однак її проведення досить суттєво впливатиме на підвищення кількох або якої-небудь однієї технічної властивості зразка ОВТ;
- якщо є розроблені та засвоєні у серійному виробництві складальні одиниці, які плануються встановлювати під час даної модернізації.

Модернізація такого типу може проводитися за чотирма основними варіантами:

- спеціалістами ремонтних підрозділів військових частин на місцях знаходження зразків ОВТ з використанням власної виробничої (ремонтної) бази;
- спеціалістами військових ремонтних органів під час проведення планового чергового середнього ремонту, з використанням при цьому їхньої виробничої бази;
- спеціалістами підприємств промисловості або капітального ремонту у військових частинах на місцях знаходження зразків ОВТ з використанням виробничої бази ремонтних підрозділів військових частин;
- спеціалістами підприємств промисловості або капітального ремонту, з використанням їхньої виробничої бази (без проведення робіт з ремонту).

Технологічний процес проведення модернізації такого типу може полягати у послідовному виконанні такого комплексу робіт:

1. Визначення посадовими особами Адміністрації Держспец-трансслужби (замовником) нагальної необхідності проведення модернізації даного типу з оцінюванням її воєнно-економічної ефективності.
2. Опрацювання розробником зразка ОВТ проекту модернізації.
3. Погодження (затвердження) замовником проекту модернізації.
4. Проведення розробником НДР із запропонованого проекту модернізації із опрацюванням необхідних конструкторських та технологічних документів.
5. Прийняття замовником розробленого проекту модернізації.
6. Здійснення навчання спеціалістів ремонтних органів військових частин технології й практичному проведенню робіт із модернізації зразків ОВТ на підприємстві промисловості або капітального ремонту, з застосуванням при цьому зразків ОВТ, що підлягають модернізації, без проведення їх ремонту (у випадку, якщо модернізація буде проводитися даними спеціалістами).
7. Виготовлення комплектів деталей та вузлів, а також конструкторської і технологічної документації, необхідних для проведення модернізації, та постачання їх до місць проведення модернізації.
8. Постачання до місць проведення модернізації складних покупних комплектувальних виробів, необхідних для модернізації, матеріалів тощо.
9. Проведення практичних робіт з модернізації.

На практиці це буде виглядати наступним чином:

*Наукова проблематика.* Застарілість конструкцій комплексу наплавного залізничного мосту НЗМ-56 (початок розробки відноситься до 1950 року а термін експлуатації встановлено -20 років). Необхідність переоснащення підроздів Держспецтрансслужби новими зразками.

*Тема наукових досліджень.* Створення тактико-технічного завдання на розробку та виготовлення перспективного наплавного залізничного моста.

*Очікуємий результат.* Розміщення Держзамовлення на підприємствах України на виготовлення (модернізацію) сучасних мобільних комплектів наплавних залізничних мостів. Прийняття на озброєння (постачання) Держспецтрансслужбою розроблених (модернізованих) зразків

*Висновок.* Успішне рішення зазначених завдань має формуватися на базі документів, що на стратегічному рівні визначають вектори розвитку держави, економіки, промисловості, системи безпеки, ЗС України та концептуально пов'язують цільові завдання розвитку ЗС України, основні технологічні напрями розвитку ОВТ системи безпеки, стратегічні напрями і завдання з розвитку системи озброєння ЗС України, стратегічні напрями розвитку оборонної промисловості.

## INFLUENCE OF THE SHAPE OF THE TOOL END ON THE WELDED JOINT QUALITY DURING FRICTION STIR WELDING

Plitchenko S. O., Vakulenko I. O.

Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan

**Summary.** *The analysis of the existing various forms of the tool pin for friction stir welding of alloys based on aluminum is carried out. The dependence of the quality of the welded joint on the shape of the tool pin and its end has been established. The use of a pin with a rounded end improves the quality of the seam on the back side and reduces the likelihood of a lack of fusion between the two plates. It is necessary to take into account the possibility of the influence of the shape face of the tool end on the service life of the entire pin, when choosing the geometric shape and dimensions of the pin. This is especially true at the first stage of welding when it is immersed in an unheated welded joint.*

Today, the technology of friction stir welding (FSW) is increasingly used in the field of mechanical engineering, and especially in the performance of welded critical joints of various aluminum alloys. The key to the successful development of technology is a combination of two factors - the process of welding in the solid phase and the ability to perform butt, corner, T-shaped and other types of traditional welded joints.

The one-piece connection is formed by plasticizing the base metal in the joint area under the influence of a special tool (Fig. 1), which consists of a shoulder 2 and a pin 4.

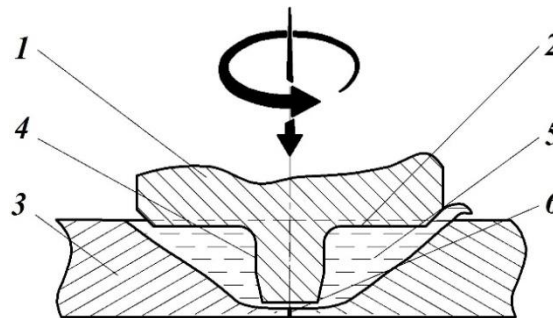


Figure 1. The process of friction stir welding of the butt joint:  
1 – tool; 2 – shoulder; 3 – welded metal; 4 – pin; 5 – plasticized metal; 6 – the plane of the connector between the two plates

It is known that the main role in the temperature-deformation processes during welding belongs to the shoulder, which provides, according to some literature sources, up to about 90 % of the input thermal energy. The role of the pin is mainly to distribute this energy over the thickness of the joint and the intensive mixing of the metal in the welding zone.

If it is necessary to perform a butt joint by friction stir welding to the full depth of penetration, a defect of lack of fusion of the edges, which has the form of a thin longitudinal line of small depth 6, may form on the back of the weld (see Fig. 1). Such a defect can be a catalyst for breaking stresses under sample loading. Typically, lack of fusion on the back of the seam can form when the length of the tool pin is not enough. However, the shape of the end of the pin can play an important role in this matter.

Of the large number of existing tool pin shapes, cylindrical and tapered shapes are considered standard. Such pins can have two types of end surfaces (Fig. 2): with a rounded end and a flat end.

A pin with a rounded end (see Fig. 2, a), taking into account the small angle of inclination of the working tool during welding, exerts additional pressure on the plasticized weld metal directly under the rounded end. Additional pressure under the end of the pin seals the metal to a greater

extent, improves the quality of the seam on the reverse side. Consequently, the likelihood of the formation of a defect of lack of fusion of the two edges of the plates is significantly reduced.

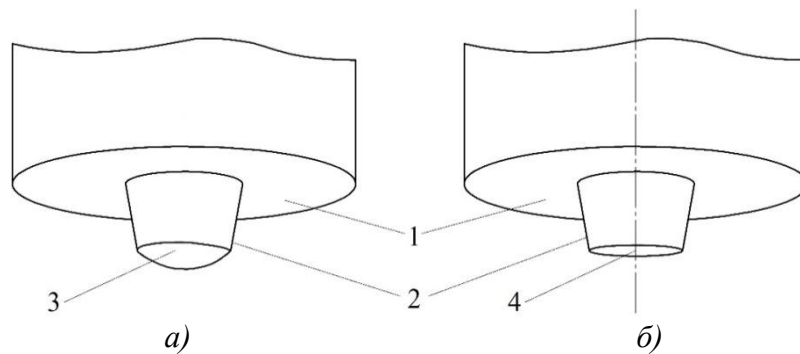


Fig. 2. Types forms of the cylindrical pin of the tool end:  
1 – shoulder; 2 – pin; 3 – rounded end; 4 – flat end

A pin with a flat end shape (see Fig. 2, b) also has widespread use, primarily due to the simplicity of its manufacture and processing. Such a pin provides additional pressure on the metal underneath due to increased centrifugal forces. Centrifugal forces arise at the boundaries of the end face and the working surface of the pin through the increased rotation speed of this particular section and additionally increase the metal seals under the end face of the pin and contribute to its better mixing.

When using a tapered pin, increased taper angles (sharpening) can lead to a significant reduction in the contact area of the end face. In turn, this may be the reason for insufficient heating of the plate joint in the area of the reverse side of the joint, as well as a decrease in the deforming compressive force. It should also be noted that there is insufficient mixing of the metal in this zone. The result of such processes can be the appearance of a defect in the form of lack of fusion of the edges on the back side of the joint.

In addition, it should be noted that when choosing the geometric shape and dimensions of the pin, it is necessary to take into account the possibility of the influence of the shape of the tool end on the service life of the entire pin, especially at the first stage of welding when it is immersed in an unheated welded joint. As the tool is immersed, the normal forces and torque acting on the pin increase. As a result, at the initial stages of welding, the likelihood of its breaking increases. At the same time, such efforts are much less for a pin with a rounded end.

## НОВИЙ СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ФОРМ ТА СТРИЖНІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВИЛИВКІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Солоненко Л. І.<sup>\*</sup>, Узлов К. І.<sup>\*\*</sup>, Реп'ях С. І.<sup>\*\*</sup>

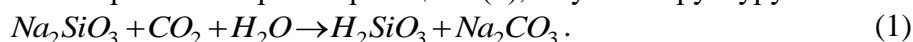
<sup>\*</sup>Одеський національний політехнічний університет, <sup>\*\*</sup>Національна металургійна академія України

*Solonenko L. I., Uzlov K. I., Repyakh S. I. New method of molds and cores production for railway transport castings manufacturing.*

**Summary.** *Issues of foundry molds and cores manufacturing from quartz sand and sodium silicate solute mixtures for integrity castings have been considered. It has been demonstrated that in order to solve these mixtures technological problems and castings quality improving, method of their structuring in a steam-microwave media (SMS-process) has been developed. This SMS-process is environmentally secure, solves the problems of waste disposal and involves domestic manufactured raw materials into industrial production.*

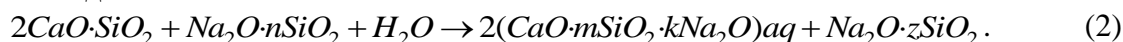
В даний час в ливарних цехах при виробництві ливарних форм і стрижнів (ЛФС) з піщано-рідкоскляної суміші (ПРС), як правило, їх структурують за рахунок теплової обробки, продування вуглекислим газом або його сумішшю з повітрям, додавання порошкового або рідкого затверджувачів рідкого скла. При цьому, кожен з відомих способів структурування ПРС має як загальні, так і свої певні недоліки. Зокрема, після закінчення структурування ПРС тепловим сушінням їх подальша витримка на повітрі з високою відносною вологістю призводить до карбонізації рідкого скла в поверхневих шарах ЛФС. У свою чергу, це є причиною збільшення обсипальності і зниження міцності ЛФС, а міграція вологи з глибинних в поверхневі шари ЛФС призводить до виникнення в виливках ужимін, газових раковин, засмічень і т.п. Крім цього, при структуруванні ПРС тепловим сушінням необхідно строго дотримуватися режиму сушіння і контролювати однорідність температури по тілу ЛФС щоб уникнути їх розтріскування. З урахуванням нагріву, витримки і охолодження в печі тривалість сушіння ЛФС в ливарних цехах становить 5...12 годин. Ця обставина призводить до великих тимчасових і енергетичних витрат при виробництві ЛФС з ПРС. З цієї причини, в даний час, технології теплового затвердіння ПРС в ливарних цехах практично не використовують.

При структуруванні ПРС продувкою вуглекислим газом або його сумішшю з повітрям проходить хімічна взаємодія вуглекислого газу з рідким склом, внаслідок чого утворюється гель кремнієвої кислоти і бікарбонат натрію за реакцією (1), а суміш структурується:



Даний спосіб структурування сумішей, як капілярно-пористих тіл, призводить до того, що поверхневі шари ЛФС під час продування  $CO_2$  зв'язуються гелем кремнієвої кислоти, а внутрішні шари залишаються незатверділими. Така нерівномірність затвердіння призводить до того, що структуровані ЛФС набувають крихкості і підвищеної обсипальності, характеризуються підвищеною гігроскопічністю і обмеженим строком зберігання.

Порошковими затверджувачами структурують рідкі (РСС) і пластичні (ПСС) рідкоскляні суміші, що самотвердіють. У цих сумішах затверджувачем, як правило, є матеріал, що містить двухкальцієвий силікат в  $\gamma$ - або  $\beta$ -формі (ферохромовий шлак, нефеліновий шлак). Можливе застосування і інших металургійних шлаків (електропічних, мартенівських, доменних та інших виробництв), які, тим не менш, поступаються першим двом матеріалам хімічною активністю і стабільністю властивостей. Схему протікання хімічної реакції між силікатом натрію і двухкальцієвим силікатом можна представити в наступному загальному вигляді:



При даному способі структурування сумішей, внаслідок поглинання  $SiO_2$  з рідкої фази рідкого скла в процесі хімічної реакції утворюються гідросилікати, що призводить до зниження модуля рідкого скла і, відповідно, його затвердінню.

Слід зазначити, що ферохромовий шлак містить токсичні для людини сполуки шестивалентного хрому. Крім цього, ферохромовий шлак і нефеліновий шлак є затверджувачами з нестабільною хімічною активністю, при підвищеній вологості повітря ферохромовий шлак і нефеліновий шлак мимовільно тверднуть. Ливарні форми і стрижні з РСС і ПСС характеризуються високою пористістю, низькою якістю поверхні виливків, що виготовляють в них, високою роботою вибивання, трудомісткою регенерацією. Крім цього, РСС характеризуються високою газотворною здатністю, а ПСС – тривалим часом твердіння.

Для структурування ПРС також використовують рідкі затверджувачі – етіленглікольмоноацетат, етіленглікольдіацетат, 1,3-гліцеріндіацетат (1,3-діацетін) і ін., гліцерінацетат (триацетат), пропіленкарбонат і ін. Затвердіння суміші в даних випадках (від 5 хвилин до декількох годин) реалізується за рахунок проходження хімічної реакції, в результаті якої утворюються кремнієва кислота і спирт. Недоліками даного способу затвердіння є обмежений час живучості суміші, крихкість і підвищена усадка при

твердінні, підвищена газотвірна здатність. Властивості таких структурованих ПРС не стабільні і залежать від температури повітря в ливарному цеху, що вимагає проведення затвердіння при певній температурі, а також збільшення ухилів на моделі і піднутринь стрижневого ящика.

Для вирішення ряду зазначених вище проблем ПРС і підвищення якості виливків відповідального призначення, зокрема для залізничного транспорту, розроблено спосіб структурування ПРС паро-мікрохвильовим затвердінням (ПМЗ-процес. Пат. № 122538). Відповідно до пат. № 122538 ЛФС виготовляють з сухого кварцового піску, що плакований рідким склом в кількості від 0,5 до 2,5 % (за масою, понад 100 % кварцового піску). Структурування такої ПРС в даному випадку проводять в паро-мікрохвильовому середовищі протягом 5...15 хв. Безпосередньо після вилучення з оснащення такі форми і стрижні придатні до збирання і заливання, оскільки практично не містять вологи і, відповідно, не газотвірні, свою максимальну міцність набувають в оснащенні під час затвердіння. Суміш, що застосовується в ПМЗ-процесі, екологічно безпечна, відносно недорога і складається з компонентів вітчизняного виробництва (пісок, рідке скло, вода). На відміну від більшості інших способів виготовлення ЛФС відпрацьована суміш, що застосовується в ПМЗ-процесі, може бути використана в якості вихідної сировини для виробництва силікат-брили, повторно (повністю або частково) використана у виробництві форм і стрижнів, оброблена для рециклінгу піску в ливарному цеху або будівництві тощо.

### ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ АКТИВАЦІЇ ПОВЕРХНЕВОЇ ДИФУЗІЇ З ПОЗИЦІЙ ТЕПЛОВИХ КОЛИВАНЬ АТОМІВ

Сироватко Ю. В.<sup>\*</sup>, Штапенко Е. П.<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Дніпропетровська філія державної установи «Інститут охорони ґрунтів України»,

<sup>\*\*</sup>Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Syrovatko Yuliya, Shtapenko Eduard. Determination of activation energy of surface diffusion based on thermal oscillations of atoms.*

**Summary.** *The paper deals with the method of theoretical calculation of the activation energy of surface diffusion based on thermal oscillations of atoms. The basic principle of the model of activation energy calculation is the formation of potential wells and barriers during oscillations of atoms localized in the sites of the lattice. The values of activation energy of ad-atoms of nickel, copper, iron and zinc on the copper surface have been obtained.*

У багатьох поверхневих процесах та хімічних реакціях, наприклад, адсорбції, десорбції, кристалізації, змочуванні, рості тонких плівок, формуванні наноструктур, важливу роль визначає поверхнева дифузія, що полягає у переносі речовини по поверхні твердого тіла. Важливою характеристикою поверхневої дифузії є енергія активації поверхневої дифузії  $E_a$ . Теоретично розрахувати  $E_a$  є складною задачею, оскільки реальна поверхня кристалу має неоднорідну структуру. Існуючи теоретичні методи розрахунку  $E_a$  здебільшого ґрунтуються на енергії зв'язку ад-атома з атомами поверхні підкладки [1,2]. В даній роботі пропонується теоретичний метод розрахунку енергії активації поверхневої дифузії ад-атомів по поверхні підкладки, розглядаючи не зміну енергії зв'язку, а кількість теплової енергії, необхідну для виконання переміщення ад-атома по поверхні.

Розглянемо поверхневу дифузію ад-атомів по поверхні міді, яка має ГЦК-решітку, в площині (100). При даній температурі системи  $T$  атоми кристалічної решітки міді і розміщений на підкладці ад-атом виконують теплові коливання і мають відповідну теплову енергію коливань. Перескок ад-атома у сусіднє положення здійснюється в тому разі, якщо він має достатню енергію. Різниця між цією енергією і енергією теплових коливань ад-



атома при температурі  $T$  є енергія активації поверхневої дифузії ад-атома. Представимо атоми міді і ад-атом як осцилятори, які здійснюють теплові коливання при даній температурі системи з деякою частотою. Розглянемо середньгеометричні частоти цих коливань. Середньгеометрична частота коливань  $\varpi$  виражається наступним чином [3]

$$\ln \varpi = \frac{\sum_a \ln(\omega_a)}{3N_V}, \quad (1)$$

де  $\omega_a$  – частота коливань осцилятора  $a$ ,  $3N_V$  – кількість осциляторів.

Виходячи з макропараметрів середньгеометричні частоти можна розрахувати наступним чином [3]

$$\varpi = \frac{bk_B T}{\hbar \exp\left(\frac{S}{C_V}\right)}, \quad (2)$$

де  $S$  – ентропія,  $C_V$  – теплоємність,  $T$  – температура (в нашому випадку  $T=295$  К).

Представимо ад-атом і атоми міді як гармонічні осцилятори, які здійснюють коливання з амплітудою  $a$ . Амплітуду коливань атомів міді і ад-атома розрахуємо з теплової енергії  $E_m$

$$E_T = C_V T = \frac{1}{2} m \varpi^2 a^2, \quad (3)$$

де  $m$  – маса атома.

Енергія осцилятора в потенційній ямі має вигляд

$$E_n = \hbar \varpi \left( n + \frac{1}{2} \right), \quad (4)$$

де  $n$  – головне квантове число. Квантове число  $n$  визначається у квазикласичному випадку з правила квантування Бора [4]. Таким чином, розрахувавши з  $n$ , можна визначити рівень енергії частинки у потенційній ямі і глибину ями. Енергія параболічної потенційної ями, в якій знаходиться структурний атом міді має незначні від'ємні значення, рівні (4), що в цілому визначається амплітудою теплових коливань атомів міді в кристалічній решітці. Дана область просторової осциляції атомів формується за рахунок узагальненого розподілення валентних електронів. Але значна частина енергії потенційної ями, в якій локалізовано атоми, має позитивні значення

$$E = \frac{m \varpi^2}{2} (x - b)^2 - E_n, \quad (5)$$

де  $x$  – координата,  $b$  – координата центра параболі.

Поряд розташовані параболічні потенційні ями гармонічних осциляторів атомів міді кристалічної решітки формують енергетичний бар'єр [5], який визначається структурою суміжних параболічних ям та відстанню між ними. При цьому сусідні потенційні ями атомів будуть взаємодіяти як суперпозиція протилежно спрямованих однойменних напруженостей кулонівських полів, що приведе до їх взаємному ослабленню по мірі зближення меж потенційних ям по закону, що відповідає співвідношенню

$$\Delta E = - \frac{m \varpi^2 (\Delta x)^2 r^2}{2 (\Delta r)^2}, \quad (6)$$

де  $\Delta x$  – мале зміщення координати параболі, яке визначається зі співвідношення невизначеностей Гейзенберга,  $\Delta r$  – відстань між межами сусідніх параболічних ям,  $r$  – повна відстань між координатами центрів парабол. Таким чином, кінцеві енергетичні значення потенційних бар'єрів, визначаються з урахуванням поправки

Таблиця 1

Значення термодинамічних та коливальних параметрів ад-атомів,  
розраховані значення енергії активації поверхневої дифузії ад-атомів в двох  
напрямах АВ і АС

	$C_v$ , Дж/моль·К	$S$ , Дж/моль·К	$\omega$ , $10^{13}$ рад/с	$a$ , $10^{-11}$ м	$n$	$E_a$ , еВ		$E_a$ , еВ [1]	
						АВ	АС	АВ	АС
Zn	25,40	41,6	2,03	2,36	8	0,16	1,19	0,15	1,30
Cu	24,44	33,1	2,70	1,75	7	0,18	1,09	0,16	1,13
Ni	26,10	29,9	3,33	1,54	7	0,21	1,78	0,24	1,90
Fe	25,14	27,1	3,55	1,45	5	0,18	1,16	0,18	1,30

Отримані значення енергії активації ад-атомів нікелю, міді, заліза і цинку по поверхні мідної підкладки по формулам (4), (5) з поправкою (6) наведені в табл. 1. З таблиці 1 видно, що значення енергії активації задовільно співпадають з результатами роботи [1]. Принципи, закладені в представлений моделі теплових коливань осциляторів можна використовувати для розрахунків енергії активації у випадку ОЦК-решітки підкладки, інших площинах дифузії, дифузії навколо ступені росту, дифузії при інших температурах.

1. Э. Ф. Штапенко, В. В. Титаренко, В. А. Заблудовский, Е. О. Воронков, Физика твердого тела 62(11), 1943(2020).
2. Е. П. Штапенко, В. О. Заблудовський, В. В. Дудкіна, Фізика і хімія твердого тіла 15(4), 868(2014).
3. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, Статистическая физика (Наука, Москва, 1976).
4. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, Квантовая механика (Наука, Москва, 1974).
5. Е. В. Выборный, М. В. Карасев, Наноструктуры. Математическая физика и моделирование 11(1), 27(2014).

## ФОРМУВАННЯ МІКРОШАРУВАТОЇ СТРУКТУРИ ПРОГРАМНО-КЕРОВАНИМ СТРУМОМ

Титаренко В. В., Заблудовський В. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Tytarenko Valentina, Zabudovsky Vladimir. Formation of the micro-structure of the program-controlled current.*

**Summary.** *The modes of the program-controlled current (the density of alternating steps of the electric current, as well as their duration), at which the formation of microlayer structures of nickel coatings is observed, have been established. The alternation of direct current steps with a density from the maximum permissible in terms of the quality of the deposited coating to the limiting in terms of diffusion makes it possible to increase the current efficiency of the metal, obtain coatings with reduced internal stresses, a pronounced axial texture, increase the microhardness, and increase the deposition rate of nickel coatings.*

При електроосажденні нікелевих покриттів на постійному струмі виділяється водень, який може включатись в кристалічну решітку металу, утворюючи пересичений твердий розчин включення водню в нікелі. Осадження покриттів при імпульсному режимі відбувається при більш високих густинах струму і відповідних їм потенціалах, при яких виділення водню збільшується. Висока швидкість зміни катодної перенапруги, як і достатньо від'ємний потенціал формування покриття не є достатніми умовами для переходу від крупнокристалічних до нанокристалічним покриттєм. Більш важливу роль при цьому відіграє водень, який включається в кристалічну решітку, і який, як можна припустити, сприяє

збереженню нерівноважних структур, що виникають, ускладнюючи кристалізаційні процеси в результаті утворення пасивної плівки. У зв'язку з цим становить інтерес застосування програмно-керованого струму для осадження покриттів із шаруватим типом кристалічної структури, зменшеною кількістю поверхневих дефектів, запобігання розтріскування покриттів і збільшення швидкості їх осадження.

Електроосадження нікелевих покриттів проводили з сульфатного електроліту нікелювання наступного складу:  $\text{Ni}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  - 300 г/л,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  - 30 г/л,  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  - 50 г/л, при рН- 5 і температурі 293...298 К. Для осадження покриттів використовували програмно-керований струм густиною, що чергується, 100 і 1000  $\text{A}/\text{m}^2$  тривалістю  $t_I=300$  с (I ступінь, рис. 1) і  $t_{II}=30$  с (II ступінь, рис. 1) відповідно. Для зіставлення були отримані нікелеві покриття з того ж водного розчину електроліту за допомогою постійного струму густиною 100 і 1000  $\text{A}/\text{m}^2$ .

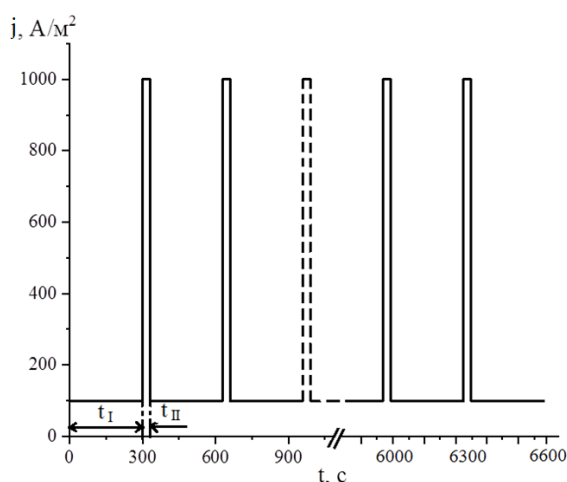


Рис. 1. Схема програмованого струму

Зі збільшенням густини струму від 100 і 1000  $\text{A}/\text{m}^2$  спостерігається зміщення катодного потенціалу в електровід'ємну область, а катодна перенапряга збільшується від 0,19 до 0,52 В. Зміна катодного потенціалу призводить до перерозподілу парціальних складових струмів відновлення нікелю і водню. При цьому газовиділення на катоді також збільшується, а вихід металу по струму зменшується від 90 до 50 %. Оцінка концентрації водню, що виділяється на катоді, по виходу нікелю за струмом свідчить про те, що в процесі осадження на постійному струмі густиною 1000  $\text{A}/\text{m}^2$  вихід за струмом водню у 4 рази перевищує кількість водню, що виділяється при густині струму 100  $\text{A}/\text{m}^2$ .

Процес катодного відновлення нікелю на постійному струмі з сульфатного електроліту супроводжується виділенням водню, який адсорбуючись на всій поверхні катода, пасивує її. Це призводить до пригнічення росту кристалічних зародків. На постійному струмі були отримані покриття зі стовбчастим типом кристалічної структури, яка представляє собою кристаліти з яскраво вираженою аксіальною текстурою [111] для покриттів, отриманих на постійному струмі густиною 100  $\text{A}/\text{m}^2$  (рис. 2 а), і текстурою [110] для покриттів, отриманих на постійному струмі густиною 1000  $\text{A}/\text{m}^2$  (рис. 2 б). Зменшення перетину стовпчиків від 4 мкм до 0,7 мкм при збільшенні густини струму свідчить про більш нерівноважні умови електрокристалізації.

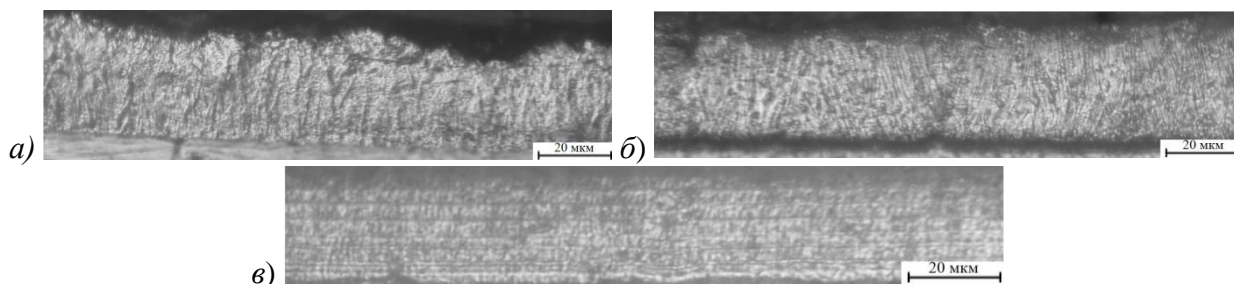


Рис. 2. Структура нікелевого покриття у поперечному перерізі: постійний струм ( $100 \text{ A/m}^2$ ) (а), постійний струм ( $1000 \text{ A/m}^2$ ) (б), програмно-керований струм (в)

Покриття, осаджені за програмою (рис. 2 в), мають шарувату структуру росту у поперечному перерізі, що викликано пасивуючою дією адсорбованого водню на поверхню покриття, що формується, за час дії струму густиною  $1000 \text{ A/m}^2$ .

### КОМПОЗИЦІЙНІ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНІ НІКЕЛІВІ ПОКРИТТЯ, ОТРИМАНІ ІМПУЛЬСНИМ СТРУМОМ

Титаренко В. В., Заблудовський В. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Tytarenko Valentina, Zabudovsky Vladimir. Composite electrolytic nickel coating, producing impulse current.*

**Summary.** *Considers the influence of the dispersed particles of ultrafine diamonds on the structure and performance of the composite electrolytic coatings based on nickel, obtained by the continuous and pulsed currents. The results showed that the pulsed modes of electrodeposition forms a fine-grained, densely packed coating having a non-equilibrium structure of growth with greater density of ultrafine particle diamond coating, which increases the microhardness and wear resistance of composite nickel electroplating.*

З розвитком сучасної науки і техніки все більш підвищені вимоги пред'являються до матеріалів функціонального призначення. Значні успіхи в цій галузі були досягнуті з розвитком композиційних матеріалів на основі металів. Особливе місце серед потенційних зміцнювачів займають вуглецеві наноматеріали: фулерени  $C_{60}$ , нанотрубки, оніона, ультрадисперсні алмази (УДА). Ці об'єкти мають високі значеннями тепло- і електропровідності, надпружні і мають міцність, близьку до теоретичної, що може забезпечити отримання КМ з унікальним комплексом фізико-хімічних властивостей. Одним із способів покращення функціональних властивостей композиційних електролітичних покриттів (КЕП) є застосування нестационарних режимів електролізу.

Широке використання КЕП на основі нікелю пояснюється як фізико-хімічними властивостями електролітичного нікелю - високу твердість і зносостійкість, здатність захищати основний метал від корозії і забезпечувати йому високу декоративну обробку, так і легкістю співсаджження з більшістю дисперсних частинок різної природи.

Присутність в розчині дисперсних частинок призводить до зміщення катодного потенціалу в електровід'ємну область, що говорить про збільшення опору переносу заряду (рис. 1).

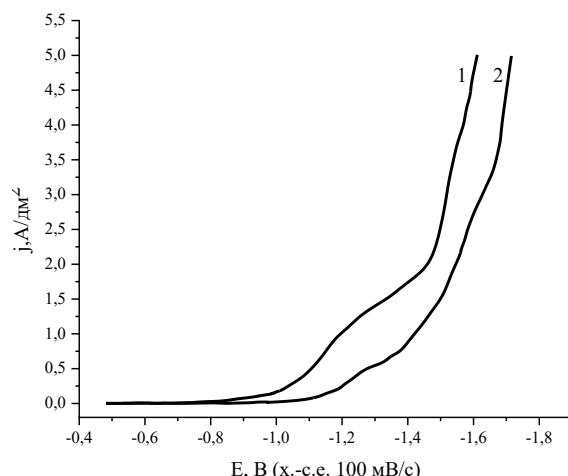


Рис. 1. Катодні поляризаційні залежності, отримані у сірчанокислому електроліті нікелювання: Ni (1); Ni+УДА (2)

Переміщення частинок в водному розчині електроліту у вигляді наноагрегатів і, можливо, невеликої кількості індивідуальних частинок до катода носить складний характер. Рівняння повного катодного струму можна записати в такий спосіб

$$j = j_F + j_H + j_C, \quad (1)$$

де  $j_F$  – густина струму розряду іонів металу;  $j_H$  – густина струму розряду іонів водню;  $j_C$  – густина струму, що забезпечує перенесення нановуглецевих частинок. В результаті абсорбційної взаємодії частинок УДА з катіонами металу, при створенні в розчині електроліту електричного поля, до катода рухається по сумарному заряду електропозитивний заряджений складний агрегат, розміри якого можуть перевищує 100 нм. Основні припущення про механізм включення частинок в покриття зводяться до того, що утворення КЕП із застосуванням вуглецевих наночастинок можливо шляхом захоплення частинок зростаючим покриттям і введення частинок у міжкристалітний простір електролітичного покриття. Тобто, при проходженні подвійного електричного шару іони металу відновлюються, формуючи кристалічну решітку металевого покриття, багатоатомний шар якого охоплює частки.

Композиційні нікелеві покриття, отримані за допомогою імпульсного струму, характеризуються більш високою густиною розподілу часток УДА в покритті. Крім того, ступінь заповнення поверхні частинками УДА при імпульсному осадженні майже в два рази більше, в порівнянні з композиційними нікелевими покриттями, отриманими за допомогою постійного струму. При цьому зі збільшенням шпаруватості імпульсів струму від 2 до 50 і незмінній частоті проходження імпульсів струму (50 Гц) збільшується частка частинок в покритті меншого розміру 0,25-1 мкм. Переривчастий характер імпульсного струму і збільшення шпаруватості імпульсів струму сприяє більш інтенсивному впровадженню в покриття, що формується, частинок дисперсної фази меншого розміру, що обумовлено високими миттєвими густинами струму в імпульсах (5000 А/м²), а, отже, і розрядом іонів нікелю при більш високих значеннях катодного перенапруження (1,3 В), у порівнянні з режимом осадження на постійному струмі (0,9 В). Збільшення пересичення на фронті кристалізації сприяє збільшенню швидкості зародкоутворення і зменшення швидкості їх зростання, формування більш дрібнозернистого, щільноупакованого покриття з більш рівномірним розподілом часток УДА в покритті.

Включення частинок УДА в нікелеве покриття змінює структуру росту в поперечному перерізі від стовбчатої до мікрошаруватої, що викликано пасивуючою дією частинок дисперсної фази на поверхню, що формується. Зменшення товщини мікрошарів від 4 мкм до

2 мкм при переході від режиму осадження за допомогою постійного струму до імпульсного режиму електроосадження викликано нерівноважністю процесу осадження і збільшенням швидкості підведення частинок УДА до поверхні катода за час проходження імпульсу струму

Формування більш дрібнокристалічних КЕП і зміна структури росту в поперечному перерізі від столбчатої до мікрошаруватої при імпульсному режимі осадження визначило підвищення механічних і захисних властивостей вуглецемісних нікелевих покриттів (мікротвердість покриттів збільшилася на 75...77 %, знос і пористість покриттів зменшилися відповідно у 3 і 2,4 рази).

## СПИНОДАЛЬ СПЛАВІВ СИСТЕМИ Fe-B-C

Філоненко Н. Ю.

Дніпровський державний медичний університет

*Filonenko N. Yu. Liquidus surface and spinodal of Fe-B-C alloys.*

**Summary.** *In this work the study is performed for the specimens of Fe-B-C alloys with boron content of 0.005–7.0 wt. % and carbon content of 0.4–6.67 wt. %, the rest is iron. According to the findings of microstructure analysis, XRD and differential thermal analyses, the primary phases and the temperatures of their formation are determined. Depending on boron content (in the range of 1.5–8.80 wt. %) and carbon content (0.5–6.67 wt. %) in the Fe-B-C alloys, the primary phases in the process of crystallization are  $\gamma$ -Fe, boron cementite  $\text{Fe}_3(\text{CB})$  and boride  $\text{Fe}_2\text{B}$ . The outcomes of the experiment carried out in this work determine the phase composition and phase transformations occurring in the alloys and the liquidus surface is constructed. In this paper it is shown experimentally the existence of a quasi-binary section and the coordinates of the peritectic point are fixed: the boron content is 5.0 wt. %, carbon content is 3.0 wt. % and the temperature is 1515 K.*

*The free energy of the Fe-B-C melt is calculated for the first time by the quasi-chemical method and the surface of thermodynamic stability of the Fe-B-C melt is plotted, depending on temperature and boron and carbon content in the alloy. The results obtained in the paper show that in order to obtain a homogeneous Fe-B-C melt, which does not contain any microheterogeneous structure in the form of short-order microregions, it is necessary to perform the overheating more than to 180 K for the region where the primary phase is iron, and no less than to 200 K for the regions with boron cementite and boride.*

Відомо, що процеси, які відбуваються в розплавах сплавів впливають на фазовий склад сплавів після кристалізації. Для прогнозування цих процесів слід визначити область термодинамічної стійкості розплаву.

Вперше поверхню ліквідусу сплавів системи Fe-B-C отримав Тамман, на якій була відображена точка потрійної евтектики при вмісті бору 2,9 % (мас.) та карбону 1,5 % (мас.) при температурі 1383 К, на думку інших авторів точка евтектики має місце при вмісті бору 2,6 % (мас.) та карбону 1,5 % (мас.) при температурі 1339 К або при вмісті бору 1,5 % (мас.) та карбону 2,5 % (мас.) при температурі 1402 К існує мінімум вмісту бору та карбону та температури на поверхні ліквідусу.

Таким чином, наразі не має єдиної думки щодо температури поверхні ліквідусу в залежності від вмісту бору та карбону для сплавів системи Fe-Fe<sub>2</sub>B-Fe<sub>3</sub>(CB). Наразі відсутні будь-які дані щодо однорідності та термодинамічної стійкості розплавів системи Fe-B-C.

Метою даної роботи було дослідити температуру ліквідусу в залежності від вмісту бору та карбону в сплаві та визначити границю однорідності розплаву системи Fe-Fe<sub>2</sub>B-Fe<sub>3</sub>(CB).

Дослідження температури ліквідусу в сплавах системи Fe-B-C та первинних фаз в залежності від вмісту бору та карбону показали, що при вмісті бору 3,0 % (мас.) та карбону 0,65 % (мас.) при кристалізації утворення первинних кристалів  $\gamma$ -Fe відбувається в інтервалі температур 1420-1417 К. В інтервалі температур 1403-1397 К відбувається утворення евтектики  $\gamma$ -Fe+Fe<sub>2</sub>B, а 1396-1393 К евтектики  $\gamma$ -Fe+Fe<sub>3</sub>(CB). Перетворення  $\gamma$ -Fe $\leftrightarrow$  $\alpha$ -Fe відбувається при температурі 996 К. Мікротвердість заліза склала 389,5 ГПа, евтектики  $\gamma$ -Fe+Fe<sub>2</sub>B – 897,2 ГПа, а евтектики  $\gamma$ -Fe+Fe<sub>3</sub>(CB) – 755,4 ГПа.

Дослідження сплавів з вмістом бору 0,3-5,5 % (мас.) та при вмісті карбону 2,1-6,6 % (мас.) первинними кристалами при кристалізації розплавів є бороцементит Fe<sub>3</sub>(CB), який утворюється в інтервалі температур 1431-1427 К. При послідовному охолодженні спостерігали утворення евтектики  $\gamma$ -Fe+Fe<sub>3</sub>(CB) з пластинчастою морфологією в інтервалі температур 1403-1387 К. Перетворення  $\gamma$ -Fe $\leftrightarrow$  $\alpha$ -Fe зафіксоване при температурі 973 К.

Результати дюраметричного аналізу показали, що мікротвердість бороцементиту склала 723,1 ГПа, а евтектики  $\gamma$ -Fe+Fe<sub>3</sub>(CB) – 675,8 ГПа.

Для сплавів з вмістом бору 2,2-8,8 % (мас.) та карбону 0,5-2,1 % (мас.) при кристалізації відбувається утворення первинних кристалів бориду заліза Fe<sub>2</sub>B. На деяких ділянках структури спостерігали навколо первинних боридів оболонку з бороцементиту Fe<sub>3</sub>(CB) та евтектику  $\alpha$ -Fe+Fe<sub>3</sub>(CB) з морфологією подібною до боридної евтектики ( $\alpha$ -Fe+Fe<sub>2</sub>B).

За результатами диференційного термічного аналізу: первинні кристали бориду утворюються із розплаву в інтервалі температур 1533-1498 К, оточені бороцементитом, який утворився при перитектичному перетворенні  $L + Fe_2B \rightarrow Fe_3(CB)$  в інтервалі температур 1433--1388К, евтектика  $\gamma$ -Fe+Fe<sub>3</sub>(CB) утворюється при постійній температурі – 1399 К, що свідчить про можливість чотирифазного перетворення  $L + Fe_2B \rightarrow \gamma - Fe + Fe_3(CB)$  та при температурі 925 К перетворення  $\gamma$ -Fe  $\leftrightarrow$   $\alpha$ -Fe. Мікротвердість бориду заліза склала 1123,6 ГПа, бороцементиту – 789,1 ГПа, а евтектики – 863,2 ГПа.

Дослідження мікроструктури, рентгенофазового та диференційного термічного аналізів 72 зразків дозволили побудувати поверхню ліквідусу сплавів системи Fe-B-C.

З застосуванням квазіхімічного методу були проведені розрахунки, по результатам яких була отримана площа термодинамічної стійкості розплаву системи Fe-Fe<sub>2</sub>B-Fe<sub>3</sub>(CB), вище якої не відбувається утворення будь-яких стабільних мікрокомплексів.

Експериментальні результати отримані в даній роботі дозволили побудувати поверхню ліквідусу, а розрахункові данні поверхню термодинамічної стійкості розплаву. Вперше поверхню ліквідусу сплавів системи Fe-B-C отримав Тамман, на якій була відображена точка трійної евтектики при вмісті бору 2,9 % (мас.) та карбону 1,5 % (мас.) при температурі 1383 К. Точка трійної евтектики є місцем перетину ліній моноваріантних подвійних евтектик.

Існують експериментальні данні, що точка трійної евтектики існує при вмісті бору 1,5 % (мас.) та карбону 2,5 % (мас.) та температурі 1402 К.

Отримані в даній роботі результати показали, що на поверхні ліквідусу в сплавах системи Fe-B-C існує мінімум при вмісті бору 2,9 % (мас.) та карбону 1,3 % (мас.) та температурі 1375 К. Отримані результати узгоджуються з даними інших авторів, які вказують, що температура солідусу складає 1400 К.

Великий вплив на структурний стан та фазові перетворення в сплаві має процес утворення первинних фаз. Наразі не відомі дані щодо визначення та дослідження однорідності розплаву сплавів системи Fe-B-C, в якому відсутні будь-які комплекси. За отриманими розрахунковими результатами в даній роботі для досягнення однорідного розплаву Fe-B-C, що не містить мікронеоднородної структури у вигляді мікроділянок з ближнім порядком, в якому первинними кристалами була фаза  $\gamma$ -Fe необхідно виконати перегрів більш ніж на 180-200 К. Для сплавів з вмістом бору та карбону наближених до квазібінарного перерізу для отримання однорідного розплаву треба виконати перегрів розплаву більш ніж на 220-250 К.

## EFFECT OF CATHODE MATERIAL ON PULSE-PLASMA COATING STRUCTURE AND CRACKING BEHAVIOUR

Chabak Yu. G., Efremenko B. V., Zurnadzhly V. I., Fedun V. I., Dzherenova A. V.,  
Efremenko V. G.

Pryazovskyi State Technical University

**Summary.** *The report is devoted to the consideration of a structure and cracking tendency of pulsed-plasma coatings deposited using different cathode materials.*

Pulsed-plasma treatment (PPT) is applied for the alloys surface hardening through the structural modification and for the coating deposition. Among different plasma-accelerating devices, an electro-thermal axial plasma accelerator (EAPA) stands out for its ability to work in atmospheric conditions. EAPA's working principle is a high-current discharge inside the EAPA chamber leading to a very fast release of accumulated energy with a consequent formation of a plasma flux directed to the target surface. The material of the EAPA's cathode is of great importance since it is exposed to erosion under epy discharge manifesting in evaporation and melting with further micro-droplets ejecting out of EAPA. Thus, the pulsed-plasma coatings consist of the products of high-current erosion of the electrodes of the plasma accelerator elements. PPT was carried out in the present work using EAPA with the following parameters: accumulated voltage is 4 kV; distance between electrodes is 50 mm; current amplitude is up to 18.5 kA, the number of the plasma pulses is from 3 to 18. The tip of the cathode was a rode of 5 mm diameter made of different materials namely graphite, tungsten, low-carbon structural steel AISI 1020 (0.1 wt. % C, 0.6 wt. % Mn), wear-resistant cast iron 28wt. %Cr (2.3 wt. % C, 27.4 wt. % Cr, 3.1 wt. % Mn, 1.3 wt. % Si), and T1 high-speed steel (0.8 wt. % C, 17.9 wt. % W, 3.9 wt. % Cr). The target was the specimens made of 14.50 wt. % Cr cast iron. PPT with the arc discharge voltage of 4 kV provided a surface modification of high-chromium cast iron to the depth of 10-15  $\mu\text{m}$  with a microhardness of 950-1010 HV50, and also leads to the formation of a coating due to the transfer of the cathode materials by plasma flux. The thickness of the coating increased as the melting point of the cathode material decreased. The thickest coatings (85-150  $\mu\text{m}$ ) were obtained after using the cathode materials (steel T1 and 28 wt. % Cr-cast iron) containing a carbide eutectic with a lower melting temperature. In these cases the coatings were mostly built by the micro-droplets taken by plasma flux from the cathode's surface. When a low-carbon steel AISI 1020 was used as the cathode, the coating had a structure of high carbon martensite with the microhardness of 870-900 HV50. The possible reason for such behaviour was the enrichment of steel AISI 1020 micro-droplets by interstitial elements (C, N, O) through the contact with a plasma flux. The coatings obtained using the "steel T1-cathode" or "28 wt. % Cr-cast iron-cathode" had a structure consisting of  $\alpha\text{Fe}$ ,  $\gamma\text{Fe}$ , and cementite carbide. Their distinctive feature was an increased volume fraction of retained austenite and the absence of Cr(W)-based carbides (M7C3, M23C6, M6C, M2C). FCC $\rightarrow$ BCC transformation inhibited the cracking during the coating formation. The coatings with a predominantly austenitic matrix (steel T1 and 28 wt. % Cr-cast iron) were prone to cracks while the coating with  $\alpha\text{Fe}$ -based matrix was free of cracks. This work was sponsored by the National research Foundation of Ukraine within the project 2020.02/0064 «Phase-structural and elemental surface modification of 3D-printed alloys for biomedical application during the complex processing by highly concentrated energy sources to increase the service life of artificial implants».



## ОЦІНКА ТЕОРЕТИЧНОГО РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК ДВЗ

Хорсев П. В., Главацький К. Ц., Вовченко М. Д.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Horsev Pavel, Hlavatskyi Kazymyr, Vovchenko Nikita. Evaluation of the theoretical calculation of the characteristics of an internal combustion engine.*

**Summary.** *The purpose of the article is to compare the characteristics of an internal combustion engine obtained on bench equipment with theoretical calculations of the same characteristics for further research using water injection into the fuel supply system based on the considered engine.*

Ціль науково-дослідної роботи - порівняння характеристик двигуна внутрішнього згоряння, одержаних на стендовому обладнанні, з теоретичними розрахунками цих же характеристик для подальшого проведення досліджень з використанням впорскування води у систему подачі палива на базі розглянутого двигуна.

Прототипом двигуна внутрішнього згоряння, який випробовувався на стенді, вибраний двигун ВАЗ-2108.

На стенді були одержані такі характеристики:

- номінальна потужність, кВт:  $61 \pm 2,5$
- частота обертання колінвала, об/хв.:  $5600 \pm 1500$
- ступінь стиску в циліндрах:  $9,9 \pm 0,1$
- питома витрата палива:  $670 \pm 10$  г/(кВт·год.).

1. *Тепловий розрахунок двигуна.* Тепловий розрахунок двигуна виконаний з метою визначення параметрів (тиску і температури) суміші газів у циліндрі двигуна в довільний момент часу (в залежності від кута повороту колінчастого валу).

*Процес впуску.* Температура і тиск заряду в кінці впуску залежать від багатьох факторів (частоти обертання колінчастого валу, температури деталей, форми каналів системи впуску і т. д.), які на стадії проектування, як правило, невідомі. В процесі впуску температура і тиск заряду в циліндрі двигуна постійно змінюються. Змінюється і швидкість руху заряду по каналах системи впуску. У науковому дослідженні значення параметрів заряду в кінці процесу впуску визначені наближено за відомими статичними даними. При цьому вважається, що тиск газів у циліндрі на протязі всього процесу залишається постійним і дорівнює його кінцевому значенню. Такий підхід дає незначні погіршення точності при суттєвому спрощенні розрахунків.

Оскільки прототип двигуна не укомплектований наддувом, то:

$$P_k = P_0, \text{ МПа,}$$

де  $P_0$  – тиск навколишнього середовища, МПа;  $T_k = T_0$ , °К.

Тиск внутрішнього горіння  $P_z$  приймаємо за експериментальними даними у межах:

$$P_z = (1,15 \dots 1,25) P_k \text{ – для карбюраторних двигунів.}$$

Температуру внутрішнього горіння  $T_z$  теж приймаємо за даними експерименту:

$$T_z = (900 \dots 1100) \text{ °К – для карбюраторних двигунів.}$$

Тоді з вище наведених формул маємо:

$$P_z = 0,1 \cdot 1,15 = 0,115; T_z = 1000 \text{ °К - прийняте орієнтовно.}$$

Тиск в кінці впуску  $P_a$  визначається, враховуючи втрати тиску на впуску  $\Delta P_a$ :

$$P_a = P_k - \Delta P_a, \text{ МПа.}$$

Втрати тиску на впуску  $\Delta P_a$  приймають залежно від типу проектного двигуна:

$$\Delta P_a = 0,05 P_k.$$

Звідси маємо:  $\Delta P_a = 0,05 \cdot 0,1 = 0,005$  МПа,  $\Delta P_a = 0,1 - 0,05 = 0,095$  МПа.

Визначаємо величину підігріву заряду на впуску, який виникає внаслідок контакту газів з нагрітими деталями впускної системи за допомогою орієнтовних даних і який знаходиться у межах:

$\Delta T = (-5 \dots 25)^\circ \text{К}$  – для карбюраторних двигунів; для подальших розрахунків приймаємо

$\Delta T = 20^\circ \text{К}$ .

Визначаємо коефіцієнт наповнення  $\eta_v$ :

$$\eta_v = \frac{T_k (\varepsilon P_a - P_r)}{(T_k + \Delta T) P_k} = \frac{288 \cdot (9,9 \cdot 0,095 - 0,115)}{(288 + 0) \cdot (9,9 - 1) \cdot 0,1} = 0,867$$

## 2. Розрахунок показників робочого циклу, розмірів та параметрів двигуна

*Ефективні показники.* У двигуні величина витрат на тертя залежить від багатьох факторів: типу та призначення двигуна, числа та розташування циліндрів, типу систем мащення та охолодження та ін. З них найбільш впливовим фактором є швидкість руху деталей і механізмів, яка одночасно залежить від частоти обертання колінчастого валу або від середньої швидкості поршня, які між собою одночасно зв'язані.

Механічний ККД. Відношення втрат роботи на тертя до індикаторної роботи становить механічний ККД двигуна  $\eta_m$ :

$$\eta_m = P_e / P_i = 1,93 / 3,76 = 0,51$$

Ефективним ККД називають відношення ефективної роботи, виконаної двигуном, до кількості теплової енергії, яка повинна виділитися при умові повного згоряння палива, поданого в циліндр за один цикл. Ефективний ККД знайдемо як:

$$\eta_e = \eta_i \eta_m = 0,248 \cdot 0,51 = 0,126$$

Ефективна питома витрата палива:

$$g_e = \frac{3600}{Q_H \eta_e} = \frac{3600}{42,5 \cdot 0,126} = 672,2 \text{ г/(кВт} \cdot \text{год.)}$$

Знайдемо розрахункову потужність двигуна:

$$N_e = V_h \cdot P_e \cdot (n / 120) = 1580 \cdot 1,93 \cdot (5600 / 120) = 64,9 \text{ кВт.}$$

*Висновок.* На даному етапі дослідження виконано порівняння експериментальних та розрахункових характеристик запропонованого для досліджень двигуна внутрішнього згорання, для якого розглянуті дві основні характеристики: потужність та витрата палива.

Одержані результати:

за витратою палива:

- експериментальна: 670 г/(кВт·год.); - розрахункова: 672,2 г/(кВт·год.); - різниця: 0,33 %;

за потужністю:

- експериментальна: 61 кВт; - розрахункова: 64,9 кВт; - різниця: 6,4 %.

Ці результати вважаємо задовільними, що дозволяє використовувати розглянуту розрахункову методику для проведення подальших досліджень впливу впорскування води до системи живлення на основні характеристики ДВЗ.

Продовженням цієї дослідницької роботи буде проведення експериментів з впорскуванням води у систему живлення ДВЗ, зняття показників зі стендового обладнання та порівняння їх з вже існуючими даними, для того, щоб дати відповідь на питання: чи насправді впорскування води у систему живлення може знизити витрату палива у автомобіля, при цьому не знижуючи потужності двигуна.

## СЕКЦІЯ 10 «ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ СИСТЕМАМИ»

### УДОСКОНАЛЕННЯ МОТИВАЦІЇ ТА СТИМУЛЮВАННЯ ПРАЦІ ПЕРСОНАЛУ ДИРЕКЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Гненний М.В., Богдан В.І.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Hnennyi Mykola, Bohdan Valentyna. Improvement of motivation and stimulation of personnel of the railway transport directorate.*

**Summary.** *The methodological approach to assessing the complexity of the work of managers, specialists, specialists of different qualification categories based on the qualimetric system has been improved. This system is recommended for the distribution of bonuses to managers, specialists, specialists of the Railway Transport Directorate.*

Особливу роль у менеджменті відіграють принципи, методи та способи мотивування праці, які виступають ведучим організаційно-економічним інструментом управління трудовою діяльністю працівників підприємств. У зв'язку з цим важливого значення набуває вирішення як теоретичних так і практичних проблем управління трудовою діяльністю персоналу шляхом застосування нових соціально-економічних методів мотивації праці, що надади б змогу підвищити зацікавленість робітників продуктивно і якісно працювати на підприємствах.

Як основна функція менеджменту мотивація пов'язана із процесом спонукання підлеглих до діяльності через формування мотивів поведінки для досягнення особистих цілей і цілей організації.

Стимулювання – вплив не на особистість як таку, а на зовнішні обставини за допомогою благ – стимулів, що спонукують працівника до певного поведінки.

Відмінність стимулів від мотивів полягає в тому, що стимули характеризують певні блага, а мотиви – прагнення людини одержати їх.

Ефективна оплата праці неможлива без оцінки досягнутих результатів. Які саме результати слід вважати значними, як правильно виміряти результати праці для того, щоб забезпечити пропорційний зв'язок між результатами праці і винагородою – найбільша складність при використанні на практиці різних форм і систем оплати праці.

Для оцінки праці персоналу дирекції залізничних перевезень у даній роботі пропонується методика сучасного дослідника у галузі управління працею Г.А.Дмитренка, яка базується на кваліметричній факторно – критеріальній моделі оцінки складності управлінських та інженерних робіт та економіко – математичній моделі трудового вкладу окремого працівника у спільні результати роботи.

Для виміру фактичної складності робіт спеціалістів і управлінців дирекції залізничних перевезень доцільно скористатися факторно – критеріальною моделлю, яка дозволяє зупинитися на наступних досить універсальних факторах складності праці фахівців різних категорій (посадових обов'язків): спеціалізації, самостійності виконання роботи, відповідальності (через масштаб керівництва), ступінь новизни, творчості робіт.

Моделю кваліметричній факторно – критеріальній оцінки складності робіт враховує вагомість факторів та значимість критеріїв (від 0,2 до 1,0).

Виходячи з організаційної структури управління дирекції залізничних перевезень було відібрано наступні посади: начальник, заступник начальника, начальники 6 відділів та 6 секторів, головний інженер, провідний інженер, інженер, інженер з охорони праці, старший інспектор, ревізор руху, головний бухгалтер, бухгалтер, провідний економіст, економіст, юрист-консультант. Для кожного працівника розраховано коефіцієнти і величину

загальної оцінки праці за алгоритмом моделі кваліметричної факторно – критеріальної оцінки.

Крім того, на наш погляд, потрібно враховувати коефіцієнт інтенсивності робіт, який можна визначити за спрощеною схемою:

- невисока інтенсивність робіт – 0,75;
- середня інтенсивність робіт – 1;
- висока інтенсивність робіт – 1,25.

За результатами розрахунків визначено коефіцієнти комплексної оцінки праці основних посад дирекції залізничних перевезень, наприклад, начальник дирекції – 1,025; начальники відділів – 0,825; начальники секторів – 0,775; провідні інженери відділів – 0,625; бухгалтер та економіст – 0,40.

Проте оцінка праці спеціалістів та службовців буде не повною без врахування вчасності виконання завдання та його якості. Тому, остаточно модель оцінки праці спеціалістів визначається з урахуванням коефіцієнтів витрат минулої праці та коефіцієнтів вчасності та якості виконання робіт.

З метою удосконалення мотивації і стимулювання праці керівників, фахівців та спеціалістів у роботі розроблено методичний підхід розподілу премії з використанням кваліметричної моделі оцінки складності робіт.

## ВИБІР ПРІОРИТЕТНИХ НАПРЯМІВ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Полішко Т.В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Polishko Tetiana. Selection of priority areas of innovative activity of railway transport.*

**Summary.** *In the conditions of market transformation of the economy of Ukraine, the key strategy of state policy is the transition to an innovative path of development of the country. Innovative activities in railway transport are aimed at the introduction of information technology, renewal of rolling stock and infrastructure, the creation of modern transport and logistics systems, new types of passenger service, energy efficiency and the introduction of resource-saving technologies.*

Залізничний транспорт відіграє важливу роль у забезпеченні соціально-економічного розвитку країни. В умовах ринкової трансформації економіки України ключовою стратегією державної політики стає перехід на інноваційний шлях розвитку країни. Отже, розвиток інноваційної діяльності має стати пріоритетним і для залізничного транспорту.

Інноваційна діяльність залізниць є складовою частиною економічної політики галузі. Вона передбачає формування стратегії, розробку інноваційних проектів та програм, удосконалення структури управління, впровадження енергозберігаючих та екологічно безпечних технологій, орієнтацію на потреби споживачів кінцевої транспортної продукції.

Інноваційна діяльність на залізничному транспорті спрямовується на впровадження інформаційних технологій, оновлення рухомого складу та об'єктів інфраструктури, створення сучасних транспортно-логістичних систем, нових видів сервісного обслуговування пасажирів, підвищення енергоефективності та впровадження ресурсозберігаючих технологій.

Інноваційні проекти мають бути зорієнтовані на проблеми формування та ефективного функціонування залізнично-транспортного комплексу, удосконалення тарифної політики, обґрунтування перспективних параметрів перевізного процесу та його технічних засобів, створення прогресивних технологій, вибір раціональної структури транспортної мережі, формування транспортних коридорів, розробку принципово нових систем управлін-

ня. Найбільш вагомим напрямком в розробці проектів є впровадження інформаційних технологій з метою створення єдиної системи комунікацій залізничного транспорту, яка буде інтегруватися в світову інформаційну мережу.

Для успішного здійснення інноваційної діяльності необхідно мати відповідні кадри, які мають здатність генерувати ідеї, оцінювати їх ефективність, володіють навичками впровадження інновацій, вміють професійно вирішувати поставлені завдання. Провідна роль відводиться розвитку наукових кадрів галузі і підтримці досліджень вітчизняних науковців, що займаються інноваційним розвитком транспорту.

Головними пріоритетами залізниць світу є швидкість і діджиталізація. Україна також проголосила ці напрямки діяльності пріоритетними, але поки що все зводиться лише до створення сайту і мобільного додатку для продажу квитків на поїзд.

У світі прогрес просунувся набагато далі сайтів, додатків і онлайн-комунікацій. У США, наприклад, курсують «розумні» локомотиви, обладнані мікропроцесорами, сенсорами, датчиками. Електронна техніка аналізує величезні масиви інформації, розраховує споживання пального і навіть допомагає передбачити поломки поїздів. Вже з'явилися «безпілотні» поїзди на пасажирських і вантажних перевезеннях в Дубаї, Ванкувері, Сінгапурі, Австралії. Для українських залізниць це поки недосяжна мрія.

Напрямки інноваційної діяльності залізниць визначаються економічною політикою галузі, а саме необхідністю технічного переоснащення галузі, забезпечення високотехнологічним рухомим складом, удосконаленням технології організації перевезень на основі впровадження автоматизованих систем керування рухом поїздів.

Найбільш вагомими напрямками інноваційної діяльності на залізничному транспорті ми вважаємо наступні:

- розвиток транспортної інфраструктури, модернізація та створення нових більш потужних та економічних локомотивів, вантажних вагонів великої місткості та пасажирських вагонів підвищеної комфортності;
- модернізація ліній, які обмежують пропускну спроможність і швидкість руху,
- створення стрілочних переводів, рейок і скріплень нового покоління;
- впровадження в перевізний процес інформаційних технологій та логістичних принципів транспортування;
- застосування автоматизованої системи обробки даних щодо місця знаходження рухомого складу;
- розробка і впровадження супутникових технологій;
- удосконалення засобів сигналізації, централізації, блокування та зв'язку і т. ін.

Таким чином стратегічним завданням інноваційної політики є створення конкурентоспроможних транспортних послуг як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Успіх реалізації інноваційної політики гарантується при дотриманні інтересів всіх учасників процесу, в тому числі й інвесторів, які забезпечують фінансову підтримку інноваційних проектів.

## РОЗВИТОК ТРУДОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІДПРИЄМСТВ АВІАЦІЙНОЇ ГАЛУЗІ

Головкова Л.С., Трубай Ю.С.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Golovkova Liudmyla, Trubay Yurii. Development of labor potential of aviation industry enterprises.*

**Summary.** *At the present stage, the development of the country's aviation industry is hampered by such factors as lack of financial and legislative support from the state, total depreciation of fixed assets, deep personnel crisis, limited own financial resources, insufficient mod-*

*ern innovation, very low level of digitalization. industries, tough conditions of competition in the world market, etc. This necessitates the implementation of strategic and tactical actions aimed at establishing an effective mechanism for managing the strategic development of the enterprise in the direction of prioritizing innovative strategies and shifts towards product, technological and managerial innovations, increasing the value of the enterprise to attract innovative resources, technological breakthrough and significant renewal and reformatting of labor potential. The strategic objectives of the country's aviation manufacturing enterprises are to restore and strengthen the processes of labor potential formation, strengthen by the end of 2023 the key personnel positions of enterprises that will be able to contribute to the effective development and competitiveness of enterprises in the global space.*

Авіаційна промисловість є однією з стратегічних галузей в сучасному міжнародному поділі праці, який перебуває під впливом глобальних тенденції інноваційного розвитку. Однак, існує низка факторів, що стримують розвиток виробничих підприємств авіаційної промисловості країни, серед яких: відсутність фінансової і законодавчої підтримки з боку держави, тотальна зношеність основних фондів, глибока кадрова криза, обмеженість власних фінансових ресурсів підприємств, недостатній обсяг впроваджених сучасних інноваційних розробок, дуже низький рівень цифровізації галузі, жорсткі умови конкуренції на світовому ринку тощо. Саме це обумовлює необхідність реалізації стратегічних та тактичних дій, спрямованих на налагодження дієвого механізму управління стратегічним розвитком підприємства в напрямку надання пріоритетності інноваційним стратегіям і змінам акцентів в бік продуктових, технологічних та управлінських інновацій, нарощування стратегічного економічного потенціалу й орієнтації генеральної стратегії на підвищення вартості підприємства з метою залучення інноваційних ресурсів, технологічного прориву та суттєвого кадрового оновлення й переформатування трудового потенціалу.

Доцільно зазначити, що в поточному періоді кадрова політика авіаційних виробничих підприємств спрямована на функціонування підприємства в обмеженому виробничому режимі. Такий метод організації роботи частково виправданий, оскільки дозволяє зосереджувати матеріальні, економічні, комунальні та трудові ресурси підприємства на ділянках виробництва, безпосередньо залучених в даний момент для робіт з виконання договірних зобов'язань. Так, на кінець 2020 року відсоток робітників по категоріям, які працюють у режимі простою склав 42 %, з них: 20 % робітники, 47 % -інженерно-технічні працівники.

Скасування повного режиму роботи авіаційних виробничих підприємств країни (тобто «скрите безробіття»), простої більшості виробничих потужностей підприємств та обладнання, низька заробітна плата та довготривала відсутність мотивації працівників призвели до значного зменшення чисельного складу трудового колективу авіаційних підприємств, значного зниження якості трудового потенціалу. Так, за період з 2011 – 2020 рр. кількість робочих і фахівців скоротилася більше ніж в 2,6 рази. Це суттєво вплинуло на зниження кваліфікаційного рівня та збільшення середнього віку працівників виробничих, інженерно-технічних, конструкторських, маркетингових служб, що в свою чергу призвело до погіршення якості трудового потенціалу та суттєвого зниження ефективності діяльності підприємств, значного зменшення обсягів замовлень, збільшення термінів виконання робіт.

В результаті аналізу виявлено, що саме відсоток основних виробничих робітників до штатної чисельності складає у середньому 30 %, у тому числі: основні робочі з відрядною оплатою праці, категорії 1 – 22 %; допоміжні робочі, категорії 2 – 37 %; основні робочі з погодинною оплатою праці, кат. 9 – 38 %; інженерно-технічні працівники, кат. 3/4/5 – 49 %; охорона, кат.7 – 63 %; філіали (КМЗ, Тора, ЧТЗ) –48 %. При цьому співвідношенні за всіма категоріями, тобто середній відсоток наявності робітників на 31.12.2020 р. склав 43 %.

Щодо показників співвідношення фактичного середнього розряду робіт і розряду працівників, а також середнього віку працівників склалася наступна тенденція: 1) середній розряд відрядних робіт з літакової продукції становить 3,9; середній розряд почасових робіт – 4,85. У 2020 році середній розряд робітників з погодинною оплатою дорівнює 4,81, що нижче розряду робіт. Така тенденція зменшення кваліфікації спостерігається також і по робочим відрядникам. 2) середній вік робітників на 31.12.2020 р. по категоріям значно перевищує нормативні показники. По категорії фахівців середній вік перевищив пенсійний вік, по іншим категоріям наближається до нього.

З метою відновлення трудового потенціалу авіаційних виробничих підприємств як стратегічних об'єктів держави потрібно здійснити:

1. Зміцнення трудового потенціалу, в першу чергу шляхом залучення виробничих робітників за рахунок цільового матеріального стимулювання, тісного співробітництва з вищими навчальними закладами, системою профтехосвіти, службами зайнятості тощо щодо цілеспрямованої підготовки та залучення фахівців усіх рівнів.

2. Оптимізація та підвищення якості і професійності управлінського персоналу.

3. Впровадження сучасних інформаційних систем управління бізнес-процесами, формування системи контролінгу на авіаційних виробничих підприємствах.

4. Формування соціальних стандартів на підприємстві.

5. Формування та впровадження системи корпоративної культури.

6. Залучення професійних, ініціативних та креативних співробітників до управління і розвитку підприємств шляхом організації системи зворотного зв'язку.

7. Формування кадрового резерву на управлінські посади.

8. Розвиток системи заходи щодо підвищення кваліфікації управлінського, інженерно-технічного персоналу та інших співробітників.

Для реалізації планів щодо формування та залучення висококваліфікованого персоналу відповідно стратегії розвитку трудового потенціалу ХДАВП за категоріями працівників, доцільно запровадити комплекс організаційних заходів, а саме:

провести внутрішню атестацію кадрів в кожному структурному підрозділі підприємства з урахуванням професійної майстерності (якості) працівників, рівня завантаженості по роботі, віку і стану здоров'я. З метою своєчасного і якісного виконання планових завдань, керівникам підрозділів доцільно розробити дієві заходи, які спрямовані на оптимізацію чисельності персоналу з урахуванням набору, навчання, підвищення кваліфікації, освоєння суміжних професій, розширення можливих зон обслуговування;

запровадити постійну цілеспрямовану роботу з ліцеями, коледжами та технікумами щодо залучення найкращих випускників для оновлення робочих посад та посад для роботи в агрегатному виробництві з професій "слюсар-складальник, складальник-клепальник";

провести поглиблений аналіз складу основних виробничих робітників, які звільнилися з підприємства на етапах кризи, запровадити роботу по поверненню їх на підприємство;

здійснити аналіз інженерно-технічних працівників підприємства, які працювали на робочих посадах, з метою залучення їх в основному виробництві та реалізації взаємозамінності (поєднання) професій для усунення гостродефіцитних робочих вакансій.

З метою підвищення якості підготовки фахівців для авіаційної галузі доцільно забезпечити постійну взаємодію з вищими навчальними закладами стосовно удосконалення освітніх програм, участі у Радах роботодавців, надання можливостей проходження виробничих практик на підприємствах студентам, а викладачам навчальних закладів можливості стажування. Для підвищення престижності професій основних робітників впровадити щорічне проведення технічних олімпіад для молодих співробітників.

Доцільно підсумувати, що найактуальнішими стратегічними завданнями авіаційних виробничих підприємств країни на сучасному етапі є відновлення і посилення процесів формування трудового потенціалу, зміцнення до початку 2024 року ключових кадрових

позицій підприємств за рахунок формування трудових ресурсів, які за своїми кваліфікаційними та професійними якостями зможуть сприяти ефективному розвитку та підвищенню конкурентоспроможності підприємств в глобальному просторі.

## НАПРЯМИ ЕФЕКТИВНОЇ АДАПТАЦІЇ НОВОПРИЙНЯТИХ ПРАЦІВНИКІВ В УМОВАХ КАРАНТИННИХ ОБМЕЖЕНЬ

Груздєв О.В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Hruzdiev Oleksii. Directions of effective adaptation of new employees in the conditions of quarantine restrictions.*

**Summary.** *The author has developed a system of onboarding at the enterprise, which includes the following mandatory elements: information, resource, psychological, material support, as well as monitoring the process of adaptation of new employees, analysis of indicators obtained by monitoring the process of adaptation of new employees, development of specific tasks adaptation of beginners if necessary. The final stage of an optimally built onboarding system at the enterprise is to control the process of adaptation of new employees at different levels of management, from the immediate supervisor of the newly appointed employee to the head of human resources and even senior management.*

Пошук нової роботи внаслідок скорочення і як наслідок, адаптація на новому робочому місці є доволі поширеною проблемою сучасного покоління, адже внаслідок пандемії COVID-19 багато людей втратили роботу повністю або частково, внаслідок чого вимушені змінювати вже звичне виробниче середовище.

В умовах дистанційної роботи максимум, на що може розраховувати новоприйнятий працівник – це на телефонні дзвінки із керівництвом та колегами, а також на періодичні онлайн наради. В таких умовах новачки отримують замало можливостей для соціального залучення до нової організаційної структури та налагодження значущих зв'язків.

Вимоги до соціального дистанціювання внаслідок пандемії коронавірусу призвели до того, що дуже велика кількість працівників у різних сферах працюють в дистанційному режимі. В результаті завдання навіть середньої важкості може здаватися занадто важким та неможливим для виконання, в тому числі внаслідок відсутності можливості спитати поради у наставника чи колеги чи безпосереднього керівника. Відсутність зворотного зв'язку викликають у новоприйнятих працівників стурбованість щодо ефективності їхньої роботи. Внаслідок чого новачки можуть звільнятися упродовж першого кварталу після отримання нової роботи, так і не знайшовши підтримки у новій організації.

Адаптація працівників на підприємстві є доволі актуальною проблемою, адже саме від того, наскільки швидко і в повному обсязі новий робітник узнає усі нюанси праці на конкретному робочому місці, на наш погляд, напругу залежить його психологічна стабільність і як наслідок, продуктивність праці.

Процес найму нових працівників вважається достатньо фінансово витратним видом діяльності, адже новобранці повинні пройти так звану «криву навчання» (при чому у кожного індивідуума вона є індивідуальною за тривалістю), перш ніж стати продуктивними. Деякі експерти припускають, що може пройти від 6 до 12 місяців, перш ніж новопризначені працівники приносять користь підприємству. Дослідження показують, що перші 90 днів мають вирішальне значення і визначають успіх новачка в його роботі, тому цілком обґрунтовано деякі науковці вважають, що саме в цей період повинні бути проведені ключові заходи з адаптації новобранців. Так звана «затримка продуктивності» залежить не тільки від технічних навичок та знань новобранців, а й від нетехнічних навичок.



Включення в колектив є процесом інтеграції новоприйнятих працівників та перетворення їх із «сторонніх» у продуктивних членів організації. Соціалізація передбачає передачу знань, навичок, правил та ознайомлення з організаційною структурою підприємства та трудовим колективом. З точки зору «соціальних знань та навичок», потрібно зосередити особливу увагу на трьох типах діяльності: організація; навчання; підтримка.

Потрібно враховувати, що приєднання до нового робочого місця пов'язане зі значним стресом та численними переживаннями для новоприбулого, ці фактори можуть заважати йому стати продуктивним. Програми орієнтації повинні включати методи, орієнтовані на зменшення стресу та охоплювати наступні сфери: 1) умови працевлаштування, 2) охорона здоров'я, безпека, правові питання та 3) історія, культура та цінності організації.

Підприємству потрібно налагодити ефективні кроки задля покращення досвіду новоприйнятих працівників. Якщо цей досвід виявиться позитивним, то новачки почуватимуться комфортно і впевнено робитимуть свою роботу.

В такий складний період для самих організацій, коли їм потрібно вижити в нелегких нових сучасних умовах, менеджерам потрібно застосовувати перевірені досвідом, ефективно працюючі стратегії адаптації нових співробітників. На наш погляд, в умовах дистанційної роботи обов'язково потрібно до новоприйнятого працівника підключати позитивно налаштованого, авторитетного, компетентного наставника.

Організаційна соціалізація – це саме той інструмент, що допомагає новачку змінити статус аутсайдера на інсайдера організації.

Ефективна підтримка нових членів команди вдвічі важливіша, коли новачки приєднуються до організації під час змін та стресу, наприклад, під час пандемії COVID-19. В процесі адаптації новачка потрібно пам'ятати про наступні аспекти: повноту інформації, не перевантаження інформацією за короткий проміжок часу, намагатися бути із ним на зв'язку, коли у нього буде така потреба. Крім того, не давайте новачку одразу складне завдання, почніть із декількох простих.

На наш погляд, ефективним інструментом оцінювання рівня адаптації нових кадрів в усталений колектив може стати анонімне анкетування нових працівників впродовж різних періодів після їхнього працевлаштування, наприклад, через тиждень, місяць, півроку. Дане дослідження дозволить виявити динаміку адаптації нових працівників в трудові колективи задля виявлення слабких та сильних сторін системи адаптації працівників на конкретному підприємстві, а також сформулювати базу співробітників, які бажають бути наставниками для нових працівників.

Створення успішної програми вбудовування є ключовою складовою стратегії управління та збереження талантів будь-якої організації.

Перехід, який проходять нові працівники, щоб стати повноцінно функціонуючим працівником, не є сукупністю окремих кроків. Швидше, це безперервний процес, який починається з орієнтації та навчання та досягається завдяки безперервній системі надання підтримки та зворотного зв'язку новоприбулому.

Наскільки вдало та швидко буде сформовано колектив, здатний виконувати поставлені завдання, напряму залежатиме від організації вмілого процесу онбордингу на підприємстві. На наш погляд, ефективними інструментами процесу адаптації працівників на підприємстві можуть стати ряд цілеспрямованих заходів, що включатимуть комплекс дій, починаючи від створення бази досвідчених наставників до розробки «Карт досвіду» та постійного моніторингу рівня задоволеності роботи на підприємстві не тільки новачків, а й досвідчених фахівців.

Основні фактори, що забезпечать успішну адаптацію нового працівника, на наш погляд, наступні: формування достатньої бази знань про організацію, налагодження соціальних зв'язків із колегами, високий рівень добробуту працівників.

## СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМКИ АНТИКРИЗОВОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ПАСАЖИРСЬКИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Чаркіна Т.Ю., Казирод Г.Ю., Федоренко Н. В.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна.

*Charkina Tetiana, Kazirod Hlib, Fedorenko Nataliia. Strategic directions of anti-crisis management of passenger railway transportation.*

**Summary.** *In the conditions of catastrophic decline in rail transport due to quarantine restrictions, increasing the competitiveness of road transport and reducing the image of railways for passengers, the authors to return the railways to their former strength propose to introduce modern effective anti-crisis strategies.*

Як показує аналіз діяльності пасажирських перевезень за останні 20 років залізничний пасажирський транспорт поступово втрачає свої позиції на ринку транспортних послуг. Його основний конкурент – автомобільний транспорт, який значно збільшив обсяг своїх перевезень. Наразі до економічної кризи додалась криза коронавірусу та введення карантинних заходів. Все це ще більше спричинило збитків пасажирському господарству залізничного транспорту та продовжує спричиняти далі.

У країнах Євросоюзу залізничні пасажирські перевезення, на відміну від України, користуються значним попитом, їх тенденція розвитку росте, а високошвидкісний рух значно збільшує обсяги перевезень.

Дуже повільно керівництво Укрзалізниці вводить зміни, які сприятимуть підвищенню конкурентоспроможності пасажирських перевезень в Україні. Щоб повернути втрачений сегмент ринку, який мала залізниця раніше, потрібно запровадити нові напрямки розвитку пасажирського господарства залізничного транспорту. Вирішення цього питання неможливо без впровадження стратегій, заходів антикризового менеджменту та інноваційних проєктів.

Потрібно визначити основні напрямки антикризового менеджменту пасажирського комплексу, це:

- запровадження високошвидкісного руху;
- запровадження мультимодальних пасажирських перевезень;
- запровадження транспортних пересадочних вузлів – ХАБів;
- введення єдиного транспортного квитка;
- розвиток залізничного туризму;
- підвищення якості та спектру послуг залізничних пасажирських перевезень;
- підвищення сервісу та індивідуального підходу до залізничних пасажирських перевезень;

цифровізація бізнес-процесів у пасажирському господарстві.

Поява швидкісного руху створить потужну конкуренцію автомобільному транспорту, тому що доїхати з Дніпра до Києва трохи більше чим за 2 години, це можливість економії, здоров'я, нервів та часу, а для ділової людини це дуже важливо.

Запровадження мультимодальних пасажирських перевезень це же одна можливість використати конкурентні переваги кожного виду транспорту та зробити поїдку пасажирів більш комфортною, а перевезення ефективними.

Для цього нам потрібно створити ХАБи у великих містах з розвинутою інфраструктурою та великим пасажиропотоком. Цей транспортний вузол дозволить поєднати перевезення різних типів, збільшити сервіс надання послуг та зекономить час знаходження у дорозі під час відпустки або ділової поїздки.

Можливість здійснення поїздки за єдиним квитком, у який увійдуть всі види транспорту, та надання послуги за індивідуальним підходом до кожного пасажирів. А ще впровадження додаткових акцій впровадження бонусного квитка, та економія грошей кожного споживача послуг.

Ще одним з напрямків розвитку є залізничний туризм, який у всіх країнах світу приносить великі прибутки власникам бізнесу та державі. Правильно визначені напрямки подорожей, організація маршрутів за класами поїздів: «комфорт», «економ», «стандарт», – все це допоможе індивідуально підійти до кожного та надати послугу якісно та комфортно.

Цифровізація процесів пасажирських перевезень необхідна для надання якісних послуг більшої кількості пасажирів. Крім того, люди стали більше зв'язані між собою єдиним цифровим простором, це нова можливість утворення нових моделей управління, можливість швидкості прийняття рішень та глобальних позитивних зрушень щодо ведення транспортно-логістичного бізнесу.

Всі ці напрямки розвитку пасажирських перевезень ще одна можливість повернути втрачені позиції на ринку транспортних послуг та підвищення конкурентоспроможності залізничних пасажирських перевезень.

## НАПРЯМКИ УПРАВЛІННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЮ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Чаркіна Т.Ю., Панін Д. Д., Наволочка В.О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна.

*Charkina Tetiana, Panin Denys, Navolochka Valeriia. Directions of competitiveness management railway passenger transportation.*

**Summary.** *In the context of declining rail passenger traffic due to the constraints caused by the coronavirus pandemic, passenger management must develop and propose anti-crisis strategies for railway survival in difficult conditions. The passenger industry needs to implement innovative technologies, digital technologies, organizational change and adapt quickly to the changing environment.*

*To maintain this level of development and management, it is necessary to introduce methods and mechanisms for overcoming the crisis of the passenger complex of railway transport. One such method of increasing the competitiveness of passenger traffic is reengineering.*

Для того щоб залізничні пасажирські перевезення мали попит, та були конкурентоспроможні на транспортному ринку, вони повинні бути на високотехнологічному рівні, максимально задовольняти запитам пасажирів та враховувати їх індивідуальні потреби кожного споживача послуг. Окрім того, пасажирська галузь повинна впроваджувати інноваційні технології, цифрові технології, організаційні зміни та швидко пристосовуватися до мінливого зовнішнього середовища.

Для підтримки такого рівня необхідно запровадити методи та механізми виведення з кризи пасажирського комплексу залізничного транспорту. Одним з таких методів підвищення конкурентоспроможності пасажирських перевезень є реінжиніринг.

Реінжиніринг є фундаментальним переосмисленням і радикальним перепроєктуванням бізнес-процесів для досягнення вагомих покращень у таких ключових для сучасного бізнесу показниках результативності, як витрати, якість, рівень обслуговування та оперативність.

Це виживання в екстремальній ситуації, реінжиніринг може дати істотне скорочення витрат, перехід на якісно новий технологічний рівень, впровадження інновацій та нововведень.

Для пасажирської галузі потрібно запровадити «кардинальний» реінжиніринг, він доцільний, коли потрібно досягти різкого (стрибкоподібного) поліпшення показників діяльності компанії шляхом заміни старих методів управління новими.

Пасажирські перевезення довгий час знаходяться у критичному стані: зниження попиту на залізничні перевезення, різке зниження доходу, високий знос рухомого складу, нестача вагонів нового покоління, високі витрати на перевезення, соціальна направленість перевезень, тому за допомогою реінжинірингу потрібно ввести нові методи управління пасажирськими перевезеннями. До кардинального реінжинірингу пасажирських перевезень залізничного транспорту можна віднести: введення мультимодальних перевезень різними видами пасажирського транспорту, створення у великих містах транспортних пасажирських ХАБів, розробка системи мотиваційного механізму для працівників галузі, розбудову автоматизованої системи управління перевезеннями.

Ще одним напрямком підвищення конкурентоспроможності пасажирських перевезень може бути HR менеджмент. HRM (human resources management, управління персоналом) - область знань і практичної діяльності, спрямована на залучення в організацію кваліфікованого персоналу, здатного виконувати покладені на нього обов'язки, і оптимальне його використання. І головне персонал, це ті люди, які приводять компанію до успішної діяльності.

Для залізничного транспорту, особливо в умовах кризи, дуже важливо мати кваліфікований персонал, який сумлінно працює, має задоволення від своєї роботи, має гарні стосунки з працівниками, оптимістичні та доброзичливі, які мають потребу обучатися та розвиватися.

Місія спеціаліста з управління персоналом на конкурентному ринку послуг – нарощування високого рівню кадрового потенціалу організації з метою реалізації її цілей та стратегій. Високі здібності людей створюють конкурентні переваги організації, за допомогою яких вона займає переможні позиції на ринку. Менеджер з управління персоналом виконує два стратегічних завдання:

- створювати конкурентні переваги фірми шляхом підвищення рівня відповідальності її працівників, використовуючи для цього засоби управління корпоративною культурою. Для цього використовують семінари, форуми, фокус-групи, круглі столи, рекламні кампанії, тощо;

- забезпечувати конкурентні переваги фірми шляхом нарощення її людського потенціалу, одночасно підтримуючи ріст професійної компетентності працівників. Розвиток людських здібностей, централізація на рівні професійної компетентності працівників стає центральною проблемою керівників компанії.

Висококваліфіковані кадри, це рідкість, яку треба цінити. Плинність висококваліфікованих кадрів несе збитки будь-якій організації. Утримання персоналу є головним завданням майже кожної організації, і легко зрозуміти, чому - втрата співробітників може означати втрату цінних організаційних знань, зниження морального духу у інших членів колективу і зниження продуктивності.

Окрім того, щоб удержати цінні для організації кадри, повинна бути розроблена система мотиваційного механізму для працівників залізничної галузі. Спеціаліст завжди хоче, щоб його цінили, отримувати окрім задоволення своєю працею, якусь винагороду та моральне заохочення. Тому система винагороди та бонусів стимулюватиме таких робітників.

А пасажирська компанія окрім того, що буде мати якісне управління персоналом та додаткові доходи від їх праці, буде підвищувати свою конкурентоспроможність за рахунок конкурентних переваг компанії та розширювати свій сегмент ринку.

## РОЗВИТОК МІЖНАРОДНОГО РИНКУ ТУРИСТИЧНИХ ПОСЛУГ В УМОВАХ ПАНДЕМІЇ

Задоя В. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Zadoia Viacheslav. Development of the international market of tourist services in the conditions of a pandemic.*

**Summary.** *This article analyzes the dynamics of international arrivals in the pre-crisis period and during the COVID-19 pandemic. The flows of tourists to different regions of the world are considered. The relative shares of tourist destinations with complete closure of borders by region in 2020 during the COVID-19 epidemic are analyzed. The main trends of the tourism sector during the pandemic are highlighted.*

Світ неодноразово вже зазнавав різноманітних глобальних карантинних заходів внаслідок масових захворювань населення, але ситуація, що склалась на сьогоднішній день не схожа на ті, з якими людство раніше вже зустрічалося.

Туристичний бізнес - є однією з галузей економіки, що залежить від різноманітних санітарних обмежень. Природа туризму така, що він одночасно є і розповсюджувачем хвороби, і відчуває її вплив на всіх етапах свого виробничого циклу. Зрозуміло, що карантин, глобальні обмеження мобільності та ізоляція регіонів призвели до глибокої кризи міжнародного та внутрішнього туризму.

Крім того постраждали пов'язані з туризмом інші сектори економіки - транспорт, готельний, ресторанний бізнесу, сфера обслуговування і т. ін. Уряди країн намагаються знайти шляхи компенсації втрат доходів, які необхідні для фінансування державних послуг, включаючи соціальну сферу і захист навколишнього середовища, і дотримання термінів погашення боргових зобов'язань.

Прогнозування подальшого розвитку туризму в умовах пандемії є однією з важливих задач маркетингологів та аналітиків всього світу.

Пандемія, спричинена поширенням коронавірусної інфекції COVID-19, і пов'язані з нею обмежувальні заходи завдали нищівного удару не тільки туристичній галузі, а і взагалі, глобальному економічному простору. Згідно опублікованих даних американського Університету Джонса Хопкінса, станом на 20 грудня 2020 року, в ході пандемії було зареєстровано понад 77,1 млн випадків захворювання по всьому світу; більше 1,698 млн осіб померло і більш 54,02 млн видужало.

Швидке розповсюдження вірусу і висока ступінь захворюваності населення не дали змогу підготувати економіку країн, розробити низку «запобіжників» стрімкого падіння темпів її розвитку. За публікацією Всесвітньої туристичної організації (UNWTO) за перші вісім місяців 2020 р. в порівнянні з аналогічним періодом 2019 р. прибуток від міжнародного туризму впав на 730 млрд доларів США, що увосьмеро перевищує показник часів економічної кризи у 2009-го року. Також зазначається, що цьогорічний туристичний потік за перші 8 місяців впав на 70 %, або на 700 млн туристів в порівнянні з 2019 роком.

В порівнянні до аналогічного періоду 2019 року протягом січня – вересня 2020 року зменшення кількості туристів за регіонами наступне: Азіатсько-Тихоокеанський регіон – 79 %; Африка й Близький Схід – по 69 %; Європа – 68 %; Американський регіон – 65 %.

Зважаючи на той факт, що туристична галузь, особливо міжнародний туризм завжди виступав однією із рушійних сил, як міжнародної, так і регіональної економіки, впливаючи на життєві показники кожного члена суспільства, відповідно стабілізація туристичної системи набуває стратегічного значення.

Якщо ж проаналізувати статистику розвитку туристичної системи починаючи із середини минулого століття, то можливо відслідкувати наступні тенденції впливу на світову економіку.

Таблиця 1

Міжнародні туристські поїздки по регіонам світу в період 1950–2020 рр.

Регіон	1950	1990	2000	2020
Туристські поїздки по світу, млн., в тому числі (в %):	25,3	439,5	687,0	1401
Європа	66,3	60,4	57,1	51,0
Америка	29,6	21,1	18,6	15,0
Азіатсько-Тихоокеанський регіон	0,8	12,8	16,8	25,0
Африка	2,4	3,5	4,0	5,0
Близький Схід	0,8	2,2	3,5	4,0

Спостерігається стрімке зростання туристичних поїздок протягом майже семи десятиріч років (таблиця 1) спричинене багатьма факторами, як технологічного характеру (розвиток швидкості, якості і доступності транспортної мережі, поява сучасних засобів комунікації) так і економічного (утворення лоукост-авіакомпаній, підвищення добробуту та купівельної спроможності населення, взагалі глобальна зміна образу життя людей).

Науковці ДНУЗТ вважають, що туризм взагалі є засобом розширення життєвого простору людини і впливає не тільки на життєві функції кожного громадянина, але й рівня життя країни в цілому. Пропонується розглядати розвиток залізничного туризму, як новий інноваційний проект, що дозволить: розвинути туристичну інфраструктуру України та залучити до неї вітчизняних та закордонних туристів; поповнити державні та місцеві бюджети за рахунок туристів, які будуть залишатися в Україні, а не виїжджати в інші країни світу; створити нові робочі місця для населення та підвищити їх прожитковий рівень.

Також пропонується шляхом розвитку внутрішнього туризму підвищити доходність залізничних пасажирських перевезень компанії Укрзалізниця, яка в свою чергу, виступає однією із бюджетоутворюючих галузей країни. Обґрунтовуються шляхи розвитку залізничного туризму як додаткового джерела доходів, та визначаються, які потрібно ініціювати зміни на законодавчому рівні у напрямку залучення вітчизняних та іноземних інвестицій.

## МОДЕЛЬ КОРПОРАТИВНИХ КОМПЕТЕНЦІЙ АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ»

Чернова Н. С. \*, Чернов Д. М. \*\*

\* Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна, \*\* Акціонерне товариство «Українська залізниця»

*Chernova Nataliia, Chernov Dmytro. Corporate competence model JCS «Ukrzaliznytsia».*

**Summary.** *The work was performed as part of the large-scale transformation that is taking place in JCS «Ukrzaliznytsia». The main value of the company is its personnel. The model describes and defines the competencies that are necessary for the effective performance of work by employees, in order to achieve short-term and strategic goals.*

Сьогодні бізнес вже досить непогано вміє втілювати в життя зміни. Але здійснити посправжньому масштабну трансформацію – набагато складніше. Хоча саме такі зміни можуть допомогти бізнесу перейти на новий рівень прибутковості чи завоювати іноземні ринки.

Трансформацію компанії неможливо здійснити, не маючи великої ідеї (цінності). Можна втілити в життя певні зміни, пов'язані з ефективністю, бізнес-процесами, командою – але вони не будуть максимальними за своїм масштабом.

Так, в акціонерному товаристві «Українська залізниця» (далі – Товариство) наразі відбувається наймасштабніша трансформація в усіх сферах діяльності і розвиток персоналу – один з пріоритетних напрямків.

Найбільша цінність кожної компанії – її працівники. Кожен працівник має чітко розуміти, які знання, практичні навички та поведінка потрібні для того, щоб рухати компанію вперед. Важлива роль у політиці управління персоналом відводиться Моделі компетенцій.

Модель компетенцій – це модель, що описує та визначає компетенції, які необхідні для ефективного виконання робіт працівниками, з метою досягнення короткострокових та стратегічних цілей.

Компетенція – це поведінка працівника, яка демонструє наявні в нього знання і навички, особистісні якості та мотивацію, що дозволяють працівнику успішно реалізовувати поставлені завдання та досягати очікуваних результатів. Компетенції допомагають керівнику визначити відповідність кандидата вакантній посаді, керувати процесами розвитку підлеглих на поточній посаді та на вищих посадах, відбирати та просувати керівників з необхідними професійними та управлінськими якостями. Працівнику компетенції допомагають чітко розуміти, яка робоча поведінка сприяє успішній реалізації поставлених завдань та досягненню очікуваного результату.

У 2020 році в Товаристві відповідно до затвердженої стратегії розвитку персоналу АТ «Укрзалізниця» було створено та впроваджено Модель корпоративних компетенцій.

Метою впровадження Моделі корпоративних компетенцій в Товаристві є:

- підвищення якості управління персоналом та процесами для досягнення очікуваних результатів і успішної реалізації стратегічних цілей Товариства;
- створення індивідуальних планів розвитку працівників для підвищення рівня експертизи та ключових компетенцій задля успішної реалізації цілей та задач посад;
- підвищення внутрішнього іміджу Товариства, підтримка розвитку корпоративної культури через надання працівникам прозорих можливостей для послідовного розвитку та кар'єрного зростання.

Для створення Моделі корпоративних компетенцій в Товаристві були проведені дослідження та інтерв'ю серед керівників Товариства різних рівнів. Також, під час інтерв'ю з функціональними директорами, директорами та керівниками регіональних філій, директорами філій, керівниками підрозділів апарату управління Товариства були зібрані приклади ефективної поведінки (критеріїв ефективності), визначені важливі особистісні та ділові якості, необхідні для досягнення цілей та завдань Товариства.

Створена Модель корпоративних компетенцій ґрунтується на цінностях Товариства.

Цінності компанії – це базовий елемент її корпоративної культури. Саме корпоративні цінності багато в чому визначають правила та норми поведінки, принципи виконання роботи, взаємодії з колегами та клієнтами. Від дотримання цінностей залежить результативність роботи усієї команди. Корпоративні цінності мають бути максимально зрозумілі кожному працівнику організації. Кожен працівник має розділяти цінності, керуватися ними у своїй практичній діяльності.

Було сформовано та визначено п'ять основних цінностей Товариства:

1. Ефективність та орієнтація на результати. Товариство ефективно у веденні бізнесу з фокусом на результати розвитку персоналу та підтримці економіки країни.
2. Якість. Компанія спрямована на високу якість надання послуг та управління.
3. Відповідальність. Піклування про працівників Товариства, партнерів та суспільство на засадах безумовного пріоритету безпеки при веденні діяльності, а також дотримання законодавства України та очікування, що всі працівники будуть керуватися такими самими принципами.
4. Єдність. Працівники Товариства працюють як єдина злагоджена команда для досягнення спільних цілей та результатів.

5. Відкритість та цілісність. Компанія прозора у прийнятті рішень та процесах, відкрита до широкого суспільного діалогу і взаємодії, та діє за принципами професійної та персональної етики.

Корпоративні компетенції – це очікування компанії відносно ділових та управлінських якостей працівників, необхідних для забезпечення реалізації цілей компанії та її стійкого розвитку відповідно до розробленої Стратегії. Кожна корпоративна компетенція розкривається у вигляді конкретних навичок, знань та мотивації конкретного працівника певного рівня. Усі корпоративні компетенції однаково важливі. При цьому, в залежності від специфіки посади конкретного працівника, одні компетенції будуть застосовуватися частіше за інші. Модель корпоративних компетенцій Товариства складається з 6 компетенцій, таких як: орієнтація на результат, професіоналізм, клієнтоорієнтовність, відповідальність, командність та лідерство, співробітництво та дотримання принципів та етики компанії, та має 4 рівні (3 управлінські рівні та 1 рівень неуправлінських посад):

1. Директори функціональні, директори регіональних філій.

2. Директор філії; заступник директора філії/регіональної філії; начальник/директор департаменту апарату Товариства; заступник начальника/директора департаменту апарату Товариства; начальник служби філії/регіональної філії; та прирівняні до цього рівня посади.

3. Начальник відділу; начальник виробничого підрозділу, в тому числі самостійних; заступник начальника виробничого підрозділу, в тому числі самостійних; менеджер; лінійний управлінський персонал; та прирівняні до цього рівня посади.

4. Спеціаліст та прирівняні до цього рівня посади.

Для всіх вищевказаних управлінських рівнів описи компетенцій та індикатори відповідні до тих компетенцій, якими повинні володіти керівники.

Впровадження моделі корпоративних компетенцій Товариства важливе насамперед у процеси управління персоналом, а саме: підбір персоналу, формування кадрового резерву, оцінка персоналу, розвиток та навчання персоналу.

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ІНВЕСТИЦІЙ В УМОВАХ ЕКОНОМІЧНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Бобиль В. В., Гненний О. М., Пивоварова Г. Б.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Bobyl Vladimir, Hnennyi Oleh, Pyvovarova Hanna. Evaluation of investment efficiency in conditions of economic uncertainty.*

**Summary.** *The specifics of determining the investment value of financial instruments depending on the level of economic risk are researched.*

Господарська діяльність підприємства як складної організаційної системи завжди характеризується певним ступенем економічної невизначеності. Залежно від виду діяльності підприємства, тривалості прогнозованого періоду, стану зовнішнього середовища та інших факторів, цей рівень може змінюватися, хоча існування економічної невизначеності об'єктивно визначається і неможливо повністю її усунути тим чи іншим чином. Особливо високий рівень економічної невизначеності притаманний інвестиційній діяльності, яка в основному характеризується тривалістю інвестиційних проектів, наявністю великої кількості факторів, що визначають кінцеві результати цих проектів, мінливістю цих результатів у часі, частковою незворотністю інвестиційного процесу тощо. Як результат, більшість підприємств постійно піддаються інвестиційному ризику у своїй інвестиційній діяльності, що розглядається насамперед як його негативна, але іманентна властивість.



Ефективне використання обмежених ресурсів вимагає прийняття інвестиційних рішень на базі певних критеріїв, як в умовах економічної невизначеності та ризику суттєво відрізняються від критеріїв для детермінованих умов. Тому, визначення ефективності вкладання капіталу у інвестиційні проекти або фінансові інструменти інвестування в сучасних умовах економічної невизначеності є актуальною проблемою, що потребує подальших досліджень.

У сучасній теорії оцінки ефективності існує два можливі шляхи врахування економічної невизначеності. Перший – це визначення показників ефективності та застосування відповідних критеріїв для певного базового сценарію інвестиційного проекту з врахуванням ризику шляхом коригування ставки дисконту на премію за ризику або (та) грошових потоків на ризикову складову. Другий – оцінка ефективності по всій множині можливих сценаріїв з визначення очікуваних показників ефективності і застосуванні відповідних критеріїв.

Проте застосування названих підходів оцінки ефективності боргових та пайових фінансових інструментів, а також реальних інвестиційних проектів, має принципову відмінність. Так, для боргових фінансових інструментів може бути встановлений однозначний зв'язок між рівнем ризику (вимірним, наприклад, як сума добутків можливих втрат зворотного грошового потоку та їх ймовірностей) та інвестиційною вартістю, а отже, і дохідністю (оскільки ринкова вартість інструмента відома). І це дозволяє у для обох названих підходів звести двокритеріальну (рівень дохідності, рівень ризику) задачу прийняття рішення щодо інвестування у борговий фінансовий інструмент до однокритеріальної (рівень дохідності з урахуванням ризику) без введення додаткового інтегрального критерію (наприклад, функції корисності). І, окрім іншого, дозволяє забезпечити певну однозначність оцінки економічної ефективності боргового фінансового інструменту за обома підходами.

Для пайових фінансових інструментів та реальних інвестиційних проектів такий однозначний зв'язок встановити не вдається. Хоча з математичної точки зору прийняття рішення на основі математичного сподівання є найбільш раціональним, а оцінка на базі врахування всієї множини можливих сценаріїв значно краще, ніж на базі одного сценарію, враховує наявну інформацію, відповідна оптимізаційна задача є, щонайменше, двокритеріальною. І у випадку застосування підходу, заснованого на врахуванні множини всіх можливих сценаріїв, не зводиться до однокритеріальної. І в цьому випадку рішення, прийняті на основі першого та другого підходів можуть бути принципово неоднозначні і не порівнянні. А це призводить до того, що рішення залежить не лише від суті наявної інформації, а, в значній мірі, визначається методом її обробки. Тобто, при виборі різних методів в одних і тих самих умовах можуть бути прийняті різні рішення.

І причина цього вбачається у тому, що для боргових та пайових фінансових інструментів, а також реальних інвестиційних проектів, принципово відрізняються прогнози зворотні грошові потоки.

Для боргового фінансового інструменту в точно відомий граничний (максимально можливий) зворотній грошовий потік, який відповідає умовам емісії. В умовах визначеності різниця між поточною вартістю саме цього потоку і ринковою вартістю інструменту відповідає NPV інвестицій в такий інструмент. В умовах економічної невизначеності NPV може бути виокремлено або за відповідним грошовим потоком та ставкою дисконту з премією за ризик, або як математичне сподівання NPV з урахуванням ймовірності отримання за ставкою дисконту без премії за ризик, тобто такою, що відповідає детермінованому випадку.

Прийняття рішень щодо інвестування у пайові фінансові інструменти або реальні інвестиційні проекти з точки зору врахування ризику принципово відрізняються від боргових цінних паперів тим, що прогнозний грошовий потік при оцінці ефективності за базовим сценарієм відповідає не максимально можливому рівню, а будується як математичне

сподівання або грошовий потік певного конкретного сценарію, як правило, помірно песимістичного. При цьому поточна вартість визначається за ставкою дисконту, яка враховує премію за ризик. За підходом очікуваної ефективності показник, наприклад NPV, визначається як математичне сподівання відповідних показників за сценаріями. При цьому ставка дисконту не повинна враховувати премію за ризик, оскільки ризик враховується ймовірностями сценаріїв. Тобто результат буде таким, як був би при визначенні показника за базовим сценарієм, який сформовано з математичних сподівань грошових потоків, але ставка дисконту взята без премії за ризик. При цьому для двох інструментів, які мають однакове математичне сподівання грошових потоків, але різний рівень їх варіації (що є певною мірою рівня ризику), результат визначення NPV за підходом очікуваних показників ефективності буде однаковий (це впливає з властивостей математичного сподівання). Звідси випливає, що рішення щодо інвестування у цьому випадку не може бути прийнято лише на підставі критерію ефективності за показником NPV. Тобто задача прийняття рішення залишається щонайменше двокритеріальною і однозначні співвідношення між ставкою дисконту з урахуванням премії за ризик і законом розподілу грошового потоку для пайових інструментів та реальних інвестиційних проектів не можуть бути встановлені.

Таким чином, для пайових фінансових інструментів та реальних інвестиційних проектів оптимізаційна задача вибору ефективного варіанта інвестування в умовах економічної невизначеності як однокритеріальна може бути вирішена лише шляхом врахування рівня ризику у складі ставки дисконту для конкретного базового сценарію. При цьому доцільно, щоб цей сценарій відповідав саме математичному сподіванню грошового потоку (за умови його відповідності взаємозв'язкам елементів грошового потоку) або був якомога ближчий до математичного сподівання, оскільки, у загальному випадку, розмір премії за ризик залежить від вибору конкретного сценарію.

## АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛІННЯ ЗМІНАМИ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В СФЕРІ ПАСАЖИНСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Матусевич О. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Matusevich Oleksii. Analysis of change management models for railway transport enterprises in the field of passenger transportation.*

**Summary.** *Various models of change management are analyzed, conclusions are made and proposals for the development of an author's model for railway transport enterprises in the field of passenger transportation are formulated.*

Потреба кожного підприємства в сучасних ринкових умовах своєчасно пристосовуватися до зовнішнього середовища з метою підтримки своєї конкурентоспроможності зобов'язує робити відповідні зміни через управління змінами. Актуальність цієї проблеми на залізничному транспорті показують дослідження вчених щодо питань підвищення ефективності діяльності підприємств, на основі яких створено багато моделей управління змінами. Позитивні та негативні сторони яких слід використовувати для розробки авторської моделі для підприємства відповідної сфери діяльності. На основі аналізу останніх досліджень і публікацій щодо різних моделей управління змінами виникає необхідність та цільове призначення управління змінами на підприємстві. Виникає необхідність у розробці моделі проведення змін на підприємстві залізничного транспорту в сфері пасажирських перевезень.

**Модель** – це описово представлений об’єкт, який є спрощеною версією модельованого об’єкту і який повторює властивості, суттєві для цілей конкретного моделювання. **Модель в науці** – це будь-який аналог якого-небудь процесу, об’єкта або явища. Слід пам’ятати, що на природу змін впливає специфіка галузі та ринку, на якому функціонує підприємство. Тому, у конкретних умовах існування кожне підприємство зобов’язано розробляти свою технологію управління змінами. Таким чином, будь-яка існуюча модель управління змінами не може бути використана підприємством в її початковому виді. Вони мають бути адаптовані до конкретної ситуації.

Серед відомих моделей управління організаційними змінами слід зазначити:

моделі К. Левіна «Розморожування – здійснення змін – заморожування», «Силове поле»; модель Майкла Біра і Нітіна Норія «Теорія Е і теорія О»; модель С. Н. Германа та Ф. Кругера «Айсберг»; модель Джона Коттера «8 сил»; біокорпоративна модель Ф. Ж. Гуїєра та Дж. Н. Келлі «Перетворення бізнесу»; модель Д. Лінка «Діагностика, проектування і здійснення»; модель Р. Ліппіта, Дж. Уатсона, Б. Уестлі «Планованих змін».

Згідно теорії організаційних змін К. Левіна дві групи сил, що сприяють і протидіють змінам, протистоять одна одній. З поняттям «стабільність» зіставляється поняття «зміни». Підприємство буде мати стабільний стан коли вищезазначені групи сил рівні. У такому разі ніяких змін не відбувається. Модель управління організаційними змінами згідно К. Левіна – це трьохетапний процес: «розморожування» – висновок підприємства з її його поточного стану; «здійснення змін» – проведення бажаних змін; «заморожування» – закріплення нового досягнення.

*Перевагами* цієї моделі є те, що вона може бути основою для розробки нових моделей, а *недоліком* – застарілість цієї моделі, а також відсутність детального алгоритму проведення змін. *Перевага* другої моделі К. Левіна «Силове поле»: при формуванні програми змін враховується фактор ринку як головний. *Недолік*: відсутність поділу факторів на внутрішні і зовнішні. Враховуються тільки фактори, які гальмують та сприяють проведенню змін.

Модель Майкла Біра і Нітіна Норія «Теорія Е і теорія О». Теорія **Е** виходить з позиції ефективного досягнення фінансових цілей, збільшення прибутку. Об’єктом змін є структура та системи із застосуванням планованих та програмованих змін. Теорія **О** розглядає підприємство як систему, що саморозвивається з орієнтацією на організаційну культуру із застосуванням спонтанних змін. *Перевагою* цієї моделі є можливість комбінування «жорстких» і «м’яких» методів управління з метою досягнення максимального ефекту. *Недолік* – залежність від наявності найбільш талановитих та підготовлених лідерів, комбінація методів може призвести до повного провалу. Краще застосовувати або один або інший метод у «чистому» виді.

Модель С. Н. Германа та Ф. Кругера «Айсберг» відображає елементи «м’яких» та «жорстких» сфер організаційного життя. Жорсткі сфери організаційного життя перебувають на поверхні. Тому легше їх спостерігати та управлятися ними. В свою чергу, м’які сфери відображають підводну частину. Тому вони важко піддаються управлінню. Основа айсберга знаходиться на під поверхнею – це стійка маса. Слід зазначити, якщо м’які сфери не будуть підтримувати по-справжньому тверді сфери, то таким чином може зруйнуватися весь айсберг, тобто підприємство. Тому серед заходів організаційних змін головнішими є заходи підводної частини айсберга, які носять неформальний характер і є важливим внутрішнім ресурсом змін. Таким чином метою організаційних змін є підйом на поверхню м’яких сторін організаційного життя, щоб вони легше піддавалися аналізу та управлінню. *Перевагою* цієї моделі є те, що враховуються поєднані в систему видимі та невидимі процеси підприємства. Однак *недоліком* є те, що не враховуються фактори зовнішнього середовища при системному підході управління змінами.

Модель Джона Коттера «8 сил» демонструє послідовні 8 етапів організаційних змін з метою переконання працівників щодо необхідності змін, отримання швидких результатів. *Перевагою* цієї моделі є те, що вона є найбільш розробленою моделлю, яка передбачає детальний процес подолання змін. *Недоліком* є акцент лише на управлінні змінами на підприємстві.

Біокорпоративна модель Ф. Ж. Гуїяра та Дж. Н. Келлі «Перетворення бізнесу» уключає адаптований підхід щодо трансформації біокорпорацій. Тобто успіх запровадження зарубіжних інноваційних моделей залежить від їх адаптації до вітчизняних умов та особливостей українського менеджменту. *Перевага* біокорпоративної моделі Ф. Ж. Гуїяра та Дж. Н. Келлі «Перетворення бізнесу»: підприємство розглядається як жива система. *Недолік*: не враховуються фактори зовнішнього середовища.

Розглядаючи можливі напрямки застосування той чи іншої моделі управління змінами слід звернути увагу на можливість врахування факторів зовнішнього середовища (*економічний стан країни, міжнародні відносини, політика, законодавство, науково-технічний прогрес, наявність інвестицій, конкуренція*) з метою формування авторської моделі. Виходячи з характеристик моделей, слід зазначити, що найбільш вагомими для їх застосування при побудові авторської моделі з врахуванням зовнішніх факторів є:

- Модель К. Левіна «Розморожування – здійснення змін – заморожування»
- Модель Майкла Біра і Нітіна Норія «Теорія Е і теорія О»
- Модель Дж. Коттера «8 сил»
- Модель Р. Ліппіта, Дж. Уатсона, Б. Уестлі «Планованих змін»
- Модель Д. Лінка «Діагностика, проектування і здійснення»

Таким чином, основною для побудування авторської моделі повинна бути схема етапів, пов'язаних зі здійсненням планових змін та обліком «жорстких» і «м'яких» методів управління.

## ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ В УМОВАХ ВЕРТИКАЛЬНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ

Топоркова О. А.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Toporkova Olena. Control organizing on railway transport in the context of vertical integration.*

**Summary.** *Organizational principles of control for the needs of organization's governance of the industry are considered. Two directions for the organization of internal control are offered: control of infrastructure services and control of transportation process. Emphasis is placed on the need to develop a risk management system for each business segment.*

Структурні перетворення у сфері управління залізничною галуззю сприяли виокремленню певних бізнес-процесів та будові системи корпоративного менеджменту. Реорганізація АТ «Укрзалізниця» з регіональної структури, де усі сегменти були функціонально та фінансово пов'язані, у організаційно розподілені послуги інфраструктури та власне перевезень, – потребує впорядкування відповідних функцій менеджменту, зокрема, контролю.

На думку вітчизняних дослідників – інтеграційна модель управління залізничним транспортом є найбільш доцільною для даної галузі. Модель вертикальної інтеграції поступово впроваджується, зокрема, на верхньому рівні вже є чітка картина, яку структуру матиме розподіл роботи по окремих департаментах, проте потребує конкретизації організаційна структура діяльності регіональних філій, дирекцій, філій АТ «УЗ» та інших виробничих підрозділів.

Стратегією АТ «УЗ» передбачено, що загальнокорпоративними послугами у сфері інвестицій і фінансів будуть:

- формування фінансових планів та плану капітальних інвестицій;
- забезпечення ведення бухгалтерського та фінансового обліків;
- управління корпоративними рахунками;
- фінансовий контроль;
- залучення інвестицій для потреб структурних підрозділів.

Відповідно, нагальною потребою менеджменту при формуванні фінансової стратегії товариства є організація контролю та розробка системи управління ризиками.

Департамент внутрішнього аудиту та контролю має здійснювати аудит бізнес-процесів структурних (виробничих) підрозділів, регіональних філій, філій АТ «Укрзалізниця», проводити моніторингові та аналітичні заходи, виявляти та оцінювати ризики, забезпечувати органи управління достовірною та об'єктивною інформацією для ухвалення управлінських рішень.

Статутом АТ «Укрзалізниця» передбачена наявність ревізійної комісії (ця вимога стоєть будь-якого акціонерного товариства), до компетенції якої належать питання проведення перевірки та аналізу фінансового стану товариства в цілому, його платоспроможності, функціонування системи внутрішнього контролю та системи управління фінансами і операційними ризиками, підтвердження достовірності даних у різноманітних фінансових документах, зокрема, річній фінансовій та зведеній звітності, проведення перевірки порядку ведення бухгалтерського обліку тощо. Висновки ревізійної комісії подаються наглядовій раді та правлінню до дати попереднього затвердження річного звіту.

Отже, для забезпечення узгодженості інформації, уникнення дублювання виконуваних функцій та обґрунтування висновків, необхідна тісна співпраця між усіма суб'єктами внутрішнього контролю залізничної галузі. Особливої уваги потребує налагодження комунікації між менеджментом та особами, що здійснюють внутрішній аудит за окремими напрямками. Якими, наразі, є такі бізнес-сегменти: вантажні перевезення та логістика; пасажирські перевезення; виробництво та сервіс; інфраструктура. Відповідно, питання контролю, а саме: планування аудиторського завдання, визначення простору внутрішнього аудиту, ідентифікація і оцінка ризиків, – мають вирішуватися з урахуванням специфіки кожного з бізнес-сегментів.

До впровадження моделі вертикальної інтеграції, в межах підрозділу (служби), який здійснював контрольно-ревізійну роботу на рівні залізниці (регіональної філії) існували три відділи: відділ контролю за фінансово-господарською діяльністю (до його компетенції входила перевірка усіх витрат); відділ контролю доходів від вантажних і пасажирських перевезень (перевірка правильності обліку доходних надходжень та розподілу доходів між учасниками перевізного процесу); відділ внутрішнього аудиту (надання консультацій та рекомендації з питань цільового та ефективного використання фінансових і матеріальних ресурсів, достовірності ведення бухгалтерського обліку).

Інтерпретуючи таку структуру до сучасних потреб галузі, можна виділити три напрями для організації внутрішнього контролю: контроль виробництва та сервісу, контроль послуг інфраструктури та контроль перевізного процесу. Такі напрями контролю відповідають класифікації видів економічної діяльності для потреб визначення, насамперед, сум понесених витрат. Внутрішній аудит за запропонованими напрямками доцільно здійснювати саме в частині облікової інформації, тобто щодо порядку формування витрат, доходів та визначення фінансового результату. Також, доцільно розробити систему управління ризиками окремо за кожним з бізнес-сегментів.

За ідентифікацію ризиків та управління ними під час діяльності суб'єкта господарювання несе відповідальність менеджмент. Але, від підрозділу внутрішнього аудиту вима-

гається засвідчення факту ефективності роботи системи управління ризиками. Управлінські рішення базуються на висновках та рекомендаціях, наданих внутрішніми аудиторами.

Однією з функцій внутрішнього аудиту є оцінка впливу ризиків в сфері корпоративного управління та операційної діяльності з огляду на достовірність фінансової інформації, ефективності бізнес-процесів, захисту активів та дотримання нормативних вимог, політик, процедур та договірних зобов'язань. Отже, акценти внутрішнього аудиту залізничної галузі мають бути спрямовані саме в цих напрямках, оскільки, наразі, все більшої актуальності для ухвалення управлінських рішень набуває оцінка діяльності бізнес-сегмента в цілому, ніж окремих облікових об'єктів. Ключові замовники (в залізничній галузі – це наглядова рада та правління товариства) потребують від внутрішнього аудиту оцінки найбільш серйозних ризиків за кожним бізнес-сегментом. Таким чином, департамент внутрішнього аудиту та контролю має брати активну участь в процесі управління ризиками.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ПОДАТКОВОЇ ПОЛІТИКИ – ЯК ВАЖЕЛЬ ПОКРАЩЕННЯ ФІНАНСОВОГО СТАНУ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ

Ейтутіс Г.Д., Писаренко Г.М.

Державний університет інфраструктури та технологій

*Eitutis Heorhii, Pysarenko Hennadii. Improvement of the tax policy as a tool for upgrading ukrainian railways` financial situation.*

**Summary.** *The article presents existing models of suburban financing passenger transportation in Ukraine. These are commuter passengers transportation combined with other activities, their financing conducted through cross-subsidization; as well as suburban passenger transportation is organizationally segregated and then financed carried out, as a rule, at the expense of profits of carriers and state subsidies (if necessary).*

*The need to abolish the excise duty on Ukrzaliznytsia of excise on diesel fuel and land taxes underrailroad tracks.*

*Possible sources of funding for suburban transportation are identified as excise tax on fuel produced in Ukraine and transport excise duty on imported fuel and imported vehicles duties on petroleum products, vehicles. An option is presented financing suburban passenger transportation. Suggested to develop and implement a mechanism for refunding the excise duty paid tax as part of the price of diesel fuel in the form of financing suburban passenger transportation. Proposed and justified changes to be made to the Tax Code of Ukraine and others legislative acts in order to legislate the use refunds for suburban passenger transportation.*

Перевезення залізничним транспортом пасажирів є однією із важливих складових обсягів послуг загального користування країни, від якості функціонування яких залежить розвиток національної економіки, обороноздатність держави, а також значною мірою благополуччя і зручність населення. Збиток від пасажирських перевезень за 2019 рік склав 13 млрд. грн, половина з яких припадає на приміські перевезення, що на 680 млн. грн більше ніж у 2018 році. Із державного бюджету згідно статті 9 Закону України «Про залізничний транспорт України» відшкодовано збитків від перевезення пільгових категорій громадян лише 50 млн. грн.

Разом з тим, в цілому сплачено за 2019 рік АТ «Укрзалізниця» податків, зборів та інших обов'язкових платежів на користь держави більше 29 млрд. грн що перевищує рівень минулого року на 8.4 млрд грн або на 40 %. Особливо збільшився земельний податок: з 1,2 млрд. грн у 2018 році до 3,8 млрд. грн у 2019 році, тобто більш ніж у 3 рази.

Слід зазначити також, що у розвинутих європейських країнах залізничний транспорт не оподатковується земельним податком. В усіх існуючих моделях фінансування, розви-

ток інфраструктури відбувається тільки за рахунок або за допомогою державного субсидування.

Тому як варіант пропонуємо податок на землю, що перераховується до місцевих бюджетів підприємствами АТ «Укрзалізниця» розподіляти таким чином, щоб 80 % витратити на фінансування приміських перевезень, а 20 % залишати в місцевих бюджетах для задоволення регіональних потреб.

Можливим джерелом фінансування приміських перевезень може бути і надходження від акцизу з виготовленого в Україні палива і транспортних засобів, акцизу з імпортного палива і транспортних засобів, ввізного мита на нафтопродукти, транспортні засоби.

Законом України «Про джерела фінансування дорожнього господарства України» визначено, що дохідна частина Державного Дорожнього Фонду формується за рахунок, крім усього іншого, акцизного податку з вироблених в Україні пального і транспортних засобів та акцизного податку з ввезених на митну територію України пального і транспортних засобів і спрямовуються, у т. ч., на утримання автомобільних доріг загального користування державного значення і забезпечення розвитку виробничих потужностей дорожніх організацій.

Логічно було б частину цього Фонду, а саме ту, що її вносить АТ «Укрзалізниця», використовувати для утримання і придбання рухомого складу, що має обслуговувати приміські, у т. ч. пільгові, пасажирські перевезення.

В Україні поступово запроваджується європейська модель улаштування залізничної галузі, яка передбачає організаційне та фінансове розділення сфер діяльності з утримання залізничної інфраструктури (здійснює оператор інфраструктури) на надання послуг з перевезень (здійснюють залізничні підприємства). При цьому оператор інфраструктури забезпечує умови рівного недискримінаційного доступу залізничних підприємств до залізничної інфраструктури. Тобто ніякої відмінності за економічною сутністю між магістральними залізничними коліями та об'єктами дорожнього господарства автомобільних доріг загального користування немає. Наразі в Україні склалась ситуація, коли землі, на яких розташовані залізничні колії загального користування оподатковуються на загальних умовах. На нашу думку, така ситуація виникла через корпоратизацію Укрзалізниці. Але зміна юридичної форми не змінила економічної сутності залізничної колії, як інфраструктурного об'єкта загального користування. До того ж 100 % акцій АТ «Укрзалізниця», як національного оператора інфраструктури, належать державі.

На наш погляд, зміна організаційно-правової форми Укрзалізниці не повинна приводити до посилення нерівності умов для залізничного і автомобільного транспорту та штучного зростання витрат залізничного транспорту, а, відповідно, і транспортної складової у вартості продукції інших сфер економічної діяльності. Таким чином, доцільним є внесення змін до Податкового Кодексу України за рахунок поширення дії статті 283 на землі, де розташовані залізничні колії загального користування, аналогічно до земель дорожнього господарства автомобільних доріг загального користування.

Запровадження повернення коштів «Укрзалізниці» має попередити такі негативні наслідки недофінансування приміських перевезень.

Таким чином, залізничний транспорт має стати пріоритетним видом наземного транспорту для державної економічної політики. А для цього необхідно, щонайменше, забезпечити єдині конкурентні вимоги для цих видів транспорту, особливо нерівності умов щодо оподаткування земельним податком та акцизним збором.

## МАРШРУТИЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ – ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

Миронович А.В.<sup>\*</sup>, Ейтутіс Г.Д.<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Регіональна філія «Південно-Західна залізниця» АТ «Укрзалізниця», <sup>\*\*</sup>Державний університет інфраструктури та технологій

*Myronovych Artem, Eitutis Heorhii. Transportation Routing as a Means of Improving the Efficiency of the National Economy.*

**Summary.** *It is determined that one of the effective directions of development of JSC "Ukrzaliznytsia" is the transportation routing, which is one of the factors that contribute to increasing its investment attractiveness and, thus, the inflow of the additional funds. Sending routing is a widely used method of organizing transportation, both in Ukraine and abroad. It is designed to accelerate the turnover of cars, reduce the processing of rolling stock at technical stations, and reduce the time of delivery of goods. In modern conditions, when one of the most acute problems of the main railway transport is the lack of funds in Ukrzaliznytsia to upgrade the material and technical base, the economic aspect comes to the fore.*

*It is noted that routing increases the efficiency of the railway transport, in particular, by reducing the operating costs, allows the freight owners to provide the optimal conditions for transportation, and railways – a high level of competitiveness in the transport market.*

*The tendency of transportation routing in JSC Ukrzaliznytsia on the example of the regional branch of the South-Western Railway is considered and the level of sending routing in the regional branch of the South-Western Railway for 2018 – 2019 is analyzed, as well as new directions in the formation of sending routes in 2019 are noted.*

Питання маршрутних перевезень мережею Укрзалізниці останнім часом часто порушується учасниками ринку. Власники та відправники вантажів висловлюють різні погляди на цю тему: ті підприємства, що мають технічну можливість відправляти поїзди з відповідною кількістю вагонів, всіляко підтримують курс залізничників на маршрутизацію, інші, як правило, висловлюються проти.

Маршрутизація майже всю історію існування Українських залізниць була одною з провідних технологій. За радянських часів таким чином перевозилося практично все вугілля та більша частина руди, що були та лишаються основними вантажами.

Відправницька маршрутизація є широко використовуваним методом організації перевезень, як в Україні, так і за кордоном. Вона покликана забезпечити прискорення обігу вагонів, зменшення переробки рухомого складу на технічних станціях, скорочення термінів доставки вантажів. В сьогоденних умовах, коли однією з найгостріших проблем магістрального залізничного транспорту є нестача в Укрзалізниці коштів на оновлення матеріально-технічної бази, на перший план виходить економічний аспект. А саме, можливість залучення інвестицій.

Справа в тому, що забезпечити інтерес приватних інвесторів до фінансування галузі, в якій відправлення вантажів на мережі здійснюється переважно вагонними відправками, достатньо складно. Для цього необхідно розвивати інфраструктуру загального призначення, зокрема, сортувальні станції, оновлювати локомотивний парк. А це значні суми інвестицій, яких в Укрзалізниці немає. Альтернативний варіант представляє модель, орієнтована на оборот відправницьких маршрутів. У цьому випадку, за рахунок концентрації технічних операцій в термінальних пунктах, істотно спрощуються вимоги до оснащення мережі загального користування. З огляду на те, що зародження і погашення вантажопотоків відбувається переважно на шляхах незагального користування, то власники підприємств по-



тенційно мають стимули до розвитку інфраструктури і маневрових засобів під'їзних колій. Адже це може знизити собівартість перевезень їхніх вантажів.

Відомо, що однією із головних переваг (і стимулів) на сьогодні є швидкість доставки. Відповідно до «Правил обчислення термінів доставки вантажів», перевезення вантажів маршрутними відправками складають 1 добу на кожні повні та неповні 320 км. Термін доставки вантажів вагонними відправками – 1 доба на кожні 200 км. За несвоєчасну доставку, відповідно до Статуту, залізниця виплачує одержувачу штраф в розмірі від 10 до 30 % провізної плати. Загалом, виконання плану перевезень маршрутами з боку вантажовідправника і залізниці стимулюється нині шляхом встановлення штрафних санкцій за його порушення.

Якщо звернутися до історії, то на початку 2000-х років існувала практика застосування різних коефіцієнтів до «Збірника тарифів» під час перевезення окремих вантажів маршрутами. Так, відповідно до наказу Міністерства транспорту та зв'язку (№ 56, від 18 лютого 2000 року), для вантажів 1-го тарифного класу встановлювався коефіцієнт 0,822, при перевезенні кварцитів маршрутами – 0,722 тощо. На теперішній час така диференціація відсутня.

Слід зазначити, що маршрутизація підвищує ефективність роботи залізничного транспорту, зокрема, за рахунок зменшення експлуатаційних витрат. Крім того, дозволяє забезпечити вантажовласникам оптимальні умови перевезення, а залізниці – високий рівень конкурентоспроможності на транспортному ринку. Отже, це одна із провідних технологій просування вагонопотоків. З іншого боку, потрібні нові логістичні схеми доставки вантажів не тільки за принципом «точно в термін», а і з урахуванням надання послуг зі зберігання вантажів.

Перевезення крупними партіями, особливо маршрутними потягами, забезпечує вантажовласнику зменшення транспортної складової в собівартості продукції, проте, перед залізницею неодмінно постає питання щодо оптимальної кількості вагонів в кожному такому поїзді. Це створює умови для раціонального використання наявних матеріальних, трудових і фінансових ресурсів. Отже актуалізуються відповідні дослідження із розробки економіко-математичної моделі, за якою оптимальна кількість вагонів відповідатиме мінімальним сумарним витратам на формування, розформування та рух поїздів.

В 2019 році по регіональній філії «Південно-Західна залізниця» сформовано і відправлено 5033 відправницьких маршрутів, що склало 44,0 % від загального навантаження за рік, до 2018 року кількість відправлених маршрутів збільшено на 16,2 %. Збільшення відправницьких маршрутів відбулось за рахунок формування зернових вантажів на всіх дирекціях в напрямку Одеських портів. Крім цього формування відправницьких маршрутів відбувалось з будівельних вантажів, як на станції регіональної філії так і на станції інших філій.

Новими напрямками в формуванні відправницьких маршрутів в 2019 році стали – контейнерні поїзди на Одеські порти, зернові маршрути на західні переходи (експорт в Європу), клінкер з станції Гуменці на цементні заводи по станціях Одеса-Застава та Миколаїв-Дністровський, також збільшено кількість дільничих станцій на яких формуються зернові відправницькі маршрути.

Отже, сам процес маршрутизації у кінцевому результаті зменшує транспортну складову у ціні продукції, тобто вектор галузевої (корпоративної) ефективності перевезень співпадає з вектором ефективності національної економіки України.

## ВПЛИВ МІЖНАРОДНИХ ЕКОНОМІЧНИХ ВІДНОСИН НА СТАЛЕ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ

Музикін М. І.<sup>\*</sup>, Кузьменко А. І.<sup>\*\*</sup>, Бібік С. І.<sup>\*</sup>, Цоцко І. В.<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна, <sup>\*\*</sup>Університет митної справи та фінансів

*Muzykin Mykhailo, Kuzmenko Albina, Bibik Svitlana, Tsotsko Iryna. The influence of international economic relations on the sustainable functioning of the transport complex.*

**Summary.** *Ukraine is a subject of international relations and therefore its international economic activity is regulated not only by national legislation, but also by the norms of international law, which are formed through the conclusion of multilateral interstate agreements.*

Економічні взаємозв'язки світового господарства як єдиної системи ґрунтуються на розвитку міжнародних економічних відносин, які є матеріальною основою мирного співіснування різних держав. Міжнародні економічні відносини відображають господарські зв'язки між державами, регіональними об'єднаннями, підприємствами, фірмами, установами, юридичними та фізичними особами для виробництва та обміну товарів і послуг, матеріальних і фінансових ресурсів. Їх основою є ринкові системи й механізми. Міжнародні економічні відносини (МЕВ) – це система відносин, що виникають між суб'єктами з різних країн з приводу виробництва, розподілу, обміну і споживання товарів, послуг, капіталів, ідей в умовах обмеженості ресурсів і міжнародного поділу праці в межах світового господарства.

Міжнародна економічна діяльність країни здійснюється як національними, так і іноземними суб'єктами, які мають власні цілі, інтереси, відповідно до яких формуються напрями, форми, види економічного співробітництва та відповідний механізм його регулювання. У зв'язку з цим особливого значення набуває класифікація суб'єктів МЕВ, яка здійснюється за двома критеріями – рівнем взаємодії та характером економічних інтересів.

Україна є суб'єктом міжнародних зв'язків і тому її міжнародна економічна діяльність регламентується не тільки національним законодавством, але й нормами міжнародного права, які формуються через укладання багатосторонніх міждержавних угод. Тому особливо актуальним є включення до суб'єктів міжнародної економічної діяльності суб'єктів міждержавного рівня, до яких відносять такі.

1. Світова організація торгівлі (СОТ) створена у 1995 році на основі Генеральної угоди про тарифи та торгівлю (ГАТТ) з метою поглиблення лібералізації міжнародної торгівлі, боротьби з дискримінацією у міжнародному економічному співробітництві країн, забезпечення вільного доступу до національних ринків і джерел сировини. На сьогодні членами СОТ є 162 країни, у тому числі й Україна (з 2008 року).

2. Конференція Організації Об'єднаних Націй з торгівлі й розвитку – ЮНКТАД (United Nations Conference on Trade and Development – UNCTAD) – була створена у 1964 році для стимулювання розвитку міжнародного економічного співробітництва країн, що розвиваються та забезпечення їх доступу на світові ринки. На сьогодні членами ЮНКТАД є 186 країн, серед яких і Україна.

3. Міжнародний валютний фонд (МВФ) – міжурядова фінансово-кредитна організація, яка має статус спеціалізованого закладу ООН. На сьогодні МВФ є основною міжнародною фінансово-кредитною організацією, специфіка діяльності якої порівняно з іншими міжурядовими організаціями полягає у виконанні ним одночасно функцій регулювання, фінансування, нагляду та консультування країн-членів у сфері валютно-фінансових відносин. Головним завданням МВФ є скорочення тривалості та зменшення неврівноваженості

у міжнародному балансі розрахунків членів, забезпечення стабільності валютних курсів. Членами МВФ є 185 країн світу (Україна з 1992 року).

4. Світовий банк – багатобічна кредитна установа, що складається з п'яти тісно пов'язаних між собою інститутів, загальною метою яких є підвищення рівня життя в країнах, що розвиваються, за рахунок фінансової допомоги розвинених країн.

5. Економічна і соціальна рада ООН (ЕКОСОР) – головний координуючий орган ООН у сфері економіки, соціальних відносин, екології, охорони здоров'я, культури, науки й освіти.

6. Комісія ООН з прав міжнародної торгівлі є основним правовим органом ООН, заснований у 1966 році. В рамках даної організації розробляються уніфіковані, тобто прийнятні для переважної більшості країн, міжнародні правові норми у торговельній сфері; здійснюється координація діяльності міжнародних організацій у сфері регулювання міжнародного торговельного співробітництва; організовуються конференції та засідання з метою розроблення нових конвенцій у сфері правового регулювання міжнародних торговельних відносин.

7. Світова організація інтелектуальної власності (СОІВ), яка є спеціалізованою установою ООН, створена у 1970 році. Членами СОІВ є 156 країн, сферою діяльності – промислова власність та авторські права. Основними цілями організації є: стимулювання та удосконалення охорони інтелектуальної власності у світі, включаючи удосконалення національних законодавств різних країн та надання зацікавленим країнам юридичної та технічної допомоги у цих питаннях; адміністративне управління існуючими союзами у сфері охорони інтелектуальної власності та співробітництво з міжнародними і національними організаціями; заохочення укладання міжнародних угод з метою покращення системи охорони інтелектуальної власності; надання консультацій, підготовка кадрів у рамках програм міжнародного технічного сприяння країнам, що розвиваються.

8. Міжнародна організація праці (МОП) є найдавнішою міжнародною організацією, створеною у 1919 році у складі Ліги націй, а з 1946 року стала спеціалізованим закладом ООН. До складу МОП входять 170 країн, у тому числі і Україна. Основне призначення даної організації полягає у розробці конвенцій щодо забезпечення прав та умов праці мігрантів, виконання країнами-експортерами та країнами-імпортерами зобов'язань забезпечення рівних прав мігрантів у країні перебування, легалізацію їх діяльності, можливість підвищення кваліфікації або отримання професії, соціального захисту.

9. У системі регулювання міжнародної міграції робочої сили значну роль відіграє і Міжнародна організація з міграцій (МОМ), яка була створена у 1949 році з метою забезпечення упорядкованої та планової міжнародної міграції. Міжнародна організація з міграції є однією з міжнародних організацій, яка здійснює постійний моніторинг міграційних потоків у світі – за обсягами та структурою, визначає основні світові центри тяжіння робочої сили, основні напрями міжнародних міграційних потоків, виявляє нелегальних мігрантів, виявляє та розглядає випадки трудового рабства та розробляє відповідні конвенції, спрямовані на боротьбу з негативними проявами міжнародної міграції робочої сили.

Виходячи з вище наданої інформації можна зробити висновок, що наразі йде розвиток міжнародних економічних відносин у нашій державі.

## РОЛЬ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ТОВАРООБМІННИХ ОПЕРАЦІЙ

Нестеренко Г. І., Музикін М. І., Клименко А. В.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Nesterenko Halyna, Muzykin Mykhailo, Klymenko Andrii. The role of the transport complex in the exchange of trade transactions.*

**Summary.** *A specific form of international trade is international trade. They provide for the import and export of goods across the borders of the national customs territory, but in non-monetary or partially non-monetary form.*

Специфічною формою міжнародної торгівлі є міжнародні товарообмінні операції. Вони передбачають ввезення та вивезення товарів через кордони національної митної території, але у безгрошовій або частково безгрошовій формі. Причому, зважаючи на особливості розвитку України на зламі століть, передусім на фінансові труднощі суб'єктів міжнародної торгівлі, значення міжнародних товарообмінних операцій для нашої держави велике. Міжнародні товарообмінні операції – це транскордонний обмін товарами на еквівалентній основі згідно з конкретними цілями та умовами реалізації угод. Міжнародні товарообмінні операції можуть здійснюватися у формі безпосереднього обміну готовою продукцією, потрібною учасникам відповідної угоди для цілей власного споживання, або у вигляді домовленостей щодо закупівлі товарів, котрі не обов'язково стосуються предмета первинної угоди та використовуються як засіб товарного «урівноваження» угоди. Товарообмінні операції можуть мати значний термін дії. Це операції, що пов'язані, наприклад, з технологічними процесами перероблення сировини, яка підлягає обробці та поверненню у вигляді певних продуктів, або з поставками обладнання в кредит та погашенням таких поставок і кредитів продукцією, яка випускатиметься за допомогою використання такого обладнання. Значущість товарообмінних операцій для України пов'язана з особливостями водночас перехідного та кризового етапу її розвитку, яким, власне, і став початковий період незалежного існування держави. Макро- та мікроекономічні причини, фінансові дефіцити зумовлюють поширення негрошових форм розрахунків. Велика частка товарообмінних операцій в експортно-імпортній діяльності є типовою для міжнародного економічного співробітництва країн, які здійснюють ринкову трансформацію економіки, причому безгрошовий товарообмін використовується й у внутрішній торгівлі. Товарообмінні операції, або зустрічна торгівля, за своєю сутністю є таким поєднанням експорту й імпорту товарів, за якого в єдиних угодах у контрагентів виникають зобов'язання щодо взаємної закупівлі товарів. Як уже зазначалося, видами товарообмінних операцій вважаються: бартер; зустрічні закупівлі; операції на давальницькій сировині; викуп продукції, що застаріла; компенсаційні угоди; поставки на комплектацію; великомасштабні операції на компенсаційній основі. Головною рисою товарообмінних операцій є повне або часткове товарне балансування міжнародного обміну. За неповного покриття товаром або товарною партією зустрічних поставок застосовуються адекватні грошові доплати. Таким чином, обов'язковою умовою товарообмінних операцій є зобов'язання експортера, котрий знайшов контрагента, що має закупити в нього товар, прийняти як повну або часткову плату за власні поставки товари цього контрагента або забезпечити закупівлю його товарів третьою стороною. Утім, це не означає, що поширення товарообмінних операцій – виключно супутня риса погано врегульованих, кризових економік. Протягом останньої чверті ХХ ст. у світі в цілому відбувалося стрімке зростання абсолютних обсягів і частки зустрічної торгівлі в міжнародних операціях купівлі-продажу.

Бартер використовується не тільки у внутрішній торгівлі індустріально розвинутих країн. Наприклад, у США відбулося значне поширення бартерних угод: трапляється, що клініки та юридичні фірми, інші організації, які можуть становити взаємний інтерес, здійснюють взаємні безгрошові послуги, що дає змогу заощаджувати кошти, знижувати податкове навантаження. Отже, товарообмінні операції в міжнародній та внутрішній торгівлі не є виключною рисою пострадянських, постсоціалістичних економік. Реальні обсяги зустрічної торгівлі точно підрахувати важко: контрагенти, намагаючись уникнути митного оподаткування, а також керуючись іншими міркуваннями, далеко не завжди сповіщають про товарообмінні операції, що здійснюються ними, приховується й інформація про обсяги такої торгівлі та її цінові параметри. Крім того, зустрічні поставки часто є елементом складних виробничо-технологічних і спекулятивних операцій, отже, товари інколи без завезення до країни первісного призначення можуть знаходити нові географічні координати призначення. І нарешті, далеко не всі країни ретельно відстежують саме безгрошовий товарообмін і не виділяють його в окремі статті митної звітності та інших національних рахунків. Пояснити зростання значення зустрічної торгівлі можна ускладненням процесів взаємних технологічних поставок, збільшенням активності транснаціональних корпорацій, зростанням обсягів спекулятивних операцій у світі. Разом з тим не можна не відзначити, що хронологічно найбільш значні прирости натурального товарообміну припадали на сплески світових цін на нафту. Відтак поширювалися довгострокові контракти на поставки обладнання і технологічної продукції в обмін на нафту, а також стимулювалося «енергетичне фінансування» експорту країн – імпортерів нафти. Вигоди, які пов'язані з реалізацією промислових компенсаційних операцій, виявляються в забезпеченні будівельникам об'єктів і постачальникам машин та обладнання доступу до сировинних ресурсів, ринків технологічної продукції та будівельно-монтажних послуг, залучення на вигідних умовах до виробничих ланок, які можуть увійти для них у більш загальний технологічний процес. Переваги замовників об'єктів – це можливості акумуляції капіталів, відкриття додаткових резервів для промислового зростання, створення нових робочих місць, виходу на ринки, які забезпечуються довготерміновими коопераційними контрактами та налагодженням сталих зв'язків із контрагентами. Недоліком промислових компенсаційних операцій інколи називають негнучкість цієї форми коопераційної торгівлі, яка потребує акумуляції великих капіталів, дуже значних за обсягом і тривалих кредитів, а також масштабних урядових гарантій і страхувального забезпечення. Відзначається і віддаленість термінів окупності інвестицій. Особливості участі України в промислових компенсаційних операціях пов'язані з потребами національної економіки в спорудженні конкретних промислових об'єктів у переробних галузях, а також із наявним будівельним та промисловим потенціалом. Як замовник Україна споруджувала (або може споруджувати в майбутньому) на своїй території об'єкти хімічної та нафтохімічної, легкої та харчової промисловості, металургійні комбінати, трубопроводи. Українські заводи-постачальники обладнання, будівельні підприємства, фахівці брали участь у спорудженні великих гідротехнічних споруд (наприклад, відомої у світі велетенської Асуанської греблі в Єгипті), металургійних комбінатів за кордоном (у м. Ерденет у Монголії), і відновлення такої втраченої практики (зокрема реконструкція та обслуговування побудованих раніше об'єктів) може стати вагомим важелем зростання економічного потенціалу країни. Отже, наша держава, залежно від ситуації, може брати участь у подібному співробітництві і як замовник, і як виконавець. Щоправда, на потенціалі кооперації негативно відбивається фінансова скрута, яка обмежує можливості реалізації обох базових функцій.

## МИТНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ВАНТАЖОПОТОКАМИ

Стрелко О. Г. \*\*, Нестеренко Г. І. \*, Воронов Д. О. \*

\* Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка  
В. Лазаряна, \*\* Державний університет інфраструктури та технологій

*Strelko Oleh, Nesterenko Halyna, Voronov Dmytro. Customs regulation of cargo flows.*

**Summary.** *The country's foreign trade relations and investment activities are integral components of its international economic policy. In combination with diplomatic relations, they make it possible to strengthen the country's position on the world stage.*

Міжнародна економіка в широкому сенсі – теорія, вживана для вивчення економіки сучасного взаємозалежного світу. Вона ґрунтується на теорії ринкової економіки і розвиває її. Сучасна міжнародна економіка являє собою складну мережу взаємозв'язаних ринків капіталу, товарів та робочої сили різних країн. При цьому кожна держава покликана відігравати активну роль у регулюванні економічних і політичних процесів, як у рамках своїх географічних кордонів, так і поза їх межами за допомогою міжнародної економічної політики. Міжнародна економічна політика являє собою сукупність засад, економічних методів та інструментів, за допомогою яких уряди держав здійснюють регулювання міжнародної торгівлі та інвестицій, тим самим впливаючи на внутрішнє і зовнішнє функціонування національних економік. До основних чинників та критеріїв оцінки ефективності діяльності міжнародної економіки держави можна віднести: торговельно-економічне співробітництво з різними країнами; індекс інвестиційної привабливості; внутрішні проблеми країни; стан інвестиційного клімату; валовий зовнішній борг та ВВП; сальдо платіжного балансу.

До основних інструментів міжнародної економічної діяльності належить сукупність економічних, адміністративних, тарифних і нетарифних методів зовнішньоекономічної діяльності. Прикладом економічного методу регулювання є митно-тарифне регулювання, адміністративного методу – квотування та ліцензування. Провідне місце в системі реалізації заходів державного регулювання зовнішньоекономічної діяльності посідають такі інструменти протекціонізму і регулювання торговельних відносин, як тарифні і нетарифні методи регулювання. Тарифні методи регулювання базуються на застосуванні систематизованого переліку ставок мита, яким обкладаються товари під час перетину митного кордону країни, – митного тарифу. Нетарифні методи охоплюють усі інші способи обмеження імпорту або стимулювання експорту. Нині митнотарифне регулювання перебуває у стадії активного реформування та кардинальних змін, створюючи при цьому потенційні можливості для розвитку міжнародних відносин України.

Вагомою частиною міжнародної економічної політики України є її торговельно-економічне співробітництво з різними країнами. Міжнародна торгівля складається із двох зустрічних потоків товарів – експорту та імпорту і характеризується такими компонентами, як зовнішньоторговельний обіг, товарна та географічна структура.

Так, у січні-листопаді 2017 р. експорт товарів з України становив 39,49 млрд. дол., імпорт в Україну – 44,7 млрд. дол. Порівняно із січнем-листопадом 2016 р. експорт збільшився на 20,6% (на 6,75 млрд. дол.), імпорт – на 27,5% (на 9,63 млрд. дол.). Таким чином, негативне сальдо торгівлі товарами становило 5,21 млрд. дол., що в 2,2 рази більше показника перших 10 місяців 2016 р. (2,33 млрд. дол.). Зовнішньоторговельні операції проводилися з партнерами із 221 країни світу. Поряд із цим поставки українських товарів до ЄС зросли на 30,4% – до 15,91 млрд. дол., імпорт європейських товарів в Україну – 18,83 млрд. дол.

Основними торговельними партнерами України сьогодні є країни ЄС. У цьому контексті слід згадати про Угоду про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, яка є новим форматом відносин, спрямованим на створення поглибленої та всеосяжної зони

вільної торгівлі (ЗВТ) «Україна – ЄС» і поступову інтеграцію України до внутрішнього ринку Євросоюзу. Створення ЗВТ «Україна – ЄС» передбачає співпрацю за різними напрямками, що переважно містяться у площині питань зовнішньоторговельної сфери (зокрема, торгівлі товарами та послугами, митно-тарифного регулювання, інвестиційної та конкурентної політики, а також урегулювання суперечок). У 2017 р. активізувалася зовнішня торгівля товарами України з країнами ЄС. Так, загальна вартість вітчизняного товарного експорту становила 43,3 млрд. дол. США, що на 19% більше порівняно з показниками 2016 р. Імпорт товарів в Україну зріс упродовж року на 26,4% та становив 49,6 млрд. дол. США. Отже, активізація торговельних відносин України є можливою за умови реалізації таких заходів, як: оптимізація торговельного і платіжного балансів країни; впровадження структурних реформ, спрямованих на застосування науково-технічних інновацій та інформаційних технологій; приведення у відповідність до європейських норм і процедур системи стандартизації та сертифікації вітчизняних товарів; розроблення та імплементація регіональних програм нарощування експортного потенціалу конкурентоспроможних товарів і послуг.

Вагомим складником міжнародної економічної політики також є інвестиції, оскільки завдяки залученню коштів до виробництва створюються можливості для збільшення його обсягів, модернізації засобів, а також підвищення рівня ринкової конкуренції, платіжного балансу, розвитку інвестиційної інфраструктури. Інвестори на власний розсуд визначають доцільність розміщення коштів у тих чи інших країнах світу, даючи оцінку інвестиційному клімату. Одним з основних інструментів такої оцінки є Індекс інвестиційної привабливості. За даними Європейської бізнес-асоціації, Індекс інвестиційної привабливості України в 2017 р. становив 3,03 бали за п'ятибальною шкалою (2,88 бали у 2016 р.). Серед факторів, що сприяли поліпшенню Індексу, респонденти назвали: підвищення уваги уряду до розвитку інновацій, ІТ та креативної економіки; часткову розбудову виробничих потужностей; відкриття додаткових дослідницьких центрів та терміналів; розширення/укрупнення мереж; відкритість державних даних; поступову дерегуляцію; впровадження електронної системи відшкодування ПДВ; спрощення процедури отримання дозвілних документів на будівництво; мораторій на перевірки; послаблення валютного контролю; запровадження інституту приватних виконавців; прийняття закону про squeeze-out тощо. Крім того, Україна здобула безвізовий режим, який став певним маркером розвитку нашої країни за європейським зразком.

Зовнішньоторговельні відносини та інвестиційна діяльність країни є невід'ємними складниками її міжнародної економічної політики. У поєднанні з дипломатичними відносинами вони дають змогу зміцнити позиції країни на світовій арені.

## ЩО ПОТРІБНО ЗМІНИТИ В ЕКОНОМІЧНІЙ ТЕОРІЇ, ЩОБ ВОНА СТАЛА ПОТУЖНИМ ТВОРЧИМ ІНСТРУМЕНТАРІЄМ?

Мямлін В. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Myamlin Vladislav. What needs to be changed in economic theory to make it a powerful creative toolkit?*

**Summary.** *It is proposed to exclude from the economic theory the false category of "profit", which leads to negative consequences and interferes with the normal functioning of the economy. It is proposed to use simulation modeling to check the correct functioning of macroeconomics on the basis of completely different principles.*

В останні роки все частіше різні вчені та фахівці, й не тільки економісти, висловлюють серйозні критичні нарікання на адресу економічної науки. Як відомо, головна задача будь-якої науки, а тим більше економічної, полягає в поліпшенні життя суспільства. Вивчаючи реальну дійсність, наука повинна знаходити взаємозв'язки між фактами і явищами, вирішувати завдання і проблеми, що виникають, робити відповідні висновки і давати рекомендації, що полегшують життя людей. Тому наука повинна вміти аналізувати, прогнозувати, передбачати і, врешті-решт, управляти життям суспільства на основі своїх досягнень. Теорія повинна йти в авангарді практики і забезпечувати їй науковий підхід до управління економічним, духовним і соціальним життям держави, а не наукоподібно «наводити тінь на тинь». Економічну науку в ідеалі треба розглядати як інструментарій, який постійно сприяє вдосконаленню функціонування реальної економіки. В даний час вона зі своїми обов'язками не справляється і показала свою повну неспроможність. Це пов'язано з тим, що економічна наука досі залишається на застарілих концептуальних позиціях і продовжує оперувати помилковими економічними категоріями. Розвиток економічної теорії і втілення в практичне життя її рекомендацій, має таку ж важливість, як і використання досягнень природничих наук у сфері матеріального виробництва. В даний час ми спостерігаємо, що «науково-економічний» прогрес, набагато відстає від «науково-технічного» прогресу. Перш за все це стосується макро- і мега економік. Звернемо увагу на те, що в області «фінансово-економічних» теорій вже тривалий період зберігаються глибокі та стійкі помилки, засновані на асистемному підході та обмеженому економічному мисленні, що не враховує закони природи і величезний позитивний досвід створення штучних інженерних систем. Крім того, все це активно підігрівається політичними та ідеологічними штампами. Тому сучасна економічна модель вся суперечлива і абсолютно неприцездатна.

В даний час найбільш ефективним інструментарієм пізнання економічної дійсності є імітаційне моделювання з використанням обчислювальної техніки і математичних методів, яке вже давно успішно використовується при моделюванні складних технічних систем. Імітаційне моделювання ґрунтується на ідеї ізоморфізму різних систем і дозволяє відтворювати і вивчати навіть складні макроекономічні системи. Моделювання дозволяє аналізувати процес функціонування системи і знаходити «вузькі місця», у вигляді суперечностей між елементами системи, які призводять до негативних наслідків. Усуваючи ці протиріччя, можна домогтися різкого поліпшення функціонування системи, а то, і зовсім, створити макроекономічну систему, яка не допускає ніяких кризових явищ, властивих традиційній економіці. Імітаційна модель в цьому випадку грає роль архіважливої наукової гіпотези, яка дозволяє передбачати наслідки функціонуючого економіко-фінансового «механізму», перевірити, наскільки вірні наші знання про нього і наскільки ефективно їм можна управляти. Змінюючи принципи функціонування макроекономічної моделі можна переконатися, як істотно ці принципи впливають на кінцеві результати діяльності. В одних випадках вони погіршують економічні показники, в інших випадках - покращують. Виходячи з того, що критерієм істини є практика, яка виносить остаточний вердикт теорії, можна з упевненістю констатувати, що сучасна економічна теорія поки ще далека від істини, і являє собою звід деяких принципів і правил, або політичного, або ідеологічного спрямування, що сприяють збагаченню тільки невеликої купки людей, а для іншої частини суспільства, вона являє собою кризообразуючу систему, що гальмує розвиток реальної економіки та заважає нормальному товарообміну. Глобальна ж мета справжньої науки полягає в пошуку шляхів створення загального блага для всіх людей, а не у виправданні існуючих умов, що дозволяють створювати тільки благо для обраних.

На глибоке переконання автора, основною причиною «фінансово-економічних» криз, є наявність такої псевдоекономічної категорії як «прибуток». Ця категорія заважає нормальному розподілу товарів, так як створює дисбаланс між кількістю грошей, що спрямову-



ються на покупку товарів, і вартістю цих самих товарів. Те ж саме стосується відсотків по кредитах і депозитах. Нормальне господарське життя суспільства полягає в постійному виробництві та розподілі всіляких благ. Гроші були придумані, як еквівалент товару, що сприяє цьому розподілу. В результаті праці люди створюють матеріальні та духовні блага і отримують за це заробітну плату у вигляді грошей, які по суті є лише інформацією про те, на яку суму людина може придбати різних благ за свою працю. Для нормального розподілу товарів необхідно, щоб сума зарплат за вироблені блага, збігалася із загальною вартістю цих самих благ. Якщо вартість благ буде більше, то люди не зможуть їх всі придбати. Тому виникає необхідність в емісії грошей, яка супроводжується інфляцією, спадом виробництва і подальшим безробіттям. Таким чином, кінцева вартість товару повинна складатися тільки з заробітних плат всіх працівників, які беруть участь у виробництві товарів. Гроші повинні виконувати тільки роль посередника при розподілі товарів і послуг, а їм цілеспрямовано нав'язують самостійну цінність. Відбулася дуже хитра і підступна підміна понять. Така позиція нічого спільного з наукою не має. Ліквідація категорії «прибуток» тягне за собою додатковий ланцюжок змін: змінюється методика формування ціни товару, повністю змінюється система оподаткування, змінюються функції грошей, трансформується система кредитування, припиняється емісія грошей. Моделюючи процес функціонування макроекономічної системи держави на основі пропонованих нових принципів, можна переконалися, що система починає працювати безвідмовно, набагато ефективніше, виникає синергетичний ефект, економіка починає розвиватися швидкими темпами, бюджет стає бездефіцитним. Від економіки «топтання на місці» ми переходимо до економіки «динамічного розвитку». При правильній організації «економіко-фінансової» діяльності, ніяких кризових явищ бути просто не може. Високоєфективна економіка дозволяє найкращим чином з'єднати і використовувати наявні природні ресурси, людський трудовий потенціал та фінансовий еквівалент. На підставі нових економічних принципів, сформульована «Модель високоєфективної національної економіки», яка представлена у вигляді понятійно-термінологічного апарату, методологічного імперативу і методологічного інструментарію. Більш детально з «Моделлю високоєфективної національної економіки», а також іншими роботами на цю тему можна ознайомитися на сайті університету за адресою <http://ndch.diit.edu.ua/ua/innovative/model-vysokoeffektivnoy-natsionalnoy-ekonomiki.html>?

Дана Модель пропонується уряду України, а також урядам інших країн, при проведенні відповідних економічних реформ, з метою побудови потужної високорозвиненої гармонійної держави з високою соціальною захищеністю. У разі переходу на пропоновану Модель, будь-яку країну чекає небувалий економічний підйом.

## ОПТИМАЛЬНИЙ ВИБІР ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ПРОДУКЦІЇ ДЕРЕВООБРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Сазонець О.М.

Університет митної справи та фінансів

*Sazonets Olga. Optimal choice of vehicle of transporting products of the woodworking industry.*

**Summary.** *The article conducts research and identifies two main types of transportation of wood products, namely, by automobiles and rail. The advantages and disadvantages of using these modes of transport are presented. An algorithm for the selection of these tools by the transport department of the woodworking company has been developed. A model is constructed using the method of optimization of the utility function and constraints in the form of a linear function. The problem is solved using the method of Lagrange multipliers. The proportions of the company's use of road and rail transport in the supply of products are calculated.*

На сьогоднішній день деревообробна промисловість займає важливу позицію в економіці України. Проблема полягає у тому, що питання продажів не переробленої деревини й контролю за її реалізацією до кінця не врегульоване. Все частіше деревообробні підприємства скаржаться на проблеми з постачанням ресурсів, що пов'язано з транспортними нестиковками. Цей вид промисловості може ефективно функціонувати тільки при умові успішної логістики поставок як сировини, так і проміжної та готової продукції, що забезпечує транспорт України.

Відносини у галузі деревообробної промисловості регулюються багатьма нормативно-правовими актами. Зараз на розгляді Верховної ради України Проект Закону України «Про ринок деревини». Він спрямований на розвиток ринкових відносин у лісопромисловому комплексі з метою забезпечення деревиною потреб споживачів на принципах вільної і добросовісної конкуренції та сталого використання лісових ресурсів. Одною з таких компаній є деревообробна компанія «Світ дерев'яних виробів». Підприємство засновано 05.07.2001 року. З цього часу воно займається виробництвом пиломатеріалів з твердолистяних та хвойних порід деревини, до яких відносяться дубова паркетна заготовка, обрізна та необрізна дошка. Пропонуються послуги по сушінню деревини та завантажувальні, монтажні роботи.

Після виготовлення продукція компанії постачається в різні куточки країни та може бути поставлена за кордон. Для зв'язку зі споживачами існує спеціально виділена телефонна лінія та можливість спілкування електронною поштою. Серед транспортних засобів, що обираються споживачами, найбільш вживаними є залізничний транспорт та автотранспорт. За допомогою дослідження функціонування підприємства передостанніх років на основі первісних транспортних документів використання цих видів транспорту ми дізнались, що ці два види транспорту користуються однаковим попитом. Тоді ми можемо сказати, що існують однакові прихильності щодо використання визначених видів транспорту. В цьому випадку функція корисності буде мати такий вигляд:

$$U = m * p, \quad (1)$$

де  $m$  – відстань (в км), яку долає один автомобіль з місткістю 10 т, що перевозить продукцію деревообробної промисловості, в місяць;  $p$  – відстань (в км), яку долає один вагон на поїзді з місткістю 10 т, що перевозить продукцію деревообробної промисловості, в місяць.

Надання перевезення поїздом і автомобілем є взаємозамінними. Ці кількості беруться у середньому значенні.

Функцію-обмеження витрат підприємства з двома компонентами витрат на перевезення продукції опишемо наступним способом:

$$D = C_1 m + C_2 p, \quad (2)$$

де  $C_1$  – середня вартість перевезення продукції одним автомобілем на 1 км,  $C_2$  – середня вартість перевезення продукції поїздом в 1 вагоні на 1 км.

Максимізуємо функцію корисності:

$$U(m, p) = m \times p \rightarrow \max. \quad (3)$$

Нашу задачу можна розглядати як задачу визначення умовного екстремуму з використанням методу Лагранжа. Тоді:

$$L(m, p, \lambda) = U(m, p) + \lambda(C_1 m + C_2 p - D), \quad (4)$$

Підприємство, що ми розглядаємо, користується послугами декількох автоперевізників та залізниць. В середньому воно завантажує автомобілі марки MAN, MERCEDES, IVECO з вантажопід'ємністю до 10 тон. Взагалі в середньому це підприємство використовує автомобільні транспортні засоби і вагони місткістю в 10 т. Об'єм таких автомобілів становить від 30 до 40 кубометрів. Вартість перевезення з використанням автотранспорту в середньому складає 16 грн. за 1 км. Середня швидкість – 45 км за годину.

Вантажний поїзд їде набагато повільніше, ніж автомобільний транспортний засіб, з середньою швидкістю 36 км/за годину, але вартість його використання набагато менше (0,8 грн. за 1 км). Через цей факт ним часто користаються. Підприємство завантажує в основному вагони з місткістю 10 т, врахувавши, що товар необхідно перевозити із залізничної станції до пункту розміщення компанії-споживача. Розвантаження та завантаження продукції додатково буде коштувати 200 грн. за тону. Загалом за 10 т продукції це складе 2000 грн. незалежно від відстані. Львівська компанія деревообробної промисловості торгує по всій Україні. Але середня відстань перевезень буде складати 520 км. Таким чином з врахуванням відстані, швидкості, вартості перевезення, розвантаження – завантаження, доставки товару автомобільним транспортним засобом від залізничної станції до пункту споживання середня вартість провозу вантажу поїздом буде складати 5,57 грн. за 1 км.

Загальні витрати на провезення вантажу за день складають 3494,34 грн. Тоді представимо функцію-обмеження у наступному вигляді:

$$3494,34 = 16m + 5,57p, \quad (5)$$

Тоді

$$m = \frac{3494,34}{2 \times 16} = 109,2, \quad p = \frac{3494,34}{2 \times 5,57} = 313,68 \quad (6)$$

Таким чином визначено, що для досягнення успішного розподілу різних видів транспорту компанії найвигідніше робити в день перевезення поїздом у кількості 313,68 км і автомобілем – у кількості 109,2 км.

## СЕКЦІЯ 11 «ГУМАНІТАРИЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ»

### ІСТОРИЧНО-АНТРОПОЛОГІЧНІ СТУДІЇ МЕНТАЛЬНО-КУЛЬТУРНОГО ГОРИЗОНТУ МИНУЛОГО

Айтов С.Ш.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Aytov Spartak. Historical and anthropological studies of the mental and cultural horizon of the past.*

**Summary.** *Historical anthropology explores the human-dimensional horizon of the past and historical and cultural reality at different levels. Historical and anthropological studies include theoretical components of the analysis of the mental and cultural plane of the past and the historical and anthropological plane of historical and cultural processes.*

Історична антропологія досліджує людиновимірний горизонт минулого і історико-культурної реальності змістовно різних рівнів. Історично-антропологічні студії включає теоретичні компоненти аналізу ментально-культурної площини минулого і історично-антропологічної площини історико-культурних процесів. Кожна з них містить онтологічну (особливості бачення історичної динаміки) і гносеологічну (особливості когнітивних підходів) сфери.

Історично-антропологічні дослідження минулого містить цивілізаційну, цивілізаційно-регіональну, країно-етнічну ментально-культурні площини. Відповідно цивілізаційна ментально-культурна площина знаходить прояв у виокремленні і аналізі психологічних і соціально-культурних чинників розвитку та каузальності й шляхів їх впливу на загальну траєкторію історичного руху «локальних цивілізацій» «сталого» і «прикордонного типів». Цивілізаційно-регіональна ментально-культурна площина розкривається у осмисленні психологічно-поведінкових і суспільно-культурних факторів динаміки окремих регіонів «локальних цивілізацій» (зокрема регіонів Центрально-Східної Європи і Наддніпрянської України), які відрізняються від основного цивілізаційного масиву особливостями уявлень про світ і стереотипами суспільно-значущої діяльності їх мешканців, та причин і напрямків їх дії на історичні процеси більш значущого рівня. Країно-етнічна ментально-культурна площина проявляється у з'ясуванні психологічних і соціокультурних елементів розвитку окремих держав, суспільств й етносів, які входять до складу «локальних цивілізацій» і цивілізаційних регіонів, та причин і специфіки їх впливу на динаміку останніх.

Історично-антропологічний горизонт історико-культурних процесів включає сутнісні складові: макрокультурну, мезокультурну і мікрокультурну людиновимірні площини. При цьому макрокультурна людиновимірна площина розкривається у осмисленні соціально-психологічних і поведінкових особливостей, властивих суспільствам у часи великих культурних епох, як Раннє та Пізнє Середньовіччя, Відродження, Ранній Новий Час та ін. Мезокультурна людиновимірна площина реалізується у з'ясуванні ментальних аспектів розвитку культурних процесів та їх взаємовпливах у певних країнах. Мікрокультурна людиновимірна площина проявляється у розумінні психологічно-поведінкових аспектів динаміки і особливостей різноманітних соціальних груп.

Теоретичні компоненти зазначених історично-антропологічних розвідках ґрунтуються на методологічній основі неklasичного й постнеklasичного вимірів історичної антропології. При цьому на неklasичному вимірі ґрунтуються цивілізаційна і цивілізаційно-регіональна ментально-культурні площини історично-антропологічного горизонту динаміки минулого й макрокультурна і мезокультурна площини історико-

культурних процесів. Постнекласичний вимір є основою для формування країно-етнічної ментально-культурної площини гуманітарного горизонту історичних процесів й мікрокультурної людиновимірної площини історично-культурного розвитку. Підставою базування даних теоретичних утворень на некласичному вимірі є спільні методологічні елементи осмислення історично-антропологічної сфери реальності минулого: розуміння гіпотетичності теорій у аналізі людиновимірних аспектів історії, визнання суб'єкт-об'єктності пізнання гуманітарних площин історичних та історично-культурних процесів, ймовірного характеру законів їх розвитку у різні епохи. Причиною належності до постнекласичного виміру є такі концептуальні особливості теоретичних компонентів типологічного зрізу історичної антропології, як міждисциплінарний характер студій, залучення багатоваріантних теоретичних підходів до розвідок людського горизонту історичної та історико-культурної динаміки, розуміння невизначеності розвитку ментально-культурних об'єктів минулих епох.

Оригінальність дослідження історичною антропологією як сучасною філософією історії відносно концепцій зокрема неомарксизму, фрейдомарксизму, теорії становлення постіндустріального суспільства, концепції глобалізації, теорій «локальних цивілізацій» та «зіткнення цивілізацій» полягає у фокусуванні на осмисленні проявів ментальної і соціокультурної сфери історичної динаміки, світоглядних і морально-етичних цінностей суспільного розвитку, норм і установок індивідуальної і суспільно-значущої поведінки як тих, що утворюють сенси розвитку минулого. Наведені теоретичні положення історичної антропології проявляють когнітивну інноваційність та інтелектуально-евристичну значущість у таких основних концептуальних положеннях: всебічному та глибокому розумінні і дослідженні ментального і культурного горизонту динаміки минулого; підході до гуманітарної сфери історії як до такої, яка володіє високою ступінню сутнісної незалежності від інших суспільних сфер та значним впливом на них; інтеграції у своєму пізнавальному полі аналізу усіх аспектів історичних процесів, які піддаються впливу психологічно-культурної площини минулих епох.

## СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ І СПОРТУ В УКРАЇНІ

Дорош В.А.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Dorosh Vira. Strategy for the development of physical culture and sports in Ukraine.*

**Summary.** *The strategy defines the priorities of state policy provided by the Law of Ukraine "On Principles of Domestic and Foreign Policy", namely: creating conditions for the maximum realization of the abilities of talented athletes, ensuring equal rights and opportunities for physical culture and sports infrastructure, promoting the participation of Ukrainian athletes in international competitions, increasing the authority of the state in the world sports movement, improving state policy in the field of physical culture and sports, as well as promoting and promoting a healthy lifestyle, meaningful leisure.*

Кабінет Міністрів України прийняв постанову №1089 від 04.11.2020 «Про затвердження Стратегії розвитку фізичної культури і спорту на період до 2028 року». Втілення Стратегії дасть змогу комплексно підійти до розвитку сфери фізичної культури і спорту з використанням інклюзивного підходу та рівних можливостей для всіх груп населення. Стратегію розроблено за участю суб'єктів сфери фізичної культури і спорту, народних депутатів України, спортсменів, тренерів, менеджерів, громадськості. Напрацьовано пропозиції щодо створення платформи для забезпечення ефективної взаємодії суб'єктів сфери фізичної культури і спорту з використанням новітніх ІТ-

технологій, сучасного менеджменту для забезпечення якісних змін. Метою Стратегії є виховання фізично активної нації та формування позитивного іміджу України як передової спортивної держави на основі сучасної і доступної спортивної інфраструктури.

Стратегія буде реалізовуватися у три етапи: перший - 2021-2022 роки, другий - 2023-2024 роки, третій - 2025-2028 роки.

Визначено ряд завдань, що потребують розв'язання у сфері фізичної культури і спорту за п'ятьма напрямками:

- Фізично активна нація - популяризація фізичної культури і спорту, створення умов для залучення населення до оздоровчої рухової активності, розроблення та затвердження державних стандартів фізкультурно-оздоровчих послуг, запровадження пілотного проекту «Гроші ходять за послугою», створення фонду розвитку спорту.

- Спорт вищих досягнень - підготовка спортсменів до участі у топових спортивних змаганнях, підвищення рівня і якості спортивної медицини, науковий супровід підготовки спортсменів, автономія спортивних федерацій щодо розвитку видів спорту, профілактика вживання допінгу, проведення міжнародних іміджевих змагань на території України.

- Спортивна інфраструктура - створення мережі спортивної інфраструктури світового рівня, забезпечення доступності та привабливості спортивних об'єктів, у тому числі, спортивного туризму, розвиток баз олімпійської, паралімпійської та дефлімпійської підготовки.

- Цифрова трансформація сфери фізичної культури і спорту - отримання релевантних статистичних даних стану галузі, створення цифрових інструментів керування сферою, досягнення прозорості фінансової діяльності Мінмолодьспорту, підтримка ініціатив у сфері спортивних ІТ-стартапів.

- Кадрове забезпечення сфери фізичної культури і спорту - забезпечення сфери фізичної культури і спорту кваліфікованим кадровим потенціалом, затвердження нормативів кадрового забезпечення сфери, удосконалення системи підготовки та перепідготовки фахівців, прийняття сучасної концепції розвитку фахової освіти у сфері.

Очікуваними результатами реалізації Стратегії повинні стати:

- регулярні та свідомі заняття фізичною активністю або спортом не менше 30 % населення. За результатами статистичної звітності за формою № 2-ФК «Звіт з фізичної культури і спорту» за 2019 рік кількість осіб, які охоплені фізкультурно-оздоровчою та спортивною діяльністю становить 14,7 % загальної чисельності населення країни (2018 рік - 14,3 %, 2017 рік - 13,7 %). За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я в 2019 році за рівнем здоров'я українці перебували на 93 місці зі 169 країн світу.

- створення п'яти сучасних центрів підготовки спортсменів (Центр–Схід–Захід–Південь–Північ);

- побудова «25 спортивних комплексів» за Програмою Президента України;

- Україна у глобальній системі боротьби із вживанням допінгу в спорті;

- меценатська допомога розвитку сфери;

- проведення в Україні не менше 80 міжнародних змагань з різних видів спорту;

- посісти не нижче 21-го місця на Олімпійських іграх;

- посісти не нижче 10-го місця на Паралімпійських, Дефлімпійських Всесвітніх іграх.

Нормативно-правове та організаційне забезпечення реалізації цієї Стратегії здійснюється шляхом розроблення та прийняття у встановленому порядку відповідних законодавчих та інших нормативно-правових актів, планів та заходів.

Фінансове забезпечення реалізації Стратегії здійснюється за рахунок коштів державного та місцевих бюджетів, а також за рахунок коштів, не заборонених законодавством.

## ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРЕВАГИ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІН ГУМАНІТАРНОГО БЛОКУ ПІД ЧАС ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ В ПЕРІОД КАРАНТИННИХ ОБМЕЖЕНЬ

Євсєєва Г.П., Бабенко В.А.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

*Yevsieieva Halyna, Babenko Valentyna. Problems and benefits studying the of the humanitarian unit disciplines during distance learning during quarantine.*

**Summary.** *With the introduction of quarantine restrictions in Ukraine in connection with the coronavirus pandemic, distance learning using modern innovative methods and information and communication technologies has become extremely relevant.*

В умовах запровадження в Україні карантинних обмежень у зв'язку із пандемією коронавірусної хвороби дистанційне навчання із застосуванням сучасних інноваційних методів та інформаційно-комунікаційних технологій набуло надзвичайної актуальності. Перехід навчального процесу в онлайн режим в умовах карантину фактично зумовив використання єдиної форми навчання – дистанційної. З одного боку такий варіант передбачає впровадження інноваційних технологій, а з іншого – висвітлює проблеми і недоліки такої форми навчання.

У дев'ятій статті Закону України «Про освіту» (2017) зазначено, що дистанційна форма здобуття освіти входить до інституційних на рівні «очної, заочної і мережевої освіти». У Коментарі до окресленого закону України дистанційна освіта визначається як «сукупність інформаційних технологій, що забезпечують надання здобувачам освіти повного обсягу навчального матеріалу, інтерактивну взаємодію з викладачами у процесі навчання» (2017). Дистанційна освіта майже повністю базується на самостійній роботі студентів. Засобами, що забезпечують у дистанційному навчанні використання усіх форм взаємодії, є сучасні інформаційні технології. Здавалося б нічого незвичайного, адже однією з передумов зміни парадигми освіти на сучасному етапі є стрімкий перехід людства, у другій половині ХХ на початку ХХІ сторіччя, від індустріального до інформаційного суспільства. Наразі серед науковців існує безліч точок зору (В. Биков, А. Бойко, О. Комарова, Ю. Рамський, І. Арістова, В. Ліпкан та ін.) щодо визначення поняття «інформаційне суспільство» та «інформатизація освіти». Проте, узагальнений доробок науковців дозволяє стверджувати, що інформатизація освітнього процесу – це створення, розвиток і застосування інформаційних засобів та технологій, що забезпечують підтримку рівня інформованості здобувачів освіти, необхідного і достатнього для успішної самореалізації у професійній діяльності. Відтак дистанційні технології навчання можна розглядати як природний етап еволюції традиційної системи освіти від дошки з крейдою до електронної дошки й комп'ютерних навчальних систем, від книжкової бібліотеки до електронної, від звичайної аудиторії до віртуальної аудиторії.

Наразі дистанційне навчання – одне з не простих випробувань не лише для студентів, а й викладачів. Думки фахівців, щодо результативності нововведень різняться: одні вважають, що дистанційне навчання розширює можливості здобуття освіти, інші переконані, що така альтернатива ніколи не замінить аудиторного формату навчання.

Суспільні обставини обмежили можливість перебування студентів і професорсько-викладацького складу ЗВО в навчальних аудиторіях і живого спілкування між учасниками навчального процесу. За таких умов перед ЗВО постала нагальна потреба пошуку ефективних форм, методів і прийомів навчання, які, з одного боку, могли бути реалізовані в онлайн режимі, а з іншого – дозволили повноцінно формувати необхідні професійні знання, уміння й навички серед майбутніх фахівців. У цій ситуації на допомогу прийшли технічні засоби навчання і сучасні інформаційні технології. Відзначимо, що серед

педагогічних технологій, які забезпечують реалізацію інформаційних освітніх технологій (ІТ-технологій), що заявили про себе у скрутній суспільній ситуації та набули поширення в академічному середовищі Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, є платформа офісу 365, яка має чимало переваг для організації освітньої діяльності в межах дистанційно-змішаного навчання.

Серед переваг означеного програмного продукту можемо виокремити:

- просте налаштування. Викладач може організовувати декілька курсів одночасно, запрошувати студентів та інших викладачів, планувати навчальний процес;

- економія часу та паперу. Роздавати, контролювати виконання, перевіряти завдання можна в одному сервісі, зокрема додатки Tiems та Forms, надають можливість викладачу перевіряти підготовлені завдання самостійної роботи чи практичних завдань гуманітарного блоку;

- зручність. Студенти можуть переглядати лекції та презентаційні матеріали до лекцій, планувати виконання практичних завдань, в межах строків їх подання відповідно до календарного плану курсу, вчасно надсилати виконані роботи для перевірки;

- доступність і безпека. Офіс 365 є корпоративним і доступний безкоштовно як для викладачів так і для студентів.

Серед переваг та зручності у використанні Офісу 365 для організації навчання дисциплін гуманітарного блоку маємо й певні труднощі. Завдання викладача гуманітарія - використати можливості он-лайн платформи для організації освітнього процесу та застосувати особливі професійні доробки, власні творчі ініціативи та напрацювання у проєктуванні навчальних занять. Таким особливим доробком може стати доповідь студента під керівництвом викладача на науковій конференції, якщо тема доповіді актуалізує тему навчального заняття, розкриває зміст основних питань плану, формує проблемні питання або формулює висновки. У нашому випадку таким доробком може бути, наприклад, виступ студентів на конференціях та засіданнях наукових гуртків, організованих кафедрою українознавства, документознавства та інформаційної діяльності: щорічні науково-практичні студентські конференції «Українська культура: вчора, сьогодні, завжди», «Забуттю не підлягає» до днів скорботи участі України у II Світовій війні, «Традиційне українське житло: історія, сучасність, перспективи», «Інтелектуальна власність у цифровому світі: проблеми та здобутки»; засідання студентського наукових гуртків «Твоє» та «Простір слова».

Найскладніше завдання для переходу на дистанційно-змішаний формат навчання - це не скільки створення відповідного контенту, скільки засобів, за допомогою яких можна транслювати навчальний контент. Акумулювати необхідний методичний супровід навчального заняття та надати доступ студентам до сформованого навчального контенту (методичної розробки заняття, конспекту лекції, відеозаписів, створеної презентації, статистичної звітності та іншого).

Практика показує, що підготовка до занять повинна бути більш ретельною та досконалою. Безумовно, в умовах дистанційно-змішаного навчання, читання лекцій за підручником і перевірка конспекту не є сучасним методом викладання. Бажано застосовувати візуалізацію у вивченні тих чи інших теоретичних положень, застосовуючи презентації та відео з кожної теми навчального курсу. У певних предметах гуманітарного блоку, як то «Українська мова за професійним спрямуванням» варто застосовувати електронну дошку, яка дозволяє одночасне колективне використання - як викладачем, так і студентом, і не одним. Засоби інформаційних технологій дозволяють досягати позитивних результатів у цьому, але лише за рахунок додаткових витрат особистого часу викладача.

Серед переваг варто виокремити можливість використання такого інструменту як «тест» (в середовищі Forms), який дозволяє використовувати велику різноманітність у типах завдань, на відміну від підручників, а значить сформувати необхідний набір



компетенцій, які визначаються стандартом. Всі питання тесту зберігаються в базах даних за категоріями (темами) і можуть бути використані при створенні різних за наповнюваністю та рівнями складності тестів. Програма налаштована так, що у тест питання додаються випадковим чином з обраної категорії, при цьому питання і відповіді можуть бути перемішані, що ускладнює можливість списування і механічного запам'ятовування відповідей на питання.

Дистанційне навчання на платформі Офісу365 дозволяє студентам працювати за індивідуальними планами, маючи при цьому можливість консультацій з боку викладача, а також дозволяє удосконалювати навички використання сучасних прогресивних технологій. Ключовою особливістю середовища дистанційного навчання є мета максимально сприяти задоволенню і розвитку освітніх потреб студентів.

Поряд з перевагами дистанційного навчання постають і певні проблеми, що впливають на якість навчання:

- відсутнє живе спілкування здобувача освіти з викладачем, яке відбувалося в аудиторії;
- інформація накопичується без обговорення, додаткового аналізу, порівнянь, а самостійна навчальна діяльність не всім під силу;
- відсутня можливість прояву індивідуальності здобувачем освіти;
- важливою стає здатність швидко засвоювати, сприймати інформацію, яка розвинута не у всіх здобувачів освіти.

На результаті процесу навчання у розглядуваній формі також негативно відбивається відсутність безпосереднього контролю викладача за виконанням робіт під час практичних занять, можлива наявність робіт, що виконані не самостійно. Особливої уваги потребує забезпечення зворотного зв'язку між викладачем і здобувачем освіти. У цьому питанні знову з'являється проблема великих витрат часу викладачами на зворотній зв'язок, якого потім не вистачає на необхідне постійне оновлення навчального контенту, як важливого чинника якісних послуг такої форми освітнього процесу. Автори вбачають необхідність досліджень набутого досвіду у цьому напрямку, бо саме цього не вистачає для обміну досвідом і набуття нових підходів до контролю якості освіти.

Щоб визначити переваги та усунути недоліки дистанційного навчання на платформі Офісу365 в академії регулярно проводиться анкетування студентів з метою виявлення проблем, які виникають в роботі з електронними курсами, і з метою дізнатися їх точку зору щодо ефективності застосування дистанційних технологій в освітньому процесі. На думку тих, хто сумлінно навчається, поєднання звичайних аудиторних занять з самостійною роботою з електронними курсами достатньо ефективно. Особливо позитивно відгукуються ті студенти, хто відповідально навчається, хто прагне здобути якісний освітній рівень, набуваючи потрібні навички через вивчення дисциплін гуманітарного блоку.

## ОРГАНІЗАЦІЯ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ПРОФЕСІЙНО-ПРИКЛАДНОЇ ФІЗИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ У ЗВО

Коваленко Л.М., Умеренко В.Л

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Kovalenko Liudmyla, Umerenko Viktor. Organization and methods of professional and applied physical training at HEI's.*

**Summary.** *In the system of physical education at HEI's, the following forms of professionally applied physical training are determined: training sessions, amateur classes, physical exercises in the daily routine, mass health-improving, physical culture, and sports events.*

Організація ППФП студентів у процесі їх фізичного виховання і особливо на навчальних заняттях пов'язана з рядом об'єктивних труднощів, головними з яких є: відсутність або брак належної бази для проведення занять по цьому розділу фізичного виховання; вплив кліматичних і погодних умов на можливість проведення спеціально організованих занять по ППФП; недостатня фізична підготовленість вступників до ЗВО, яка ускладнює реалізацію деякої частини ППФПу навчальний час.

Останнє положення є одним із суттєвих, так як основою фізичного виховання студентів (і, зокрема, ППФП) є всебічна фізична підготовка, яка визначена програмою та заліковими нормативами з цього розділу фізичного виховання.

Тому будь-які коливання рівня фізичної підготовленості абітурієнтів, погодних умов та інше вимагають збільшення навчальних годин на загальну фізичну підготовку, вимушеного скорочення інших розділів програми фізичного виховання, а отже, гнучкого планування та використання різних форм ППФП в системі фізичного виховання студентів.

В даний час визначилося кілька форм ППФП в системі фізичного виховання, які можуть бути згруповані за наступним принципом: навчальні заняття (обов'язкові і факультативні), самосітні заняття, фізичні вправи в режимі дня, масові оздоровчі, фізкультурні і спортивні заходи. Кожна з цих груп має одну або декілька форм реалізації ППФП, які можуть бути вибірково використані або для всього контингенту студентів, або його частини. ППФП студентів на навчальних заняттях проводиться у формі теоретичних і практичних занять. Програмою фізичного виховання передбачається проведення занять, що забезпечують свідоме і методично правильне використання засобів фізичної культури і спорту для підготовки до професійних видів праці з урахуванням специфіки кожного факультету. Значення теоретичних занять велике, тому що в ряді випадків це єдиний шлях для викладу студентам необхідних професійно-прикладних знань, пов'язаних з використанням засобів фізичної культури і спорту. На цьому занятті повинні бути висвітлені такі питання:

1. коротка характеристика різних видів праці з більш докладним викладом психофізіологічних особливостей праці фахівців, які навчаються на даному факультеті;
2. динаміка працездатності людини в процесі праці, з висвітленням особливостей зміни працездатності фахівців даного профілю протягом робочого дня, тижня і року;
3. вплив вікових та індивідуальних особливостей людини, географічних і кліматичних і гігієнічних умов праці на динаміку працездатності фахівця;
4. використання засобів фізичної культури і спорту для підвищення і відновлення працездатності фахівців, з урахуванням умов, характеру та режиму їх праці та відпочинку;
5. основні положення методики підбору фізичних вправ та видів спорту з метою боротьби з виробничим стомленням, для профілактики професійних захворювань;
6. вплив занять фізичною культурою і спортом на прискорення професійного навчання.

Як правило, ці питання слід викласти в першій половині занять. Зміст матеріалу має ґрунтуватися на спільних теоретичних положеннях із залученням прикладів з професійної діяльності випускників даного факультету.

Друга половина занять присвячується питанням, які безпосередньо пов'язані з професійною діяльністю випускників даного факультету:

1. характеристика умов праці та психофізіологічних навантажень фахівця в процесі праці, на різних робочих місцях;
2. основні вимоги до фізичної і спеціальної прикладної підготовленості фахівця, що забезпечують високу і стійку продуктивність його праці;
3. перелік основних професійно-прикладних навичок, необхідних фахівцю для забезпечення високої продуктивності і безпеки праці;

4. використання засобів фізичної культури і спорту з метою підготовки (самопідготовки) до професійної діяльності, попередження професійних захворювань і травматизму, забезпечення активного відпочинку у вільний час.

При викладі даної теми повинна бути врахована і інша особливість підготовки фахівців вищої кваліфікації. Навчальний матеріал повинен бути розрахований не тільки на особисту підготовку студента, але і на його підготовку як майбутнього керівника виробничого колективу. Однак не завжди весь необхідний теоретичний матеріал з ППФП може бути викладено протягом двох годин занять. У цьому випадку слід використовувати і форму короткої тематичної бесіди під час проведення практичних занять з розділу фізичного виховання. Зокрема, питання техніки безпеки в багатьох випадках більш доцільно пояснювати саме під час практичних занять. ППФП при самостійних заняттях студентів у позанавчальний час також має кілька форм:

– Заняття прикладними видами спорту під керівництвом викладачів-тренерів у спортивних секціях спортивного клубу, в оздоровчо-спортивному таборі, на навчальних практиках;

– Самостійні заняття фізичною культурою та окремими видами спорту, сприяють вихованню прикладних фізичних і спеціальних якостей, формуванню прикладних вмінь та навичок у вільний час протягом навчального року, на навчальних і виробничих практиках, в канікулярний час.

Більшість дослідників вказують, що високої ефективності при вихованні професійно-прикладних фізичних якостей можна досягти за допомогою досить різноманітних засобів фізичної культури і спорту.

При підборі засобів фізичного виховання з метою ППФП має сенс провести диференційоване їх угруповання, що дозволить більш направлено і вибірково використовувати ці засоби в процесі фізичного виховання студентів.

Такими групами засобів ППФП студентів можна вважати: прикладні фізичні вправи та окремі елементи з різних видів спорту; прикладні види спорту, оздоровчі сили природи та гігієнічні фактори; допоміжні засоби, що забезпечують раціоналізацію навчального процесу по розділу ППФП.

Прикладні фізичні вправи, і окремі елементи з різних видів спорту можуть у поєднанні з іншими вправами забезпечити виховання необхідних прикладних фізичних і спеціальних якостей, а також освоєння прикладних умінь і навичок.

## ПИШАТИСЯ ТРУДОВОЮ ЗВИТЯГОЮ ПРАЩУРІВ

Кривчик Г.Г.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Kryvchyk Gennadii. To be proud of the labor success of ancestors.*

**Summary.** *It is argued that examples of the victorious work of the older generation of Ukrainians after World War II should be used in the patriotic upbringing of modern youth, including students.*

За різних часів і за будь-яких політичних режимів наш народ боронив свою свободу, напружено працював, створював матеріальні блага, чому чимало яскравих прикладів, достойних поваги і нагадування. Вони мають стати історичною основою виховання нинішньої молоді, якій належить забезпечити економічне відродження незалежної України. Серед таких прикладів – звитяжна праця людей у роки післявоєнної відбудови господарства, яке звалось народним.

Матеріальні збитки України, тодішньої УРСР, після закінчення Другої світової війни становили 285 млрд крб. у довоєнному обчисленні. Було зруйновано понад 700 міст, 23 тис. сіл, 15 тис. промислових підприємств тощо. Без житла залишилося майже 10 млн людей. Загибло не менш як 7 млн людей, серед них 3 млн – на фронтах війни. Понад 2 млн осіб було вивезено до Німеччини.

За такої ситуації всі міжнародні експерти майже одноголосно стверджували, що СРСР і, зокрема, Україна зможуть відродити економіку тільки через десятки років, якщо взагалі це зможуть зробити. Можливо, так би воно і сталося, якби не справжній патріотизм і не самовіддана праця людей – прадідів нинішнього молодого покоління, зокрема студентів.

Слід також визнати, що будь-яка суспільно корисна праця потребує організації й професійного керівництва. Радянська командно-адміністративна система, яка згодом загальмує розвиток економіки, у екстремальних умовах післявоєнної відбудови виявила здатність розв'язувати найскладніші економічні завдання.

Ще наприкінці війни, за лічені місяці в Україні запрацювали промислові гіганти Придніпров'я й Донбасу, які не зуміли запустити окупанти упродовж двох років. У 1946 р. Верховна Рада СРСР і, відповідно, й Верховна Рада України прийняли четвертий п'ятирічні плани, згідно з якими потрібно було відбудувати економіку протягом 5-ти років, тобто до 1950 р.

Відволікання значної частини коштів і ресурсів на зміцнення обороноздатності не завадило державі надати суттєву матеріальну підтримку регіонам, які особливо постраждали під час війни. Так, у відбудові Дніпрогесу брали участь понад 120 підприємств країни.

Відбудова в Україні здійснювалася власними силами без зовнішньої допомоги. Характерними рисами відбудовчих процесів в республіці були пріоритетний розвиток важкої промисловості, активна роль командної системи. Але переважна більшість радянських людей підтримали політику партії й уряду. Вони віддавали всі сили роботі й здатні були миритися з відсутністю елементарних побутових зручностей заради «світлого майбутнього».

Певну, але не вирішальну, роль у відбудові відіграла також по суті рабська, неоплачувана праця в'язнів радянських концтаборів (ГУЛАГу). Часто-густо до відбудови міст, заводів і шахт залучали людей у «добровільно-примусовий спосіб». У першу чергу це стосувалося молоді, комсомольців. Серед них, до речі, була й моя юна мама, яка під час німецької окупації, ризикуючи життям, втекла від угону в Німеччину, але не уникнула примусової мобілізації на роботу для відбудови шахт Донбасу.

Завдяки зазначеним факторам відродження промисловості в Україні здійснено на півроку достроково. У 1950 р. обсяг промислової продукції в республіці збільшився майже в 4,5 рази і перевищив рівень 1940 р. на 15 %. Україна знову стала однією з провідних індустриальних країн світу. Вона виплавляла більше чавуну на душу населення, ніж Великобританія, Німеччина, Франція. Особливо великим був прогрес у Західній Україні, де до війни великої промисловості практично не існувало.

Не можна не відмітити успіхи Дніпропетровщини у відбудові господарства. Мабуть, у цьому неабияку роль відіграв Л. Брежнєв, який народився в Каменському (Дніпродзержинську). Будучи після війни першим секретарем Дніпропетровського обкому і міськкому партії, очолював процес відбудови. Згодом він буде обіймати більш високі державні посади. З 1964 по 1982 р. очолюватиме СРСР.

Інше становище склалося у сільському господарстві, яке зазнало особливо великих втрат під час війни. Загинула на фронті більша частина чоловіків, повністю знищені машинно-тракторний парк, худоба тощо. У буквальному розумінні, подекуди, щоб обробити землю, доводилося впрягатися в плуга жінкам і підліткам. На селі зберігалися й інші ознаки неофеодальних відносин: безкоштовна праця відробітки у колгоспному

виробництві; фактичне покріпачення селянства, яке через відсутність паспортів було позбавлене можливості залишити місце проживання; велика особиста залежність колгоспника від адміністрації. Через посуху 1946 р. в Україні настав голод, від якого особливо постраждало сільське населення, померло близько 800 тис. людей.

Щоправда, щорічно в країні здійснювалося зниження цін на окремі товари, що подавалося пропагандою як піклування Сталіна про людей. Але це відбувалося головним чином за рахунок укр. низького життєвого рівня більшості радянських людей, експлуатації селянства з боку держави, примусової підписки на облігації державної позики, низької заробітної плати тощо. Певна річ, чимало було показухи, піару, як ми сьогодні говоримо.

У 1970-ті рр. я працював учителем у Мелітопольській школі, що була розташована біля залізничного вокзалу, й чув від свого старшого колеги, вчителя-ветерана Ю.І. Соболева таку історію (а він їх розповідав багато!). Одного дня, вірогідно, це відбувалося в 1949 р. учитель ішов на роботу. І йому, як завжди, для цього необхідно перейти через залізничну колію, де цього разу його зупинила міліція. Однак учителя добре знали, серед міліціонерів були його колишні учні – його пропустили на перон. І там він побачив самого Сталіна, який вийшов з вагону на свіже повітря – у військовому кітелі, галіфе, високих чоботах, з трубкою у роті. Коли урядовий потяг відійшов, вчитель підійшов до привокзального кіоску купити цигарки. І був шокований. На полицях він побачив різні делікатеси за край низькими цінами. Та не встиг він дістати гроші, як уся ця смакота швидко зникла. Такими були тодішні реалії.

Так чи інакше, однак попри злиденне життя, попри всі негаразди, люди віддавали в буквальному розумінні цих слів усі сили і здоров'я для того, щоб відбудувати країну й жили надіями на краще майбутнє, довіряли, як і в роки війни, своєму керівництву, правлячій партії.

Напружену, виснажливу і майже безкоштовну працю людей на користь держави, їх здатність зносити матеріальні нестатки не можна пояснити тільки тиском тоталітарної системи та рабською психологією «совків». Головне полягає в працьовитості, впевненості громадян у правоті своєї справи і мабуть, у дотриманні принципу: «Спочатку думай про Батьківщину, а потім про себе!». Чого, до речі, нам так не вистачає сьогодні.

### **ПІДВИЩЕННЯ МОВНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ СТУДЕНТІВ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ «УКРАЇНСЬКА МОВА (ЗА ПРОФЕСІЙНИМ СПРЯМУВАННЯМ)»**

Лагдан С. П.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Lahdan Svitlana. Improving students' language competence while studying the discipline «Ukrainian language (for specific purposes)».*

**Summary.** *Linguistic competence testifies to the education and professionalism of the specialist. The main measures to increase students' language competence are the formation of a stable motivation to learn the language, the development of a single language regime in the institution and the improvement of speech culture.*

Освіченість і професіоналізм фахівця на сучасному етапі утвердження державного статусу української мови визначає мовна компетентність, під якою традиційно розуміють базові знання норм сучасної української мови та вміння, які показують рівень практичного володіння цими нормами. Мовна компетентність реалізується в усній або письмовій формах, за офіційних чи неофіційних обставин. Загалом її формування розпочинається в

рамках шкільної освіти, а навчання в ЗВО має сприяти поглибленню знань про систему й функціонування мови та вдосконаленню мовленнєвої майстерності відповідно до фаху.

Успішність та ефективність будь-якої діяльності, у тому числі й навчальної, залежать від такого соціально-психологічного чинника, як мотив, що забезпечує інтерес особистості до пізнання, активізує розумові зусилля. Саме тому головним критерієм підвищення мовної компетентності студентів вважаємо вироблення в них стійкої мотивації до вивчення мови та засвоєння літературних норм. Такими мотивами можуть бути: соціальні – прагнення студентів через удосконалення культури мовлення утвердити свій соціальний статус у суспільстві, навчальному закладі, виробничому підрозділі тощо; спонукальні, пов'язані з впливом на свідомість порад, прикладів та формуванням прив'язаності до рідної мови, почуття поваги до неї та її історії, турботи про її функціонування, відповідальності за свої мовленнєві дії; пізнавальні, що виявляються в пробудженні пізнавальних інтересів (до структури мови, її лексичного розмаїття, семантичних відтінків тощо) й реалізуються через отримання задоволення від самого процесу пізнання та його результатів; професійно-ціннісні, які відображають прагнення студентів отримати не лише ґрунтовну фахову, а й мовнокомунікативну підготовку для ефективної професійної діяльності.

Не менш важливе значення для формування високої культури мовлення має мовне середовище, у якому перебувають студенти. Тому наступний критерій підвищення мовної компетентності студентів убачаємо у виробленні в навчальному закладі єдиного мовного режиму, що забезпечить стійку мовленнєву практику в навчальній, науковій, навчально-виробничій, громадській діяльності та дозвіллі. Звичайно, для цього потрібно підвищувати мовну компетентність і самих педагогів, наприклад, через упровадження спеціальних курсів та консультацій.

Ще одним критерієм підвищення мовної компетентності студентів, на наш погляд, є підвищення значимості дисципліни «Українська мова (за професійним спрямуванням)», створення привабливості навчального матеріалу, зокрема, через урізноманітнення способів його подачі, добір цікавих, змістовних та пізнавальних з огляду на культурно-ціннісні орієнтації українського суспільства та майбутню професійну діяльність вправ і завдань різного типу, відтворення ситуацій професійно орієнтованого мовлення тощо.

Ознаками високої культури мовлення студентів є точність, ясність, виразність, стилістична вправність та майстерність у доборі структурних варіантів висловлювання, у використанні лексичних і граматичних синонімів. А сформувати їх можна лише через досконале оволодіння мовними нормами й послідовне дотримання їх. Норма в мові є категорією суспільно-історичною й соціально-естетичною, вона відображає безпосередній процес мовної комунікації, сприяє розвитку мови, засвоєнню нового відповідно до потреб науково-культурного поступу. Проте для вироблення мовленнєвих навичок самого лише знання норм недостатньо, потрібна різноманітна й ефективна практика, пов'язана з мисленням. У цьому зв'язку доречними будуть вправи, спрямовані на осмислення й аналіз, порівняння мовних явищ, розвиток творчих здібностей, моделювання, реконструювання, переклад, граматичну трансформацію тощо.

Глибоке знання української мови, належний рівень культури усного й писемного мовлення є показником високого інтелекту фахівця й громадянина. Мовна освіта, усвідомлення необхідності дотримання закріплених літературних норм виховують волю, дисципліну й творчість.

## СИСТЕМА ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ СТУДЕНТІВ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ ВАЛЕОЛОГІЧНОЇ КУЛЬТУРИ ОСОБИСТОСТІ

Лутаєва Н.В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Lutaieva Nadia. Physical education system of students as a means of formation personality valeological culture.*

**Summary.** *Valeology is an integrative science of the fundamental lawrs of formation, preservation and strengthening of individual human health.*

Сучасна молодь вступає в життя в епоху бурхливого розвитку не тільки науки і техніки, а й негативних наслідків науково-технічної революції та демографічного вибуху.

Нині, як ніколи, назріла необхідність у формуванні нової філософії життя, моралі, свідомості, нових підходів і принципів мислення щодо відносин людини і навколишнього середовища, у формуванні нового погляду на своє здоров'я та його збереження.

Валеологія – інтегративна наука про фундаментальні закони формування, збереження та зміцнення індивідуального здоров'я людини.

Згідно з визначенням Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) "здоров'я" – не що інше, як стан повного фізичного, психічного і соціального благополуччя, а не тільки відсутність хвороб або фізичних дефектів. Це визначення закріплене в основах Законодавства України про охорону здоров'я.

Валеологія – це теорія і практика управління здоров'ям у всіх його аспектах: фізичному, психічному, духовному, соціальному. Валеологія як наука складається з двох частин: 1) загальна валеологія; 2) галузева валеологія.

Сучасна вища освіта трансформується на вимогах створення умов для соціального розвитку майбутнього фахівця, підготовки його до сучасних реалій життя та професійної діяльності. Фізичне виховання, будучи підсистемою цілісного педагогічного процесу, також орієнтоване на виконання сучасного замовлення суспільства з підготовки здорового фахівця, здатного організувати і вести здоровий спосіб життя і переносити значні фізичні, психічні та інтелектуальні навантаження та передавати свої знання майбутнім поколінням

Цілеспрямована валеологічна підготовка студентів сприяє органічній «безболісній» корекції, новосформованих і ще незафіксованих відповідними анатомічними структурами організму здоров'яруйнуючих, валеологічно неграмотних поведінкових реакцій, а також природному легкому і відносно швидкому формуванню здоров'язберігаючих стереотипів поведінки та високому рівню їх валеологічної грамотності.

Основна мета педагогічної валеології – повідомлення знань про здоров'я, а мета фізичного виховання – практична реалізація цих цілей у вміннях і навичках. Практикою оздоровлення в освітніх системах, у тому числі і закладах вищої освіти, опікуються переважно викладачі кафедр фізичного виховання. Отже, теоретичні знання про здоров'я також мають надаватися на цих кафедрах. Таким чином, мова йде про гармонійне єднання фізичної культури та медицини у вигляді валеологічних зв'язків. Такий підхід сприяє залученню студентів до дослідження свого способу життя, аналізу та пошуку шляхів оздоровлення.

Професійно-валеологічна підготовка студентів, що здійснюється в процесі фізичного виховання, повинна передбачати:

- поглиблене вивчення теоретичного курсу з проблем збереження і зміцнення здоров'я та основ здорового способу життя;

- уміння методично грамотно використовувати засоби і прийоми в оцінці рівня свого здоров'я, фізичного розвитку, фізичної підготовленості та корекції статури;

– практичне застосування одержаних знань і вмінь у професійній діяльності та повсякденному житті.

Професійно-валеологічна підготовка студентів покликана орієнтувати систему фізичного виховання на новий підхід – формування валеологічної культури особистості. Для покращення валеологічної підготовки студентів побудова занять з фізичної культури має відповідати наступним методичним вимогам:

– забезпечення повноцінного засвоєння знань без шкоди для рухової активності; це досягається органічним поєднанням теоретичного матеріалу зі змістом практичної діяльності;

– використання інноваційних технологій, які інтенсифікують навчально-виховний процес;

– методика навчання має передбачати міжпредметні зв'язки під час засвоєння валеологічних знань, що одержують студенти в інших галузях, пов'язаних з валеологією і фізичною культурою.

Можна виділити основні положення оновленої сутності фізичного виховання:

– ефективна валеологічна освіта студентів можлива лише з переводом системи фізичного виховання в суб'єкт-суб'єктні відносини, до педагогіки співробітництва, наданням кожній особистості можливості оволодіння основами фізичної культури на шляху вільної реалізації фізичних здібностей;

– гуманізація процесу фізичного виховання, що орієнтує його на облік індивідуальних особливостей кожного студента, розвиток самостійності, залучення їх до здорового способу життя, валеологічних норм поведінки;

– гуманітаризація змісту фізичного виховання студентів, що забезпечує відповідне подання в ньому процесів духовного і тілесного розвитку людини, використання засобів фізичної культури як соціальної передумови валеологічної освіти;

– переведення змісту фізичного виховання у професійно-валеологічний напрям, де кожен майбутній фахівець зможе перенести це майбутнім поколінням у процесі своєї професійної діяльності.

Організація професійно-валеологічної підготовки студентів у процесі фізичного виховання будується на одному з найважливіших методологічних принципів загальної педагогіки – єдності навчання і виховання, реалізація якого передбачає органічну взаємодію всіх форм навчально-виховного процесу, включаючи обов'язкові навчальні заняття, позанавчальну діяльність, а також самоосвіту і самовиховання студентів.

## ВИХОВАННЯ СТУДЕНТІВ НА ГЕРОЇЧНИХ ТРАДИЦІЯХ УКРАЇНСЬКОГО КОЗАЦТВА

Михайлова Л. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Mykhailova Liliia. Education of students on heroic traditions of ukrainian cossacks.*

**Summary.** *The formation of patriotic consciousness of students is an important part of the educational process in the institution, in particular higher. One of the main part of patriotic education is education in the traditions of the Ukrainian Cossacks, which provided many wonderful examples of serve to the people and the state.*

Козацтво – це один з світових феноменів, над яким замислювалися багато поколінь дослідників. Так, Д. Яворницький, оспівував запорізьке козацтво у своїх працях «Історія запорізьких козаків», «Запорожье в остатках старины и приданиях народа». Героїчні



сторінки козацької січової епопеї також відображали у своїх працях М. Костомаров, В. Антонович, М. Грушевський та інші українські історики.

Козацтво зробило великий внесок у розвиток культури й духовності українського народу. Козацька старшина й козаки побудували багато православних храмів, архітектурний стиль яких, одержав назву “козацьке бароко”. Козацькі думи та пісні, у яких відбилосся героїчне і трагічне життя України, і в яких живе гаряча любов до Батьківщини, відзначаються неперевершеною художністю. Вони несли високі і шляхетні ідеали, мали величезний вплив на піднесення національної свідомості українського народу, формували його внутрішній духовний світ.

Козацтво – це героїка, скарбниця високої духовності наших предків, джерело натхнення в боротьбі за свободу й незалежність, це вершина військової майстерності українського народу. І справді, неможливо знайти в минулому України якесь інше явище, щоб так глибоко й різнопланово вплинуло на історичну долю всього народу.

У Європі козацтво вважали суверенною військово-політичною силою, яка впливала на міжнародні відносини й навіть визначала за певних обставин хід політичних і воєнних подій [2].

Є надзвичайно багато відомих і мало відомих матеріалів з історії запорозького лицарства, оспіваних та неказаних, які мають обов’язково доноситися до студентської аудиторії. Виховання в козацько-лицарських традиціях є одним із найоригінальніших явищ українського процесу формування та розвитку особистості, а саме, студентської, воно відбиває духовне ядро нації, її прагнення до волі, незалежності, демократизму. Сьогодні саме вони мають бути невід’ємною складовою освітньо-виховної системи [2].

Українська держава сприяє відродженню українського козацтва, популяризації серед молодого покоління козацьких ідеалів і принципів, вихованню молоді на славних традиціях наших предків. Із цією метою було впроваджено ряд законодавчих актів: на виконання доручення Президента України від 10 жовтня 2000 р. № 1-4/1263 про «Вживання заходів щодо ширшого залучення козацьких товариств до військово-патріотичного виховання, організації фізкультурно-спортивної, туристично-краєзнавчої та культурно-просвітницької роботи серед школярів, посилення ролі українського козацтва у підготовці молоді до військової служби»; Указ Президента України від 15 листопада 2001 р. № 1092/2001 «Про Національну програму відродження та розвитку Українського козацтва на 2002-2005 роки»; Указ Президента України від 25 жовтня 2002 р. № 948/2002 «Про Концепцію допризовної підготовки і військово-патріотичного виховання молоді» та з метою активізації національно-духовного виховання молоді й підвищення рівня її готовності до захисту Батьківщини [1].

У багатьох ЗВО нашої країни питання про козацтво поставлено на певний щабель у вихованні військово-патріотичної свідомості. Сьогодні в Україні існує близько трьох десятків козацьких організацій з всеукраїнським статусом. Лише в Дніпропетровський області – двадцять вісім обласних організацій, в том числі Дніпропетровська обласна громадська організація «Січеславське Козацтво Запорозьке», де залучена студентська молодь. Козацька старшина особливу увагу приділяє вихованню підростаючого покоління на традиціях козацтва Запорозького [3].

Студенти з великим задоволенням дізнаються про побут, військові походи козаків, все більше дізнаючись про забуті факти, які дають можливість глибинно поглянути на історичне козацьке минуле, приймаючи участь у певних гуртках, клубах, художній самодіяльності козацького напрямлення. Так, у Національній металургійній академії м. Дніпра, функціонує клуб «Берегиня», де через побут, пісні, легенди, перекази, студенти відображають на сцені безмежну любов та повагу до козацтва. У своїх виступах вони вкладають своє розуміння легендарного минулого українського народу, національної гідності, при цьому втілюючи народне прислів’я «Козацькому роду нема переводу».

Отже, дуже важливо, щоб наша молодь була залучена до традицій козацтва запорозького, свідомому засвоєнню козацько-лицарського минулого нашого народу, військово-патріотичному вихованню, духовному відродженню, формуванню високих моральних якостей: відваги, сміливості, чесності, справедливості, рішучості, фізичного загартування.

Бібліографічні посилання

1. Дзюбак С. (2009) Виховання молоді на традиціях українського козацтва. - URL: [osvita.ua/school/method/upbring/2626/](http://osvita.ua/school/method/upbring/2626/)
2. Завальнюк О.М., Блажевич Ю.І., Пілат В.С. (2018) Козацька педагогіка і навчально-виховний процес у закладів освіти: Зб. матеріалів науково – методичного забезпечення впровадження козацької педагогіки. Кам'янець-Подільський: ПП Зволейко Д.Г.
3. Палій А, Гордієнко М. (2008) Козацька спадщина. Дніпропетровськ: Дніпрокнига.

## НАДАВАТИ ОСВЯЧЕННЯ ЖИТТЮ МОЛОДОЇ ЛЮДИНИ

Мірошниченко О.В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Miroshnychenko Oksana. Illuminating the life of youth.*

**Summary.** *The article considered the need for the upbringing of young people in contemporary society. The effect of the deductive thinking model of young people generated to problems with spirituality and faith. Spirituality and moral principles were lost by society, that have been changed values among young people.*

Однією з проблем сьогодення є гармонійний розвиток особистості, що включає в себе формування здорових моральних та духовних потреб та поєднує такі якості, як чесність, гідність, доброта, порядність, піклування про близьких людей. Серед основних виховних завдань закладів освіти, що були сформульовані в Концепції національно-патріотичного виховання дітей і молоді, затвердженої МОН України у 2015 році, є культивування кращих рис української ментальності: працелюбності, свободи, справедливості, доброти, чесності тощо [2]. Реалізація даного завдання, на мою думку, неможлива без виховання духовності у молодій людині, її навертання до віри в Бога, усвідомлення того, що є добро, а що – гріх.

Не можна замовчувати, обходити проблему взаємозв'язку духовності та релігії, духовності та віри. За великим рахунком, немає духовності без віри. Релігійність проявляється не стільки на рівні світоглядному, скільки на рівні задоволення духовних і моральних потреб людини, у дотриманні сімейно-побутових традицій, релігійному спілкуванні, поясненні сенсу та цінності життя. Справжня релігійність проявляється тоді, коли релігійна віра виступає мотивом вчинків, поведінки людей. У пошуках точки опори у вірі сучасного життя, молоді люди, які тільки починають свій самостійний шлях, усе частіше звертаються до Бога.

Однак моральна прірва у вихованні молоді зумовлена руйнацією духовних основ життя людини у радянському суспільстві з його подвійними стандартами і атеїзмом. Як писав знаний церковний ієрарх УПЦ Київського Патріархату єпископ Димітрій у передмові до Закону Божого С. Слобідського: «Роки войовничого безбожництва в нашій країні призвели в результаті до історичного і релігійного безпам'ятства, перервали чимало традицій, які зміцнювали зв'язок поколінь, надавали життю освячення через вірність віковим звичаям, переданням, установленням» [3, с. 4]. На жаль, і реалії «дикого капіталізму» у нинішньому українському суспільстві теж вносять у молодіжне середовище такі негативні соціальні явища, як злочинність, розбещеність, агресивність,

жорстокість. Духовна криза українського суспільства сьогодні стає усе більш загрозливою. Суспільство втратило духовно-моральні ідеали, що призвело до кардинальної зміни ціннісних орієнтацій у молодіжному середовищі.

Рівень розвитку сучасної цивілізації свідчить не лише про значні досягнення людства, але й про небезпечні явища, що пов'язані з падінням престижу моральності та духовності в суспільстві. Про це, зокрема, свідчать ненависть, злочинність і зло в усіх його проявах.

Наслідком деструктивних явищ у суспільстві є відчуження молоді від моралі, зневіра, бездуховність, зневажливе ставлення до культури, традицій, духовних надбань свого народу, байдужість до власної долі, долі держави, тобто відбувається певне заперечення духовності як суспільно й особистісно важливого феномену. Звісно, Закон про вищу освіту надає кожній молодій людині право на вищу освіту незалежно від віку, громадянства, місця проживання, статі, кольору шкіри, соціального і майнового стану, національності, мови, походження, стану здоров'я, ставлення до релігії, наявності судимості, а також від інших обставин [1].

Для сучасного українського суспільства характерним є настрій, коли занепад релігії сприймається не як позитивне, а як негативне соціальне явище. У суспільстві існує набувна потреба у визначенні моральних абсолютів, що надають людині почуття впевненості і значимості свого існування. Сучасний інтерес до питань релігії в нашому суспільстві пов'язаний деякою мірою зі специфікою її ціннісної системи, що містить у собі найважливіші для людини уявлення про Бога, сенс життя, значення смерті, вічність моральних норм.

Список використаних джерел:

1. Закон України про вищу освіту - URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text>.
2. Наказ МОН №641 від 16.06.15. - URL: [http://ru.osvita.ua/legislation/Ser\\_osv/47154/](http://ru.osvita.ua/legislation/Ser_osv/47154/).
3. Слобідський Серафим. Закон Божий. 3-є вид. К.: Вид. відділ УПЦ КП, 2003. 655 с.

### **“ПРИЩЕПЛЕННЯ” ПРИНЦИПІВ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ СТУДЕНТАМ**

Накашидзе І.С.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Nakashydz Iryna. “Grafting” the principles of academic integrity to students.*

**Summary.** *The Law of Ukraine “On Education” tells about the principles of academic integrity both by teachers and students. There is a problem with students' misunderstanding of academic integrity itself. This paper provides main steps and methods for teachers for educating students of the ethics of the scientist (and the human).*

Проблема академічної доброчесності є дуже актуальною у наш час. І не лише у науковій сфері, а й у навчальній.

У статті 42 Закону України “Про освіту” подано визначення: “Академічна доброчесність – це сукупність етичних принципів та визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання та/або наукових (творчих) досягнень”. Метою цього закону є не лише залучити викладачів та науковців до дотримання принципів академічної доброчесності, до перевірки дипломних робіт на плагіат, а й проводити виховну роботу серед студентів з метою прищеплення цих принципів.

На жаль, більшості студентам невідоме поняття академічної доброчесності (хоча вони знають про поняття “плагіат”). Враховуючи факт, що викладач має проводити окрім навчання ще й виховну роботу, то в цьому контексті окреслюється напрямок цієї роботи. У межах цього дослідження можна подати наступні кроки до прищеплення принципів академічної доброчесності студентам.

1. Розповідати та роз’яснювати принципи академічної доброчесності, що співвідносяться із принципами загальнолюдської етики, наприклад, чесність, відповідальність, орієнтацію на якість та ін. (принаймні говорити доступною студентам мовою, чому не можна списувати).

2. Подавати власний приклад дотримання наукової етики, адже хоч як студенти намагаються не визнавати цього факту, але вони спостерігають і намагаються бути у чомусь схожими на старших.

3. Залучати студентів до наукової роботи, насамперед до конференцій, насамперед студентських, де вони можуть не лише почути й показати свої наукові здобутки, а й проаналізувати й оцінити рівень дотримання принципів академічної доброчесності іншими.

Якщо говорити про методи прищеплення академічної доброчесності, то кожен викладач спроможний обирати власний. Можна присвятити цій темі окреме заняття або консультацію. Особливо це доречно проводити кураторам академічних груп, адже саме вони більше спілкуються із студентами та проводять виховну роботу.

Можна під час практичного або семінарського заняття давати студентам невеликі завдання на опрацювання наукових джерел, але сформульовані вони мають бути таким чином, щоб студент мав висловити власну думку, позицію на якусь наукову проблему, подію чи явище. Найкращим типом такого завдання може бути есе. Проте студентам необхідно подати чіткі критерії оцінювання та після виставлення оцінок провести аналіз (у групі чи на консультації).

Найважливішим під час залучення студентів до дотримання академічної доброчесності є володіння викладачем інформацією та розуміння відповідальності за порушення цих принципів. Тому доречно саме на цю тему проводити різноманітні наукові семінари на кафедрах, підвищення кваліфікації тощо. Адже варто пам’ятати, що викладач постає наставником кожного студента, можливо молодого дослідника, і тому повинен власним прикладом демонструвати дотримання наукової етики. При чому для більшої ефективності студентам необхідно роз’яснювати принципи доброчесності з моменту вступу до захисту дипломної роботи і під час вивченні кожної дисципліни.

## МЕТОДИ ВИХОВАННЯ ВОЇНІВ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Пастушенко В.А., Шаптала О.І.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Pastushenko Vasyl, Shaptala Oleksandr. Methods of education of soldiers of the Armed Forces of Ukraine.*

**Summary.** *The issues of the general methodology of educational work with the personnel in the divisions of the Armed Forces of Ukraine are considered. Recent events in the country have confirmed the old truth that the strength of the army depends crucially on the morale of the personnel, their patriotism and willingness to sacrifice themselves for the sake of the Motherland. In this regard, the problem of comprehensive improvement of educational work, in general, and military-patriotic education in particular, is extremely important.*

Категорія методів виховання воїнів Збройних Сил України пов'язана з питанням, як виховувати.

Метод (в перекладі з грецького *methodos*) – шлях до чогось, спосіб пізнання, дослідження. У теорії виховання він використовується як категорія, що позначає головний елемент у процесуальному механізмі виховної роботи. І в самому загальному сенсі метод виховання можна вважати шляхом досягнення заданої мети виховання.

Метод виховання – це певний спосіб однорідного педагогічного впливу на воїнів і військові колективи з метою формування й розвитку в них якостей та інших соціальних характеристик, необхідних для успішного виконання військового обов'язку.

Методи виховання воїнів проявляються:

- через безпосередній вплив вихователя на вихованця (через переконання, вимоги, накази, покарання, заохочення, власний приклад, авторитет, прохання, поради тощо);
- через створення спеціальних умов, ситуацій і обставин, які примушують воїна змінити власне ставлення до чогось, сформувати свою позицію, здійснити високоморальний вчинок, проявити характер;
- через громадську думку референтної групи (військового колективу), особисто значущої для вихованця, думку авторитетної для нього людини – командира, поважаного товариша по службі, а також позицію, яку займають засоби масової інформації (телебачення, радіо, друковані видання);
- через сумісну діяльність вихователя та вихованця – на заняттях з бойової підготовки, при обслуговуванні та застосуванні бойової техніки і зброї, під час бойового чергування, несення вартової та внутрішньої служби, навчань, при вирішенні побутових проблем тощо;
- через передачу вихованцям інформації та соціального досвіду в процесі їх дружнього та професійного спілкування зі старшими за віком і службовим положенням, з авторитетними фахівцями, з тими, хто має великий життєвий і професійний досвід;
- через занурення у світ народних і військових традицій, звичаїв і ритуалів, читання художньої та мемуарної літератури.

Вибір методів виховання – це пошук шляху виховної взаємодії, що дає змогу швидко, з розумними витратами енергії та із застосуванням обраних засобів, досягти поставленої мети. Вихователь, який краще врахував конкретні умови, використав адекватну їм педагогічну дію і передбачив її наслідки, завжди досягне більш високих результатів виховання.

Основні фактори, що визначають вибір методів виховання військовослужбовців:

1. Ідеали, цілі та завдання виховання українських військовослужбовців.
2. Зміст виховання.
3. Вікові особливості вихованців.
4. Рівень сформованості колективу.
5. Рівень морально-психологічної насиченості сучасної війни, конкретного бою, бойової ситуації.
6. Індивідуально-психологічні особливості вихованців.
7. Умови виховання воїнів.
8. Час виховання.
9. Сподівані наслідки.
10. Рівень педагогічної кваліфікації військового керівника.

Класифікація методів виховання – це побудована за певною ознакою система методів. Класифікація допомагає педагогові усвідомлено обирати й ефективно застосовувати відповідно до завдань і реальних обставин ті чи інші методи виховання.

Специфіка військової сфери, в якій взаємини між людьми багато в чому визначаються і регулюються принципом єдиноначальності, де головною фігурою у вирішенні всіх

завдань, в тому числі й виховного характеру, є командир (начальник), вимагає, у першу чергу, застосовувати в роботі з особовим складом такі методи впливу на воїнів, які передбачають ініціативу з боку військового керівника. Активною стороною у вихованні військовослужбовців виступають їх командири і начальники, вміло використовуючи безпосередні способи (методи) виховного впливу. Цей досвід знайшов своє відбиття в багатьох армійських документах (статутах, організаційно-методичних вказівках, директивах, наказах тощо).

До системи методів виховання військовослужбовців відносяться:

- метод переконання;
- метод прикладу;
- метод виховних вправ;
- метод змагання;
- метод заохочення;
- метод критики;
- метод примусу.

Спочатку треба людину переконати. Потім дати їй позитивний приклад, який підсилює переконання. Після цього доцільно організувати для воїнів виховні вправи, де в них формувалися б навички і звички правильної поведінки, закріплювались позитивні якості. За рахунок здорового суперництва (змагання) між воїнами ці здобуття розвиваються, покращуються. Досягнення воїна повинні бути обов'язково оцінені. Цю функцію виконує метод заохочення. Коли всі ці методи використані, а військовослужбовець продовжує байдуже ставитись до своїх обов'язків, не прагне до свого розвитку, виявляє недисциплінованість, інші форми негативної поведінки, його слід критикувати. Якщо критика не допомагає, підлеглого слід примусити, аж до покарання.

Висновок: методи виховання – це способи впливу на свідомість, волю, почуття та поведінку вихованців з метою вироблення в них заданих метою виховання якостей.

### **РОЗВИТОК КООРДИНАЦІЙНИХ ЗДІБНОСТЕЙ У ДІВЧАТ 18-20 РОКІВ, ЩО ЗАЙМАЮТЬСЯ ФІГУРНИМ КАТАННЯМ НА КОВЗАНАХ В ГРУПАХ ОЗДОРОВЧОЇ СПРЯМОВАНOSTІ**

Тиличко О.В. \*, Федоряка А.В. \*\*, Бондаревський А.Г. \*

\* Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка  
В. Лазаряна, \*\* Придніпровська державна академія фізичної культури і спорту

*Tilichko Alexander, Fedoriaka Andrii, Bondarevskiy Andrii. Development of coordination abilities of girls 18-20 years old engaged in figure skating on skates in health-oriented groups.*

**Summary.** *The article is devoted to the problem of development of coordination abilities in girls aged 18-20, in figure skating classes in the health group. The influence of figure skating on the development of coordination is determined.*

**Постанова проблеми.** Фігурне катання на ковзанах є олімпійським видом спорту і користується великою популярністю у всьому світі і в цілому в Україні. Заняття з фігурного катання на ковзанах проходять в ДЮСШ, СДЮСШ, СДЮШОР, ШВСМ та групах оздоровчої спрямованості. Дівчата і юнаки, які займаються в оздоровчих групах, виступаючи на змаганнях і показуючи хорошу технічну підготовленість, мають можливість перейти в спортивні школи. Фігурне катання на ковзанах є привабливим і популярним видом спорту, він активно розвивається і набуває все більшої популярності завдяки своїй видовищності, яка полягає в поєднанні краси, музики і мистецтва зі спортом, силою, виснажливими тренуваннями і захоплюючими змаганнями. Нові підходи до забезпечення професійної підготовки тренера, або інструктора з фігурного катання на

ковзанах потребує якісного зростання їхнього рівня професійно-прикладних знань, умінь і навичок, особистісних якостей і вимагають перегляду пріоритетів у процесі навчання. Очевидність перегляду цілей навчання в системі освіти обумовлюється соціальним замовленням і сучасною системою потреб в підготовці фахівців-тренерів, інструкторів.

У пошуках інноваційних підходів до організації тренувального процесу з молоддю слід враховувати особливе значення і привабливість для них фігурного катання на ковзанах. Фігурне катання дозволяє вирішити цілий комплекс важливих завдань в роботі з учнями: задовольнити їх потребу в русі, навчити володіти своїм тілом, розвивати фізичні якості, розумові та творчі здібності, моральні якості і т.п.

В Україні працює багато спортивних шкіл, клубів та гуртків з фігурного катання на ковзанах, і тому актуальною є проблема забезпечення їх необхідною навчально-методичною літературою. Проблема організації навчально-тренувального процесу займалися фахівці: А. Н. Мішин, А. Б. Гандельсман, Н. А. Панін, А. Е. Чайковська, Н. Ш. Курбанов і інші, які наголошували на необхідності вдосконалення методики тренування.

**Мета роботи:** експериментально обґрунтувати методику розвитку координаційних здібностей у дівчат 18-20 років на заняттях фігурним катанням на ковзанах в групі оздоровчої спрямованості.

**Завдання роботи:**

1. Визначити вихідний рівень розвитку координаційних здібностей у дівчат 18-20 років, що займаються фігурним катанням на ковзанах.
2. Розробити методику розвитку координаційних здібностей фігуристок 18-20 років, що займаються фігурним катанням на ковзанах в групі оздоровчої спрямованості.

Для вирішення поставлених завдань нами використовувалися наступні **методи досліджень:** аналіз і узагальнення літературних джерел, педагогічне спостереження, педагогічне тестування, методи математичної статистики.

Для визначення вихідного рівня розвитку координаційних здібностей ми прийняли у дівчат контрольні нормативи. У педагогічному тестуванні ми використовували такі тести:

1. Човниковий біг 3 x 10 м, з оббіганням набивних м'ячів.
2. Стрибок на розмітку.
3. Три перекиди вперед.
4. Статична рівновага за методикою Бондаревського.

Всі оціночні випробування проводилися після стандартної розминки (12-15 хв.), Що включає біг, загальнорозвиваючі і спеціальні вправи.

Дослідження проводилися в оздоровчих групах СК «Крижинка» з фігурного катання на ковзанах міста Дніпра. У дослідженні взяли участь 14 дівчат у віці 18-20 років, які були розділені на контрольну та експериментальну групи по 7 дівчат у кожній. Заняття проходили 3 рази в тиждень, тривалість заняття 90 хв.

Експериментальна методика була заснована на даних літературних джерел, результати тестування, з урахуванням думки тренерів і власного практичного досвіду, і була спрямована на розвиток координаційних здібностей.

Заняття в контрольній та експериментальній групі мали спільні та відмінні риси. Основною відмінністю експериментальної методики від традиційної було використання в кінці підготовчої частини занять комплексу вправ на розвиток координаційних здібностей. Специфіка комплексу полягала в тому, що вправи підвищеної координаційної складності варіювалися темпом і амплітудою, вихідними положеннями і умовами виконання (з відкритими і закритими очима). Також використовувалися вправи на увагу і стійкість приземлення. Наприкінці більшості занять проводилися естафети та рухливі ігри. Нами були розроблені два комплексу вправ, які виконувалися по черзі на кожному тижні. Також в експериментальну методику розвитку координаційних здібностей ми включили рухливі

ігри та естафети, які проводилися в кінці основної частини заняття. Педагогічний експеримент тривав 3 місяці.

**Аналіз і обговорення результатів дослідження.** На підставі аналізу літературних даних за станом питання ми з'ясували, що заняття фігурним катанням на ковзанах позитивно впливають не тільки на фізіологічний стан організму, але і на розвиток фізичних якостей людини.

За результатами попередніх досліджень був зроблений висновок, що контрольна та експериментальна групи знаходяться на однаковому рівні розвитку координаційних здібностей, який визначається як середній. На підставі отриманих даних ми прийшли до висновку про необхідність додаткової роботи над розвитком координаційних здібностей у дівчат 18-20 років, що займаються фігурним катанням на ковзанах в оздоровчих групах, оскільки координаційні здібності є одними з найважливіших фізичних якостей у фігурному катанні.

Після закінчення експерименту було проведено порівняльний аналіз результатів педагогічного тестування, який показав, що в контрольній групі в тестах по визначенню рівня розвитку координаційних здібностей не спостерігається достовірного приросту показників ( $p > 0,05$ ), рівень розвитку координаційних здібностей залишився середнім. В експериментальній групі рівень розвитку координаційних здібностей достовірно підвищився ( $p < 0,05$ ). Порівнюючи результати попереднього і заключного тестувань, ми визначили, що в експериментальній групі відбувся достовірний приріст показників у всіх тестах.

Цей факт підтверджує ефективність розроблених нами спеціальних вправ, рухливих ігор та естафет. У контрольній групі спостерігається приріст показників тільки в тесті «статичну рівновагу». Це можна пояснити специфікою виду спорту. При порівнянні показників результатів тестування рівня розвитку координаційних здібностей контрольної і експериментальної груп після експерименту, нами доведено вірогідність відмінності, що підтверджується порівнянням значень t-критерію Стюдента ( $t > T_{гр}$ ,  $p < 0,05$ ).

## ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ЗАНЯТЬ ВАЖКОЮ АТЛЕТИКОЮ НА ФІЗИЧНУ ПІДГОТОВЛЕНІСТЬ СТУДЕНТІВ

Умеренко В.Л.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Umerenko Viktor. Peculiarities of the influence of weight athletics on the physical preparedness of students.*

**Summary.** *Strength training with the use of weightlifting should be considered as one of the ways to increase the effectiveness of the system of physical training of students.*

**Актуальність дослідження.** Формування гармонійної особистості в умовах закладів вищої освіти великою мірою залежить від фізичного виховання. Займаючись фізичною культурою людина привчається свідомо впливати на стан свого здоров'я, набуває впевненості в своїх силах, стає більш активною, сповнюється почуттям власної гідності.

Останнім часом все більшої популярності серед молоді набувають заняття важкою атлетики. У зв'язку з цим, ми вирішили провести дослідження метою якого було виявити вплив застосування засобів важкої атлетики на загальну фізичну підготовленість студентів І курсу Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна



### **Завдання дослідження:**

1. Вивчити за літературними даними та результатами узагальнення практичного досвіду особливості фізичної підготовки у студентському віці, а також особливості методики силового тренування засобами важкої атлетики.

2. Дослідити вплив занять важкої атлетики на динаміку загальної фізичної підготовленості студентів I курсу.

3. Визначити ефективність занять з застосуванням засобів важкої атлетики. Для вирішення завдань дослідження використовувались такі методи:

- 1) Аналіз наукової та науково-методичної літератури;
- 2) Педагогічні спостереження;
- 3) Педагогічний експеримент із застосуванням педагогічних тестів;
- 4) Методи математичної статистики.

**Об'єкт дослідження.** Фізична підготовка студентів I курсу.

**Предмет дослідження.** Динаміка фізичної підготовленості студентів під впливом занять важкою атлетикою за індивідуальними планами.

**Організація дослідження.** Для проведення дослідження було створено експериментальну і контрольну групи з студентів університету. Першокурсники експериментальної групи тренувалися в групах важкої атлетики за індивідуальними планами, які були складені окремо для кожного з студентів, з урахуванням індивідуальних особливостей, фізичної підготовленості. А студенти контрольної групи відвідували заняття з фізичного виховання, в яких після короткої довільної розминки застосовувались, у першій половині тренування спортивні ігри (баскетбол, міні футбол), а у другій половині вправи на гімнастичних снарядах та тренажерах.

Педагогічний експеримент тривав 6 місяців. На початку і наприкінці експерименту були проведені тестування піддослідних обох груп з використанням тестів, які характеризують загальну фізичну підготовленість. Після того результати динаміки фізичної підготовленості студенти були порівняні за допомогою методів математичної статистики.

### **Висновки.**

1) Заняття силової спрямованості з застосуванням засобів важкої атлетики слід розглядати як один з шляхів підвищення ефективності системи фізичної підготовки студентів.

2) Результати дослідження свідчать про ефективний вплив занять з застосуванням засобів важкої атлетики переважно на розвиток силових якостей. Під впливом експериментальної програми з застосуванням засобів важкої атлетики значно зросли показники максимальної сили, швидкісно-силові якості (особливо вибухова сила і силова витривалість).

3) Через обов'язкове включення в програму вправ на розвиток гнучкості відмічаються позитивні зрушення і в динаміці цієї рухової якості.

4) Методика фізичної підготовки з застосуванням засобів важкої атлетики має недоліки – недостатній розвиток загальної витривалості та спритності. Тому в методику занять спрямованих на загальну фізичну підготовку поруч з силовими вправами обов'язково необхідно включати вправи, які б вдосконалювали витривалість та спритність студентів.

## ЕКЗИСТЕНЦІЙНА КОНОТАЦІЯ ЛЮДСЬКОЇ ГІДНОСТІ

Хміль В.В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Khmil Volodymyr. Existential connotation of human dignity.*

**Summary.** *The concept of human dignity is a key concept of ethics, but at the theoretical level it is not deeply understood.*

Поняття людської гідності є ключовим поняттям етики, при цьому на теоретичному рівні воно недостатньо глибоко осмислене

З розвитком та демократизацією суспільств посилюється почуття власної гідності людини - це одна з тих опор, завдяки якій люди можуть довіряти одне одному, мати сильні почуття та разом мріяти про майбутнє в напрямку самореалізації особистості та вимагати від урядів нових умов організації буття.

Особливу занепокоєність викликає постмодерністська рефлексія на моральні норми та цінності ліберальної демократії, з прагненням очистити людські взаємовідносини від тоталітарних ідеологій як силового недемократичного варіанта реалізації історії. Зосереджуючи увагу на бінарній толерантності, сучасні французькі філософи Ж. Бодріяр, Ж. Дерріда, скасовують силове поле діалектичної напруги етичних понять таких як добро-зло, гідність-низькість, любов-ненависть тощо, зводячи їх значення до «золотої середини», яку можна знайти шляхом компромісів, на кшталт прийняття політичних рішень. Зникають опозиційні моральні категорії, які були притаманні соціальному порядку в класичну епоху. Руйнування етичних протилежностей має на меті залишити будь-яку ситуацію в стані невизначеності, створюється зона безконфліктності, в якій знімається культурна, духовна напруженість та створюється одноманітність, уніфікація, глобалізація безальтернативної культури як умови ентропії.

Якщо коротенько торкнутися історичного ракурсу, то можна прослідкувати еволюцію поняття, яке оприявнюється в премодерні ще в добу тисячолітніх палацових цивілізацій, коли гідність воїна вбачалася в прояві жорстокості та відданості владі тирана.

В античну добу в світі відбувся виписк моральних відчуттів: а) на прикладах хоробрості та гідності війська царя Леоніда, які історія зв'язує з 300 спартанцями, вмінням керувати своїми пристрастями, здібностями вміщувати своє життя в етично-естетичну форму, б) розширення почуття власної гідності, коли інколи воно пов'язувалося з повстаннями рабів, які протиставили своє «Я» та власну гідність приниженню та покірливості.

Стоїк Сенека вперше побачив в феномені «гідність» сукупність високих моральних якостей людини, абсолютну категорію, яка з'єднує людей з різним соціальним статусом й надав їй почесне місце в ієрархії цінностей.

У феодальному суспільстві мали місце корпоративні права, патерналізм та обов'язки членів професійних спільнот, об'єднаних взаємною повагою до їх прав, що викликало гідність по відношенню до інших, натомість виконавці державних функцій, ті, хто мали матеріальні блага, дотримувалися дворянської честі та гідності, що надавало їм певних моральних чеснот.

Поняття честь було притаманним привілейованим соціальним групам - вона давалася з народженням - її можна було лише втратити. Гідність належала до іншої системи цінностей - вона базувалася на персональній хоробрості, порядності, моральності, які постійно підтверджувалися та захищалися.

Радикальна трансформація поняття гідності пов'язана з християнством, котре привнесло вимір трансцендентного. Віднині гідність людини постає як змістовно сполучена з Богом та є його проявою. Людина може та має бути гідною Бога та створеного ним світу. І хоча на поверхні знаходяться інші, часто негативні аспекти поняття, саме означена трансформація постала базою для більш пізніх епох та вчень. Без уваги до християнських новацій не можуть бути осмислені ні епоха середньовіччя, ні період Нового часу.

Глибоке усвідомлення детермінуючого впливу християнства має місце в «Метафізиці нравів» І. Канта, де ми знаходимо глибоке тлумачення людської гідності як морального почуття, що передбачає високу самооцінку людини, самоповагу, виконання моральних обов'язків, що накладаються її власним розумом. Людина з відчуттям власної гідності «завжди повинна бути метою, а не засобом, в цьому і полягає гідність», - тлумачить філософ. У зазначеному ракурсі гідність виступає абсолютною цінністю для людини будь-якого статусу. В цьому співпадіння думки стоїка Сенеки та І.Канта стосовно етичних міркувань.

Варто звернути увагу, що кантіанський підхід стосовно місця гідності в ієрархії цінностей закладає обрій подальших теоретичних роздумів на багато поколінь вперед. Значно пізніше в ХХ ст. Нельсоном-Гренчингом слушно було підмічено, що вся людська історія – це процес поступового становлення людської гідності як ціннісного ядра особистості, тому вона виступає головним етичним поняттям людської природи.

Джерело високих моральних понять, таких як свобода, гідність, честь, вкорінено в трансцендентному духовному вимірі, в ейдосах Платона, в релігіях, в богах, в глибокій мудрості поколінь, що усвідомлюється ірраціональним мисленням. Ці моральні категорії є основою співжиття людей, народів, держав – чого не розуміє інтелектуальний постмодернізм.

## СЕКЦІЯ 12 «ДИНАМІКА РУХОМОГО СКЛАДУ ТА БЕЗПЕКА РУХУ ПОЇЗДІВ»

### ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЗНИЖЕННЯ ШУМУ НА ЗАЛІЗНИЦІ

Зеленько Ю. В., Зеленько Д. М., Недужа Л. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Zelenko Yuliya, Zelenko Daria, Neduzha Larysa. Solution to the problem of noise reduction on the railway.*

**Summary.** *The statistical and monitoring data confirm the significant impact of the operational mode on the most important noise and vibration parameters, which is relevant for ensuring the efficiency and quality of the operational process with regard to ergonomic and environmental requirements. Analyzes the acoustic parameters of rolling stock of the railway, emphasizes the peculiarities of noise emission from various elements of rolling stock and a track. Existing approaches towards solving the problem in the organization of railway noise control are outlined.*

Європейська Директива 2002/49/ЄС про оцінку і нагляд за шумом у навколишньому середовищі наголошує, що державам – учасникам Євросоюзу необхідно розробляти план заходів щодо зниження шуму, в сучасних умовах євроінтеграції це вже стосується і України. У зв'язку з чим авторами проведено аналіз статичних та дослідницьких даних, що підтверджує наявність широкого спектру різних систем та технологій, призначених для боротьби з шумом, які можуть бути включені до бази даних для вибору та тестування специфічних заходів для конкретної реципієнтної точки.

Одним з сучасних пріоритетних напрямків розвитку транспортних систем є забезпечення ефективності та якості експлуатаційного процесу з урахуванням ергономічних та екологічних вимог. При цьому, статистичними та моніторинговими даними підтверджується, що режим експлуатації істотно впливає на найважливіші параметри шуму, що виникає під час руху рухомого складу у кривих, а основні експлуатаційні вимоги визначаються інфраструктурою, зокрема, наявністю кривих та їх мінімальними радіусами.

Для виконання вимог санітарної та екологічної безпеки необхідно на етапах проектування залізниць, розробки та введення в експлуатацію рухомого складу проводити розрахунки очікуваних рівнів шуму на територіях, прилеглих до залізничних магістралей. При необхідності розробляти заходи щодо зниження шуму, наприклад, за рахунок специфічних технологій зниження шуму в джерелі або установки вздовж залізничних колій шумозахисних екранів. У зв'язку з цим важливе значення має надійність методів розрахунку шуму від залізничного транспорту і правильність визначення шумових характеристик.

Оскільки шум, що створюється залізничним транспортом, носить явно виражений непостійний характер зміни в часі, оцінка його на відповідність допустимим рівням проводиться одночасно по еквівалентному і максимальному рівням звуку, що визначаються на відстані 25 м від осі ближньої колії на висоті 1,5 м від рівня землі.

Основні джерела шуму на залізничному транспорті прийнято класифікувати наступним чином: шум локомотива поїзда (тяговий шум); шум, створюваний вібраціями кочення; шум від ударів коліс вагонів в контакт з рейками; аеродинамічний шум під час руху поїзда, який залежить від швидкості і складу вагонів.

На рівень шуму від потоку залізничного транспорту впливають такі фактори, як інтенсивність руху, швидкість і довжина потягів тощо. Для оцінки рівнів шуму на прилеглий території застосовуються розрахункові методики, засновані на діючих нормативних документах, і які беруть до уваги всі перераховані вище фактори.

У табл. 1 наведено порівняння даних про рівні шуму від вітчизняного рухомого складу з європейськими нормами.

Таблиця 1

Порівняльний аналіз рівнів шуму рухомого складу залізниць в порівнянні з європейськими нормами

Тип потягу	Максимальний рівень шуму на відстані 25 м, дБ(А)		Перевищення норм, дБ
	Україна	Європейські норми	
Електропотяг	87	83	4
Високошвидкісний потяг типу ICE	88	85	3
Вантажний потяг	89	84	5
Пасажирський потяг	93	90	3
Колійна техніка	95	85	10

Як показує аналіз даних, зафіксовані рівні шуму на одній з ділянок Придніпровської магістралі на 3 – 10 дБА перевищують встановлені європейські норми.

В цілому, спостерігається характерна залежність шуму від швидкості: при швидкостях до 50 км/год превалюють внутрішні джерела – елементи рухомого складу (електродвигуни, компресори); при швидкості 50-300 км/год превалює шум від взаємодії пари «колесо-рейка»; понад 300 км/год – проявляються характерні аеродинамічні процеси.

Оскільки заходи щодо запобігання або зниження шуму можуть застосовуватись на різних етапах процесу виникнення розглянутих різновидів шуму, пошук та розробка сучасних математичних моделей, що зможуть враховувати тип шуму, особливості та етапність його утворення, є важливим процесом моніторингу. Саме такі моделі дадуть можливість забезпечити раціональність вибору того чи іншого заходу або обґрунтувати застосування комплексу шумозахисних методів, що і є своєчасним і найбільш актуальним завданням акустичної екології на транспорті.

Автори запропонували та розробили алгоритм, який дозволить при заданих основних конструктивних параметрах та швидкості руху рухомого складу, відомих звукопоглинальних і дисипативних характеристик всіх елементів здійснити раціональний підбір шумозахисних заходів відповідно до санітарних норм шуму для конкретного рецептивного об'єкта.

На основі аналізу отриманих репрезентативних даних доведено, що для підвищення ефективності заходів у боротьбі зі скреготом у кривих велике значення має визначення домінуючого виду генерованого шуму. Крім того, повинні бути також чітко визначені типові характеристики колії (радіуси кривих, ухили, вимоги, які пред'являються до коефіцієнта зчеплення), рухомого складу та експлуатаційного процесу. Саме на основі цих даних можна визначити які заходи є найбільш доцільними.

### РЕЗУЛЬТАТИ ПРИЙМАЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ ПО ВПISУВАННЮ В ГАБАРИТ, ХОДОВИХ ДИНАМІЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ ТА ВИПРОБУВАНЬ НА МІЦНІСТЬ ДИЗЕЛЬ -ПОЇЗДА ДПКР-3

Костриця С. А. \*, Урсуляк Л. В. \*, Федоров Є. Ф. \*, Болотов О. О. \*, Єгоров Д. О. \*\*

\*Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, \*\*ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод»

*Kostritsya Sergiy, Ursulyak Lyudmila, Fedorov Evgen, Bolotov Oleksiy, Egorov Dmytro. Results of acceptance tests for fitting into the size, running dynamic tests and strength tests of diesel train DPKr-3.*

**Summary.** Acceptance tests of the diesel train DPKr-3 are carried out for the purpose of check of conformity of its parameters to requirements of the operating regulatory

*documentation. The article presents the results of those types of tests of the diesel train DPKr-3, which best characterize its safety and operational reliability. As a result of the analysis of test results it is concluded that this diesel can be operated on all network of roads of a track of 1520 mm without restrictions in all range of speeds (established for a current condition of the maintenance of a way) to 140 km/h.*

Пасажи́рський дизель-поїзд ДПКр-3 (виробник ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод») – дизель-поїзд підвищеного комфорту, який призначений для забезпечення перевезень в міжрегіональному сполученні по мережі залізниць колії 1520 мм, зі швидкістю до 140 км /год. У складі поїзда три вагона (два головних та один проміжний). Серед основних його конструктивних особливостей слід відмітити:

- забезпечено комфортну посадку і висадку пасажирів з високих (1100 мм від рівня головки рейки) і низьких платформ (200 мм від рівня головки рейки);

- ходова частина вагонів має пневматичне підвищення, що значно підвищує комфорт пасажирів;

- конструкція лобової частини кожного головного вагону має пасивні пристрої безпеки, що поглинають енергію при зіткненні зі стороннім об'єктом. Елементи лобової частини кабіни, які деформуються, і пристрої поглинання енергії, встановлені рамі кузова мають сумарну енергоємність 2 МДж, що забезпечує безпеку пасажирів навіть при високих швидкостях зіткнення;

- дизель-поїзд обладнано системами зовнішнього та внутрішнього відеонагляду, автоматизованою інформаційно-діагностичною системою та системою реєстрації параметрів обладнання і дій машиніста («чорна скринька»);

- конструкцією дизель-поїзда передбачена можливість виключення із складу поїзда проміжного вагона у випадку зниження пасажиропотоку;

- один з головних вагонів обладнано підймальними пристроями ( по одному з кожного боку вагона), що забезпечують підйом і транспортування у вагон/з вагона пасажирів інвалідів в колісному кріслі з високих та низьких платформ. Для пасажирів, явні мають вади зору, передбачені додаткові спеціальні написи. Також цей вагон обладнано туалетом з розмірами, що забезпечують в'їзд пасажирів-інвалідів в колісному кріслі всередину туалету та виїзд з нього;

- пасажирський салони обладнані відео моніторами для розважального контенту, індивідуальними розетками з USB роз'ємом;

- в конструкції дизель-поїзда використано системи, вузли і деталі переважно вітчизняного виробництва.

Приймальні випробування дослідного зразка дизель-поїзда ДПКр-3 (зав. № 001) проведені випробувальним центром Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Випробування проведені з метою перевірки параметрів дизель-поїзда ДПКр-3 на відповідність вимогам технічного завдання та діючим в Україні нормативним документам. Об'єм випробувань та перелік параметрів, які визначалися під час проведення випробувань встановлено програмою випробувань, яку погоджено та затверджено у встановленому порядку.

За результатами приймальних випробувань підготовлено 17 протоколів (кожен протокол за окремим видом випробувань) де проконтрольовано понад 300 параметрів.

В даній роботі наведені результати тих видів випробувань дизель поїзда ДПКр-3, які в найбільшій мірі характеризують його безпеку та експлуатаційну надійність, а саме результати випробувань по вписуванню в габарит, ходових динамічних випробувань та випробувань на міцність.

На основі аналізу результатів **випробувань** дизель-поїзд ДПКр-3 для регіональних пасажирських перевезень **з вписування в габарит** та криві малого радіуса, визначення маси тари, визначення геометричних розмірів, визначення статичного навантаження від осі колісної пари на рейки встановлено:

- габаритні розміри дизель-поїзда ДПКр-3 відповідають габариту Т;
- маса тари вагонів дизель-поїзда ДПКр-3 та величина статичного навантаження від осі колісної пари на рейки відповідають вимогам технічного завдання;
- Конструкція вагонів дизель-поїзда ДПКр-3 за фактичними показниками вписування в криві малого радіуса відповідає вимогам ДСТУ ГОСТ 32700:2016.

На підставі аналізу результатів проведених **статичних випробувань головного вагона** моделі 63-7083А на міцність встановлено, що при дії навантажень, які відповідають І-му розрахунковому режиму, ІІ-му розрахунковому режиму та навантажень, які виникають при ремонті та обслуговуванні вагона, максимальні сумарні напруження в основних елементах конструкції не перевищують допустимих величин, а саме:

- за І-м розрахунковим режимом максимальні сумарні напруження зафіксовані в центральній повздовжній балці в районі її з'єднання з шкворневою балкою і склали 265 МПа при допустимому значенні 310 МПа;
- за ІІ-м розрахунковим режимом максимальні сумарні напруження зафіксовані в центральній частині бокової стіни кузова в районі її з'єднання з боковою повздовжньою балкою рами і склали 182 МПа при допустимому значенні 195 МПа;
- при навантаженнях, які виникають при ремонті та обслуговуванні вагона, максимальні сумарні напруження зафіксовані (режим підйом домкратами встановленими по діагоналі) у нижньому куті дверного отвору кабіни машиніста і склали 250 МПа, при допустимому значенні 285 МПа. При інших ремонтних режимах максимальні сумарні напруження не перевищують 173 МПа.

На підставі аналізу результатів проведених **статичних випробувань проміжного вагона** моделі 63-7084А на міцність встановлено, що при дії навантажень, які відповідають І-му розрахунковому режиму, ІІ-му розрахунковому режиму та навантажень, які виникають при ремонті та обслуговуванні вагона, максимальні сумарні напруження в основних елементах конструкції не перевищують допустимих величин, а саме:

- за І-м розрахунковим режимом максимальні сумарні напруження зафіксовані в центральній повздовжній балці в районі її з'єднання з шкворневою балкою і склали 267 МПа при допустимому значенні 310 МПа;
- за ІІ-м розрахунковим режимом максимальні сумарні напруження зафіксовані в тому ж районі з'єднання центральної повздовжньої балки з шкворневою і склали 183 МПа при допустимому значенні 220 МПа;
- при навантаженнях, які виникають при ремонті та обслуговуванні вагона, максимальні сумарні напруження у нижньому куті отвору другого (від вхідної двері) і склали 185 МПа, при допустимому значенні 285 МПа. При інших ремонтних режимах максимальні сумарні напруження не перевищують 105 МПа;

Аналіз результатів **ходових динамічних випробувань та ходових випробувань на міцність** дизель поїзда ДПКр-3 показав, що показники якості ходу в порожньому та завантаженому стані відповідають нормативним вимогам для моторвагонного рухомого складу у всьому діапазоні швидкостей (встановлених для поточного стану утримання колії) до 140 км/год, включно, а саме:

- мінімальний коефіцієнт запасу стійкості від сходу колеса з рейки у порожньому режимі складає 1,83 та у завантаженому режимі – 1,67 при допустимому значенні не менше ніж 1,4;

– максимальна величина плавності руху у завантаженому режимі складає у вертикальному напрямку 2,25 та 2,56 у горизонтальному напрямку при допустимому значенні не більше 2,8;

– коефіцієнти вертикальної динаміки для 1-ої та 2-ої ступені підвішування, а також рамні сили, як у завантаженому, так і в порожньому режимі не перевищують нормативних значень у всьому діапазоні швидкостей до 140 км/год, включно;

– найбільші значення віброприскорень (при частотах в 1/3 октавних смугах) в салонах першого та другого класів, а також кабіні машиніста не перевищують нормативних значень встановлених СОУ МПП 45.060-203:2007. В салоні першого класу найбільші значення віброприскорень не перевищують рекомендованих значень для салонів з підвищеною комфортністю;

– частота власних згинальних коливань кузова у завантаженому режимі для головного вагону складає 8,7 Гц та 10,57 Гц для проміжного вагону при нормативному значенні не менше 8 Гц. У порожньому режимі 10,5 Гц та 11,5 Гц відповідно, при нормативному значенні не менше 10 Гц.

– аналіз результатів ходових випробувань на міцність кузова вагона дизель-поїзду показав, що мінімальний коефіцієнт запасу опору втомі має місце в центральній повздовжній балці в районі її з'єднання з шкворневою балкою і складає 5,08 при допустимому значенні не менше ніж 2.

За результатами **випробувань на співудар** головного вагону дизель-поїзда ДПКр-3 встановлено, що максимальні сумарні напруження при нормативній силі співудару 2000 кН мають місце в центральній повздовжній балці в районі її з'єднання з шкворневою балкою і складають 192 МПа при допустимому значенні 345 МПа.

На основі аналізу технічної документації, на дизель-поїзд ДПКр-3, а також результатів усіх видів приймальних випробувань дослідного зразка дизель-поїзда ДПКр-3 (зав. № 001), було зроблено висновок про те, що дизель-поїзд ДПКр-3 може експлуатуватися по всій мережі колії 1520 мм без обмежень у всьому діапазоні швидкостей (встановлених для поточного стану утримання колії) до 140 км/год, включно.

Результати приймальних випробувань та загальний висновок по результатам випробувань були надані на розгляд міжвідомчій комісії, яка прийняла рішення про допуск до експлуатації дизель-поїзда ДПКр-3 з грудня 2020 року на ділянці Київ-аеропорт Бориспіль. Але, у зв'язку зі значним зниженням пасажиропотоку під час пандемії коронавірусу, Укрзалізницею було прийняте рішення про зміну маршруту і в теперішній час дизель-поїзд ДПКр-3 з успіхом експлуатується на регіональному маршруті станція ім. Т. Шевченка – Черкаси.

### **ХОДОВІ ДИНАМІЧНІ ТА МІЦНОСНІ ВИПРОБУВАННЯ ВАГОНА-ПЛАТФОРМИ МОДЕЛІ 13-7133 НА ВІЗКАХ З КОВЗУНАМИ ЗАЗОРНОГО ТИПУ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ КРУПНОТОНАЖНИХ КОНТЕЙНЕРІВ**

Костриця С. А., Федоров Є. Ф., Болотов О. О., Грановська Н. Й.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Kostritsya Sergiy, Fedorof Yevhen, Bolotov Oleksii, Granovskaya Natalia. Running dynamic and strength tests of the wagon-platform of model 13-7133 on bogies with slope-type slides for transportation of large containers.*

**Summary.** The results of sea trials of a large-tonnage container platform, which were carried out on the Pridneprovskaya railway, are presented. The test results show that the



*dynamic and strength characteristics of the platform meet the requirements of regulatory documents.*

Нові умови експлуатації на залізницях України, пов'язані з інтеграцією Укрзалізниці в міжнародну систему транспортних коридорів, призводять до підвищення частки контейнерних перевезень, для чого необхідні сучасні вагони-платформи. Розробником та виробником таких платформ в Україні є Крюковський вагонобудівний завод.

В липні-жовтні 2019 року Випробувальний центр Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ) провів ходові динамічні та міцносні випробування вагона-платформи моделі 13-7133 на візках з ковзунами зазорного типу для перевезення крупнотонажних контейнерів.

Ходові динамічні випробування проводилися з метою визначення та оцінки показників ходових якостей вагона-платформи під час руху з різними швидкостями (в тому числі з конструкційними) та режимами завантаження на характерних ділянках залізниць (прямі, криві великих, середніх та малих радіусів, стрілочні переводи). Ходові випробування на міцність проводилися з метою перевірки відповідності параметрів міцності вагона-платформи вимогам нормативних документів під час руху на таких самих ділянках колії, що і при динамічних випробуваннях.

Ходові випробування вагона - платформи проводились 12.07.19-23.07.19 та 05.09.19 на виділених ділянках регіональної філії «Придніпровська залізниця» АТ «Укрзалізниця» в усьому діапазоні експлуатаційних швидкостей для даного рухомого складу в три етапи:

- I етап (12.07.19-15.07.19, 23.07.19). Вагон порожній;
- II етап (16.07.19-18.07.19) Вагон завантажений порожніми контейнерами;
- III етап (05.09.19-06.09.19) Вагон завантажений до номінальної вантажопідйомності.

Обробку результатів випробувань проведено у відповідності до вимог нормативних документів.

За результатами випробувань визначалися наступні показники динаміки та міцності вагона-платформи:

- коефіцієнти вертикальної динаміки кузова та невідвісоленої рами візка;
- рамні сили в долях осового навантаження;
- коефіцієнт запасу стійкості колісної пари від сходу з рейки (за довірчої ймовірності його значення 0,001);
- коефіцієнт запасу поперечної стійкості вагона від перекидання під час руху у кривих від дії бічних сил;
- вертикальні та горизонтальні прискорення кузова;
- максимальні динамічні напруження при дії експлуатаційних навантажень (III-й розрахунковий режим);
- коефіцієнти запасу опору втомі.

Результати випробувань показують, що динамічні та міцносні характеристики вагона-платформи моделі 13-7133 на візках з ковзунами зазорного типу для перевезення крупнотонажних контейнерів відповідають вимогам нормативних документів, на відповідність яким проводилась перевірка під час випробувань.

## ОСОБЛИВОСТІ СТЕНДОВИХ ВИПРОБУВАНЬ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІСНИХ ПАР

Куроп'ятник О. С., Ракша С. В., Анофрієв П. Г.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Kuropiatnyk Oleksii, Raksha Serhii, Anofriev Pavlo. Features of bench tests of railway wheelsets.*

**Summary.** *For laboratory tests of railway wheelsets, determination of strength characteristics and resource characteristics of their elements, comparison of the effectiveness of design solutions and acceptance tests, it is advisable to use bench equipment that will maximally evaluate the various properties of wheelsets. This paper deals the features of bench tests of railway wheelsets to determine the fatigue strength of their elements. The authors provide the information on the design solutions of the test benches for the fatigue strength of wheels and axles of railway wheelsets. In addition, they determine the dependence of the workforce of the bench for testing the wheelset axles and obtain the rational values of the bench parameters.*

Для проведення лабораторних випробувань залізничних колісних пар (КП), визначення характеристик міцності і ресурсних характеристик їх елементів, порівняння ефективності конструктивних рішень і проведення приймальних випробувань доцільно застосовувати стендове обладнання, що дозволить максимально оцінити різні властивості КП. Тому тематика досліджень, що пов'язана зі створенням та удосконаленням конструкцій стендового обладнання для експериментальних досліджень колісних пар, є актуальною науково-прикладною задачею для залізничного транспорту та транспортного машинобудування.

Рядом нормативних документів передбачено такі види випробувань: приймально-здавальні, періодичні та типові. Серед контрольованих параметрів – допуски форм і розмірів поверхонь елементів КП, динамічний дисбаланс, значення остаточних зусиль запрусування та натягу у спряженнях елементів КП, електричний опір, параметри міцності деталей КП та їх спряжень тощо.

До основних видів стендових випробувань колісних пар можна віднести визначення статичних та динамічних показників міцності їх елементів (коліс, осей), серед яких – запаси міцності коліс та осей під дією статичних вертикальних та бокових навантажень (в окремих випадках – ще й дотичних навантажень, граничних за зчепленням), монтажні напруження, залишкові напруження від термічного гартування, межі витривалості деталей колісних пар.

У даній роботі розглянемо особливості проведення стендових випробувань залізничних колісних пар з метою визначення показників втомної міцності їх елементів.

Аналіз даних експлуатації і результати теоретичних досліджень свідчать, що безпека руху і основні техніко-економічні показники залізничного рухомого складу суттєво залежать від виникнення і накопичення деформаційних пошкоджень в колесах в процесі експлуатації. Відповідні імітаційні дослідження і натурні випробування проводяться, як правило, на математичних і фізичних моделях в лабораторних умовах, в тому числі і за допомогою каткових стендів з натурними або масштабними одиницями рейкового рухомого складу, на ділянках залізниць з існуючими типами і моделями рухомого складу. На каткових стендах відтворюються при цьому основні геометричні та фізичні параметри умов експлуатації колісних пар, їх технічного стану, а також відповідні характеристики верхньої будови колії, в тому числі і моделюють геометричні відхилення, які викликають відповідні реакції в рухомому складі.

Авторами роботи разом із співробітниками ПКТБ ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна запропоновано та запатентовано стенд для випробувань залізничних коліс на втомну міцність, принцип дії якого полягає в наступному. Під дією приводу через ексцентрик стрижень

підшипникового вузла отримує циклічні вертикальні переміщення, а важіль здійснює коливальний рух відносно шарнірного кріплення на стійках. Від важеля через тягу коливальний рух передається на основний важіль, вільний кінець якого знаходиться у контакті з колесом, що випробовується. Внаслідок коливального руху, зусилля від важеля у місці контакту з колесом є змінним у часі, а отже, забезпечується циклічність навантаження колеса, що дозволяє досліджувати показники втомної міцності. Зміною довжини тяги забезпечується необхідний контакт важеля з колесом. Значення зусиль, якими навантажуються колесо, контролюється за допомогою датчика навантаження. Пружинний демпфер компенсує неточності виготовлення та монтажу стенда, а також пружні деформації, які виникають під час її експлуатації. Стенд забезпечує випробування залізничного колеса на втомну міцність з контролем циклічного навантаження. Використання проміжного важеля дозволяє зменшити зусилля у шарнірно-важільній системі і навантаження на привод, а отже, зменшити габарити та масу стенду. Простота виконання стенду забезпечує його надійність.

Загальні вимоги до проведення стендових випробувань на втомну міцність осей КП наведено в міждержавному стандарті ГОСТ 33200-2014. Згідно з цим стандартом передбачається встановлення осі КП на дві шарнірні опори, одну з яких розташовують щонайближче до торця буксової шийки, а іншу – на ділянці між поверхнями встановлення ходових коліс. При цьому робоче зусилля стенда діє в радіальному напрямку на поверхню встановлення ходового колеса, яка знаходиться між опорами. У такому випадку схему навантаження можна подати як балку на двох шарнірних опорах з поперечною зосередженою силою між ними. В іншому міждержавному стандарті (ГОСТ 33783-2016) зазначено, що циклічне кругове згинання осі КП має бути реалізовано за рахунок обертання неврівноваженої маси, встановленої на буксовій шийці. При цьому сама вісь має бути запресована в ходове колесо (або технологічну маточину, встановлену замість колеса), яке зафіксовано від будь-яких переміщень. За таких умов схема навантаження являє собою балку, защемлену з одного боку, до консолі якої прикладено зосереджену силу.

Проведені авторами дослідження показали, що використання стенда, в якому реалізовано навантаження осі за принципом «консольна балка», є кращим з точки зору зменшення робочого зусилля стенда та його габаритів. При цьому робоче зусилля стенда безпосередньо залежить від параметрів осі КП, а саме від діаметра та координати розрахункового перерізу (ГОСТ 33200-2014) та межі витривалості осі КП, яка встановлюється стандартом на випробування (ГОСТ 33783-2016).

Для реалізації схеми навантаження «консольна балка» авторами було запропоновано конструкцію стенда для випробувань осей колісних пар залізничного транспорту, який містить вібратор – елемент стенда, який створює робоче зусилля та забезпечує його прикладання до осі КП. Конструктивно вібратор являє собою неврівноважену масу (дебаланс) із власним приводом, яка обертається навколо нерухомої осі КП, створюючи ефект циклічного колового згинання за симетричним циклом.

Принцип дії вібратора ґрунтується на тому, що під час обертання дебаланса виникає сила, яка є пропорційною до маси, ексцентриситету та кутової швидкості обертання дебаланса. Вектор цієї сили є постійним за величиною, а змінність його напрямку забезпечує кругове згинання осі КП.

Дослідження показали, що за критерієм енергоспоживання раціональною є конструкція вібратора із секторним дебалансом, який обертається з кутовою швидкістю біля  $150 \text{ с}^{-1}$ . При цьому маса дебаланса становить близько 80 кг, а ексцентриситет – 135 мм. За таких умов вказаний критерій набуває найменшого значення.

## ВИКОРИСТАННЯ ЗАПИСІВ КОЛІЄВИМІРЮВАЛЬНОГО ВАГОНА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЗБУРЕНЬ, ЩО ДІЮТЬ З БОКУ КОЛІЇ НА ШВИДКІСНИЙ ЕКІПАЖ

Лапіна Л. Г.

Інститут технічної механіки Національної академії наук України і Державного  
космічного агентства України

*Lapina Liudmyla. The use of records of the track measuring car for generation of disturbances from the track towards the high-speed carriage.*

**Summary.** *According to the records of the track measuring car on a number of sections of the Cisdnieper Railway, the actual irregularities of the track were determined and their regulated parameters were calculated. Comparison of the calculated values with those given in DSTU EN 13848-5:2018 (Ukrainian standard) allowed to select sections where the irregularities met the standards provided for organization of high-speed train traffic. Irregularities in these sections can be used in generation of disturbance components as irregularities of real sections of the track, as well as in construction of mathematical models of disturbance components.*

Отримання достовірних оцінок показників динамічних якостей залізничних екіпажів при теоретичних дослідженнях неможливе без коректного задання збурень, що поступають на нього з боку колії. Такі збурення мають складові, що характеризують вплив колії на екіпаж у вертикальній і горизонтальній площинах та викликають його просторові коливання. Головним чинником виникнення коливань у динамічній системі «екіпаж - залізнична колія» є нерівності колії, і тому цілком природно формування складових збурення проводити, спираючись на інформацію про такі нерівності.

Чинні на теперішній час в Україні принципи і методика оцінки нерівностей колії застосовні до ділянок, де дозволено рух пасажирських поїздів зі швидкістю до 140 км/год. Проте можна припустити, що існують ділянки, нерівності на яких відповідають більш жорстким вимогам. Записи нерівностей, отримані на таких ділянках, можливо було б використовувати при формуванні складових збурень для прогнозних розрахунків коливань екіпажів, що рухаються з високими швидкостями.

З 2019 р. в Україні діє ДСТУ EN 13848-5:2018 (європейський стандарт, прийнятий методом підтвердження), що встановлює мінімальні вимоги до якості геометрії колії та визначає пов'язані з безпекою границі кожного з таких параметрів для швидкостей руху до 300 км/год:

- ширини колії (track gauge)  $\eta_g$ , для якої в стандарті нормовано величини ізолюваних нерівностей і відхилень від середнього на відрізок довжиною 100 м;
- нерівностей поздовжнього рівня (longitudinal level)  $\eta_l$ , для яких нормовано значення в діапазонах довжин від 3 м до 25 м (діапазон D1) і від 25 м до 70 м (D2);
- нерівності в бічному напрямку (alignment irregularities)  $\eta_a$ , для яких також нормовано значення в діапазонах D1 і D2;
- скручування (twist)  $\eta_t$ , яке пов'язане зі значенням нерівностей між рівнями рейкових ниток (cross level irregularities)  $\eta_c$ .

Зазначені чотири види нерівностей колії еквівалентні чотирьом видам нерівностей рейкових ниток: вертикальному і горизонтальному відхиленню правої та лівої рейсових ниток. Вони є взаємозамінними, і вибір набору нерівностей, що використовується як складові збурення при розрахунках, зумовлений особливостями використовуваної математичної моделі і вимогами програмного продукту, що її реалізує.

Для обрання ділянок, нерівності на яких можливо було б взяти для формування зазначених складових збурень, проаналізовано записи осідань і нерівностей в плані, зареєстрованих колієвимірним вагоном (КВ) на низці ділянок Придніпровської залізниці під

час планової перевірки стану колії. Фактичні вертикальні і горизонтальні нерівності рейкових ниток отримано шляхом перетворення записів КВ з застосуванням передавальних функцій його вимірювальних систем. Для кожної з ділянок було сформовано процеси нерівностей  $\eta_g$ ,  $\eta_l$ ,  $\eta_a$ ,  $\eta_c$  та обчислено їх параметри, що регламентуються в нормативній частині ДСТУ EN 13848-5:2018. Порівняння отриманих значень параметрів нерівностей з нормативними показало, що серед проаналізованих ділянок існують такі, нерівності на яких задовольняють вимогам до геометрії колії при організації швидкісного руху поїздів. Нерівності на цих ділянках мають відхилення від норм утримання рейкової колії для осідань лише I ступеня, для нерівностей в плані – не вище II ступеня (причому перевищення межі, встановленої для I ступеня, в цьому випадку є незначним). На всіх зазначених ділянках значення регламентованих параметрів дозволяють рух зі швидкостями принаймні до 230 км/год.

**Висновок.** Серед ділянок діючої залізничної лінії існують такі, нерівності на яких відповідають нормативам, передбаченим при організації швидкісного руху поїздів. Вибрано ділянки, нерівності на яких можуть бути використані при формуванні збурень, що діють на екіпаж з боку колії, і при використанні нерівностей реальних ділянок як складових збурень, і при побудові математичних моделей збурень.

### ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ ВАГОНА-ПЛАТФОРМИ ЗЧЛЕНОВАНОГО ТИПУ З КРУГЛИХ ТРУБ, ЗАВАНТАЖЕНОГО КОНТЕЙНЕРАМИ-ЦИСТЕРНАМИ

Ловська А. О.<sup>\*</sup>, Фомін О. В.<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Український державний університет залізничного транспорту (УкрДУЗТ),

<sup>\*\*</sup>Державний університет інфраструктури та технологій (ДУІТ)

*Lovska Alyona, Fomin Oleksij. Analysis of the loading on an articulated flat wagon of circular pipes loaded with tank containers.*

**Summary.** *The study deals with an analysis of the loading on an articulated flat wagon of circular pipes loaded with tank containers. It was found that a longitudinal force of 2.5 MN to the front stops of an automatic coupler exerted accelerations of 27.7 m/s<sup>2</sup> to the first section of a flat wagon from force application, and accelerations to the second section – 24.4 m/s<sup>2</sup>. The authors considered application of the draft gear construct as an alternative for a standard automatic coupler to decrease the dynamic loads on the carrying structure of a flat wagon. The solution proposed may decrease the dynamic loads on the carrying structure of a flat wagon by 10 % in comparison to those with a standard automatic coupler. The authors determined the basic strength characteristics of the carrying structure of a flat wagon. It was found that application of the draft gear construct can decrease the maximum equivalent stresses in the carrying structure of a flat wagon by 12 % in comparison to those with a standard automatic coupler; the displacements can be decreased by 12.6 %. The research can be used by engineers who are concerned about designing innovative flat wagons, and by those who are concerned about higher efficiency of rail transport.*

Підвищення ефективності використання залізничного транспорту в міжнародному сполученні зумовлює необхідність впровадження в експлуатацію інноваційних конструкцій вагонів. Відомо, що найбільшого розпоширення в міжнародному сполученні дістали вагони-платформи, в тому числі зчленованого типу. Особливістю вагонів-платформ зчленованого типу є те, що їх несуча конструкція складається з двох секцій, які спираються на три візки. Взаємодія секцій між собою здійснюється за рахунок вузла зчленування, наприклад, SAC-1.

Дані вагони в процесі експлуатації можуть зазнавати дії значних повздовжніх навантажень, що негативно впливає на міцність їх несучих конструкцій, а також безпеку руху.

З метою зменшення динамічної навантаженості вагонів-платформ зчленованого типу важливим є удосконалення їх конструкцій шляхом використання принципово нових технічних рішень. Це сприятиме забезпеченню міцності несучих конструкцій, зменшенню витрат на ремонти в експлуатації, збереженню вантажів, зокрема, контейнерів (контейнерів-цистерн) або зйомник кузовів, забезпеченню безпеки руху тощо.

З метою зменшення матеріалоемності вагона-платформи запропоновано впровадження у його несучу конструкцію круглих труб. На базі запропонованої конструкції вагона-платформи створено вагон-платформу зчленованого типу.

Для визначення динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-платформи зчленованого типу з контейнерами-цистернами при експлуатаційних режимах навантаження (розтягнення-ривок) проведено математичне моделювання. При цьому використано математичну модель розроблену проф. Богомазом Г. І. Дослідження проведені в плоскій системі координат. Враховано, що на передні упори автозчепу діє навантаження у 2,5 МН. В якості прототипу обрано контейнер-цистерну типорозміру ІСС.

Контейнера-цистерни розглянуті як прикріплені маси відносно рами вагона-платформи. Враховано, що контейнера-цистерни, розміщені на вагоні-платформі, мають однакову завантаженість котла наливним вантажем.

Вертикальні переміщення контейнера-цистерни відносно рами вагона-платформи не враховувалися. До уваги також приймалася податливість наливного вантажу відносно стінок котла контейнера-цистерни. Рух наливного вантажу описувався сукупністю математичних маятників.

Розв'язання диференціальних рівнянь здійснено за допомогою метода Рунге-Кутта в програмному комплексі MathCad. Початкові переміщення та швидкості прийняті рівними нулю.

Результати досліджень дозволили зробити висновок, що прискорення, яке діє на першу з боку прикладення сили секцію вагона-платформи складає  $27,7 \text{ м/с}^2$ , а на другу –  $24,4 \text{ м/с}^2$ .

Для зменшення динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-платформи розглянуто можливість використання на ній концепту упряжного пристрою, як альтернативного варіанту типовому автозчепу.

При цьому консольні частини хребтової балки вагона-платформи заповнені в'язкою речовиною з демпфуючими властивостями. Для перетворення кінетичної енергії удару в енергію дисипації в концепт входить двохдисковий поршень з двома дросельними клапанами (впускним та випускним). Передача повздовжнього навантаження від корпусу автозчепу на концепт здійснюється через опорну планку, яка посередництвом вилки передає його на поршень. При переміщенні поршня в бік п'ятника вагона відкривається впускний клапан, при цьому випускний клапан – закритий. При зворотному переміщенні поршня (ривок, стискання) відкривається випускний клапан поршня, впускний – закритий. Коефіцієнт в'язкого опору, що створюється концептом упряжного пристрою повинен бути не нижче за  $70 \text{ кН/с}\cdot\text{м}$ .

Результати математичного моделювання динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-платформи зчленованого типу з урахуванням використання концепту упряжного пристрою дозволили зробити висновок, що прискорення, яке діє на першу з боку прикладення сили секцію склало близько  $25,0 \text{ м/с}^2$ , а на другу – близько  $22,0 \text{ м/с}^2$ .

Запропонована реалізація дозволяє зменшити динамічну навантаженість несучої конструкції вагона-платформи на 10 % у порівнянні з використанням типового автозчепного пристрою.

Проведені дослідження сприятимуть створенню інноваційних конструкцій рухомого складу, зменшенню його динамічної навантаженості в експлуатації, а також підвищенню ефективності використання залізничного транспорту.

## ОЦІНКА СТІЙКОСТІ РУХУ ЗЧЛЕНОВАНОГО І СТАНДАРТНОГО ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ

Маркова О. М., Ковтун О. М., Малий В. В.

Інститут технічної механіки Національної академії наук України і Державного  
космічного агентства України

*Markova Olga, Kovtun Helena, Maliy Victor. Motion stability estimation for articulated and standard passenger trains.*

**Summary.** *A comparison of a standard passenger train and a train using articulated cars stability characteristics is considered. Taking into account the generally accepted assumptions, the equations of trains motion were drawn up, in which their design features, geometric and physical nonlinearities of wheel/rail interaction were taken into account. In the carried out studies two variants of wheel and rail surface profiles combinations are considered. Calculations carried out for a wide range of train speeds have shown that the motion of both the train with standard bogies and the train with articulated cars is stable.*

В даний час в багатьох країнах світу використовуються як вантажні, так і пасажирські поїзди зчленованого типу. У зв'язку з цим проблема порівняння характеристик стійкості руху стандартного пасажирського поїзда і поїзда, в якому використані зчленовані вагони, є досить актуальною.

За об'єкти дослідження обрано два пасажирські потяги. У першому поїзді вагони спираються на стандартні візки типу 68-7041. У другому поїзді перший і останній вагони є перехідними: з одного боку їх кузови спираються на згадані вище візки, а з іншого боку встановлені візки зчленованого типу. При цьому кузов першого вагона спирається на елементи центрального підвішування візка, а кузов наступного за ним вагона спирається на пристрій шарнірного типу, який не тільки передає навантаження на елементи підвішування, але і дозволяє з'єднати сусідні вагони. У зв'язку з тим, що в даному випадку схеми спираючих вагонів поїзда різні і елементи зчленування пов'язують їх між собою, для дослідження їх руху необхідно розглядати зчеп з декількох вагонів.

Для оцінки стійкості руху розглянутих поїздів під час їх руху по шляху довільного обрису з нерівностями в плані і профілі розглядаються зчепи, що складаються з п'яти вагонів. Рівняння їх руху складено у формі рівнянь Лагранжа. При складанні рівнянь прийняті до уваги конструктивні особливості кожного з поїздів, геометричні та фізичні нелінійності взаємодії коліс і рейок. З урахуванням звичайних в таких випадках припущень система диференціальних рівнянь, що описують рух зчепу стандартних вагонів, має 510-й порядок, а система рівнянь зчепу зчленованих вагонів – 310-й.

Порівняння характеристик стійкості руху поїздів проведено в діапазоні швидкостей від 40 км/год до 200 км/год. Розглянуто два варіанти поєднань профілів поверхні коліс і рейок. У першому варіанті використані колеса з профілем поверхні кочення S1002 і рейки типу UIC60. У другому варіанті використані стандартні для країн колишнього СНД профілі коліс і рейок. Проведені дослідження показали, що для обох варіантів поєднання профілів коліс і рейок в розглянутому діапазоні швидкостей рух як зчепу вагонів зі стандартним обпиранням на візки, так і зчепу зчленованих вагонів є стійким. У той же час для обох поїздів поєднання профілю поверхні кочення колеса S1002 з рейкою типу UIC60 призводить до більш швидкого згасання коливань колісних пар вагонів.

## РОЗРОБКА ПРОФІЛЮ ОБОДІВ КОЛІС ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ З ПІДВИЩЕНИМ ОСЬОВИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

Мокрій Т. Ф., Малишева І. Ю., Пасічник С. С., Безрукавий Н. В.

Інститут технічної механіки Національної академії наук України і Державного  
космічного агентства України

*Mokriy T. F., Malysheva I. Yu., Pasichnik S. S., Bezrukavyy N. V. Development of a wheel rim profile for promising freight cars with high axial load.*

**Summary.** *A new wear-resistant profile of the wheel rim is developed and an assessment of the influence of its application in freight trucks with increased axial load on dynamic performance of the car and indicators of its interaction with the track is done.*

Для оновлення вантажного парку вітчизняних залізниць з метою підвищення динамічних якостей екіпажів та ресурсу ходових частин, зниження зносу елементів рухомого складу і колії за один із базових візків перспективних вантажних вагонів прийнято візок моделі 18-9817 з підвищеним осьовим навантаженням (до 25 тс). Трьохелементний візок 18-9817 – це спільна розробка американської компанії ASF Keystone і української Промислово-інвестиційної групи «ІнтерКарГруп». Ці візки відрізняються підвищеною зсувною жорсткістю, що при проходженні екіпажем криволінійних ділянок колії погіршує умови його взаємодії з рейковою колією і призводить до підвищеного зносу пари «колесо – рейка».

Дана робота присвячена розробці зносостійкого профілю коліс для вантажних вагонів з підвищеним осьовим навантаженням. Найбільш перспективним з точки зору оптимізації процесів взаємодії є конформний контакт коліс і рейок, для якого характерні найменший знос і найбільш рівномірний розподіл напружень по контактній поверхні, при цьому величина їх значно нижча, ніж при других видах контакту.

При розробці форми профілю колеса ставилася задача покращання умов взаємодії вагона і колії, зниження інтенсивності зносу коліс при збереженні динамічних якостей екіпажа на належному рівні. Побудовано сімейство (більше 20) профілів коліс із товщиною гребеня 32 мм. Представлено методику відбору профілів коліс із серії побудованих профілів. Для кожного варіанта профілю розв'язано просторову задачу контакту коліс і рейок, виконано аналіз параметрів взаємодії, у тому числі розмірів та розташування контактних плям.

Проведено розрахунки вписування піввагона з візками 18-9817 у кругову криву малого радіуса (300 м) із різним ступенем зносу рейок та його руху з різними швидкостями по прямих ділянках колії з випадковими збуреннями. При аналізі отриманих результатів із побудованих профілів виконано вибір за двома протирічними критеріями: мінімуму гребеневого зносу коліс і максимуму запасу стійкості руху екіпажу. Вибраному профілю надано назву ІТМ-73-03. Показано, що використання нового профілю коліс значно покращує процес взаємодії вантажного вагона з підвищеним осьовим навантаженням і колії та суттєво знижує гребневий знос коліс, забезпечуючи при цьому високі динамічні якості екіпажа. Виконано оцінку можливості використання профілю коліс ІТМ-73-03 у візках зі звичайним навантаженням на вісь 23,5 тс. Для проведення такого дослідження виконано розрахунки коливань піввагона з візками нового покоління моделі 18-7020 при русі по криволінійних та прямих ділянках колії. Зроблено висновок про допустимість використання нового профілю для обточування коліс вантажних вагонів з осьовим навантаженням 23,5 тс.



## РАЦІОНАЛЬНА МЕТОДИКА ПОБУДУВАННЯ РУХУ МАГНІТОЛЕВІТУЮЧОГО ПОЇЗДА

Поляков В. О.

Інститут транспортних систем і технологій Національної академії наук України

*Poliyakov Vladislav. Rational technique for magnetically levitated train's motion construction.*

**Summary.** *The rational technique for magnetically levitated trains (MLT) goal directed motion construction is proposed in the work. A features of MLT as a moving object and the requirements to the quality of its motion are identified. An algorithm for terminal hierarchical control of the system in an unpredictable situation has been developed.*

Транспортна система з магнітолевітуючими поїздами (ТС МЛП) створена за для задоволення потреби в переміщенні вантажів і пасажирів. Таке переміщення є її (ТС МЛП) основною функцією. Будучи складним артефактом, ця система включає різні підсистеми. Їх функціонування базується на всіляких фізичних, хімічних, а також іншого роду природних принципах і ефектах. Однак, виходячи із зазначеної основної функції ТС МЛП, якість механічного руху цих поїздів, в результаті, однозначно визначає споживчу цінність системи в цілому.

Сучасний етап розвитку соціуму характеризується експоненціальним наростанням його (розвитку) інтенсивності. Безпосереднє відношення це має, зокрема, до обслуговуючих ТС. У зв'язку з цим, виключно когнітивний рівень досліджень їх функціонування є недостатнім. Тому парадигма таких досліджень неминуче повинна бути зрушена для досягнення їх максимальної креативності. У разі ТС МЛП це означає, зокрема, необхідність побудови, в якості кінцевої мети вивчення таких систем, їх рухів, що мають необхідні якості.

Природні (тобто такі, які відбуваються під впливом тільки не керованих – природних – збурень) рухи МЛП, в переважній більшості випадків, не мають необхідних властивостей. Це обумовлено низкою факторів, основними з яких є: непередбачуваність збурень системи; поликоординатність їх впливів; нестационарність параметрів поїзда; взаємопов'язаність компонентів його руху. Для додання рухам потрібних властивостей, до МЛП повинні бути додані додаткові – керуючі – впливи. Процес переходу від природного до керованого руху будемо називати його побудовою.

Специфіка побудування корисного руху МЛП полягає в необхідності його гарантованого приведення в послідовність станів до заданих моментів часу, або в призначених точках шляху. У проміжках же між граничними точками рух має мати общединамічні якості (безпечність, асимптотичну стійкість і так далі), а також властивості (зазвичай – екстремальні), особливі для кожного з режимів (мінімальне енергоспоживання, або максимальну швидкість і тому подібні). При цьому алгоритми керування не повинні бути надмірно складні і ресурсоємними. Зазначеним вимогам до призначення і способу організації побудування корисного руху МЛП в найбільшій мірі відповідає термінальний принцип такого побудування. У будь-якому режимі якість руху (по комплексу висунутих критеріїв) кількісно характеризується значеннями показника такої якості. Вираз для його визначення найчастіше має вигляд функціонала, значення якого залежить, в тому числі, і від непередбачуваних збурень руху. Тим ні менш, прийнятну якість кожної реалізації процесу в системі необхідно гарантувати при будь-яких можливих реалізаціях таких збурень. Тоді адекватна стратегія формування програмної складової управління може бути отримана з використанням мінімаксної диференційно-ігрової стратегії.

Збурення намагаються не тільки дестабілізувати програмну фазову траєкторію системи (яка стабілізується під впливом програмної складової управління), але і відвести її зо-

бражує точку з такою траєкторії. Цьому повинна перешкоджати коригуюча складова керування. Стратегія її синтезу може бути отримана з використанням, наприклад, способу аркана та доповнена програмою, одержуваною виходячи з мінімаксного диференційно-ігрового критерію.

Підзадачі стабілізації програмної траєкторії і гнучкої позиційної корекції щодо неї поточного положення зображуючої точки системи тісно взаємопов'язані. Однак практичне вирішення деяких їх частин може бути рознесено у часі. Це можливо завдяки наступному. Обстановка руху МЛП може бути класифікована за принципом дихотомії у вигляді вкладених рівнів класів. Натурне впізнання будь-якого з них можна реалізувати за відповідним набором значень доступних для спостереження, однозначно його ідентифікуючих параметрів і вимагає виконання відносно невеликого обсягу додаткових операцій. У той же час, при створенні регулятора кожному класу очікуваної обстановки у відповідність можуть бути поставлені і зафіксовані у пам'яті його програмного пристрою необхідна (в цьому класі) програмна траєкторія і керування, яке її гарантовано стабілізує. Тоді під час руху поїзда, після впізнання класу обстановки, що реалізувався, і зчитування з пам'яті регулятора відповідного йому закону програмного керування, стає можливим його використання при визначенні повного активного керування системою. Компонент же коригуючого керування підлягає оперативному синтезу безпосередньо в процесі руху, оскільки є позиційним і тому принципово не може бути сконструйований завчасно.

Отже, на кожному термінальному інтервалі, рух МЛП будується за принципом дискретної позиційної корекції його поточного стану щодо завчасно синтезованої (для обстановки, яка реалізувалася) континуально стабілізуємої програмної траєкторії зображуючої точки. Основна перевага викладеного способу побудови корисного руху МЛП – в можливості декомпозиції завдання такої побудови.

Генерація повного управління МЛП може трактуватися як реалізація керуючої в'язі, яка накладається на систему. Для збереження цілеспрямованості руху, що синтезується, багатовид, яким визначається ця в'яз, має гарантовано бути аттрактором моделі динаміки поїзда. Саме це і покликане забезпечити згадане керування. Спрощення його синтезу (без погіршення якості) може бути досягнуто після заміни зазначеного багатовида послідовністю притягуючих багатовидів розмірності яких знижуються. Варіювання числа і градації розмірностей цих замінюючих багатовидів дозволяє отримати рухи різної якості. Така геометризація їхнього конструювання базується на поділі вхідної задачі високої розмірності на ряд підзадач більш низької розмірності. При цьому декомпозиція результуючого руху на парціальні ґрунтується не на властивостях системи, яка розглядається, а на послідовному в часі переведенні її зображуючої точки з кожного попереднього багатовида на подальший. Такий підхід дозволяє здійснювати не наближену, а точну декомпозицію рухів системи, чим значно уточняється результат і спрощується процес синтезу стратегії побудови згаданих рухів.

Побудова руху МЛП згідно з запропонованою методикою дозволить відчутно підвищити якість його динаміки і, в той же час, не зажадає для цього значного невинновданого ускладнення, а також підвищення ресурсоемності проектування, натурної реалізації, або експлуатації поїзда.

## ПАСИВНИЙ ЗАХИСТ МОТОРВАГОННОГО ПОЇЗДА ПРИ ЙОГО ЗІТКНЕННІ З ВЕЛИКИМ ТРАНСПОРТНИМ ЗАСОБОМ НА ПЕРЕЇЗДІ

Соболевська М. Б., Горобець Д. В.

Інститут технічної механіки Національної академії наук України і Державного  
космічного агентства України

*Sobolevska M. B., Horobets D. V. Passive protection of the multiple unit train at its collision with a large road vehicle on a level crossing.*

**Summary.** *Energy absorption devices with honeycomb elements for domestic multiple unit train passive safety have been proposed. A mathematical model for study dynamics of train collision with a large road vehicle according to Scenario 3 of DSTU EN 15227 has been developed. A comprehensive analysis of the train vehicle dynamic response depending on the masses of intermediate coaches, accommodation schemes and energy consumption of energy absorption devices has been carried out. Passive protection variants according to the criteria of DSTU EN 15227 have been selected.*

На теперішній час основними тенденціями розвитку вітчизняного залізничного транспорту є оновлення пасажирського рухомого складу, підвищення швидкостей та безпеки руху поїздів. Оновлення моторвагонного рухомого складу передбачає створення нових конструкцій вагонів, в першу чергу головних вагонів, з інтегрованими в них системами пасивної безпеки, до складу яких входять спеціальні змінні пристрої поглинання енергії. При аварійних зіткненнях в результаті контрольованого пластичного деформування і руйнування цих пристроїв відбувається зниження поздовжніх зусиль в міжвагонних з'єднаннях та прискорень вагонів, що сприяє підвищенню захисту пасажирів і персоналу, збереженню конструкцій рухомого складу, зменшенню тяжкості наслідків аварій та скороченню затрат на їх ліквідацію. В Україні пасивну безпеку моторвагонного поїзда при зіткненнях регламентує ДСТУ EN 15227, в якому визначено еталонні поїзди, сценарії зіткнень, вимоги з пасивної безпеки і критерії для оцінки відповідності розроблених конструкцій рухомого складу цим вимогам.

В ІТМ НАНУ і ДКАУ для пасивного захисту моторвагонного поїзда запропоновано конструкції пристроїв поглинання енергії нижнього рівня (на рівні автозчепного пристрою), призначених для установки відповідно в лобовій та хвостовій частинах головного вагона, а також пристроїв верхнього рівня, призначених для установки в лобовій підвіконній частині кабіни управління. Роботу присвячено дослідженню динамічної навантаженості вагонів еталонного моторвагонного поїзда, обладнаних запропонованими пристроями поглинання енергії, при його зіткненні на залізничному переїзді зі швидкістю 110 км/год з великим транспортним засобом масою 15 т у вигляді великогабаритної перешкоди, що може деформуватися (сценарій 3 ДСТУ EN 15227). Розроблено математичну модель такого зіткнення з урахуванням взаємодії головного вагона з перешкодою, роботи поглинальних апаратів зчіпних пристроїв, можливості зсуву об'єднаних ударно-тягових пристроїв у підвагонний простір, пластичного деформування пристроїв поглинання енергії та елементів конструкцій вагонів. Запропонована математична модель дозволяє отримати середні значення прискорень екіпажів і пластичних деформацій їх конструкцій для порівняння з допустимими значеннями згідно з критеріями стандарту ДСТУ EN 15227. Проведено комплексний аналіз динамічної навантаженості екіпажів поїзда в залежності від мас проміжних вагонів, схем розміщення та енергоємностей пристроїв поглинання енергії. Визначено варіанти пасивного захисту, що відповідають критеріям ДСТУ EN 15227.

## ВИЗНАЧЕННЯ СИЛОВОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЗАЄМОДІЇ ГОЛОВНОГО ВАГОНА З СИСТЕМОЮ ПАСИВНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ВЕЛИКОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ПРИ ЗІТКНЕННІ НА ПЕРЕЇЗДІ

Соболевська М. Б., Горобець Д. В.

Інститут технічної механіки Національної академії наук України і Державного  
космічного агентства України

*Sobolevska M. B., Horobets D. V. Definition of power interaction between power head with passive safety system and a large road vehicle at their collision on a level crossing.*

**Summary.** *The collision scenario between multiple unit train and 15 t large road vehicle at 110 km/h speed is considered in this paper. An obstacle model for this scenario has been developed. Energy absorption devices with honeycomb elements have been proposed for domestic multiple unit train power head passive safety. Finite-element models have been developed to determine the force characteristics of the interaction between power head passive protection elements and an obstacle at this collision. The dependence of a contact force on an obstacle mass center displacement for different schemes of energy absorption devices arrangement in the power head front part has been obtained.*

Актуальною проблемою вітчизняного залізничного транспорту є оновлення моторвагонного рухомого складу, підвищення швидкостей та безпеки його руху. Вирішення цієї проблеми передбачає створення головних вагонів з системами пасивної безпеки при аварійних зіткненнях з метою збереження життя пасажирів та поїзної бригади, зменшення пошкодження рухомого складу, мінімізації наслідків аварій. З 2016 року в Україні діє стандарт ДСТУ EN 15227, що регламентує пасивний захист головного вагона при аварійних зіткненнях. В цьому стандарті визначено сценарії зіткнень та еталонні перешкоди. В даній роботі розглядається сценарій зіткнення зі швидкістю 110 км/год моторвагонного поїзда з великим дорожнім транспортним засобом масою 15 т, який є великогабаритною перешкодою з заданими геометричними параметрами, що може деформуватися. Згідно з вимогами стандарту вибір фізико-механічних параметрів перешкоди здійснюється в результаті скінченно-елементного моделювання пластичного деформування перешкоди при ударі в неї кулі масою 50 т зі швидкістю 30 м/с. Отримана в результаті розрахунку крива, яка характеризує залежність контактної сили від переміщення центру мас кулі має бути розташована вище мінімального рівня, визначеного наведеною у стандарті кривою. В ІТМ НАНУ і ДКАУ розроблено модель перешкоди, що відповідає вимогам ДСТУ EN 15227.

На основі результатів скінченно-елементного моделювання з використанням попереднього досвіду розробки пристрою пасивного захисту для локомотива ЕР20 та результатів успішного креш-тесту прототипу цього пристрою, запропоновано конструкції захисних пристроїв верхнього (у підвіконній частині кабіни управління) та нижнього (на рівні автозчепного пристрою) рівнів для вітчизняного головного вагона. Розроблено скінченно-елементні моделі для визначення силової характеристики взаємодії елементів пасивного захисту головного вагона з перешкодою при зіткненні. Отримано залежність контактного зусилля від переміщення центра мас перешкоди для різних схем розташування пристроїв поглинання енергії в лобовій частині головного вагона. Побудовано силову характеристику взаємодії перешкоди та головного вагона з урахуванням роботи його конструкції для подальшого дослідження динамічної навантаженості екіпажів моторвагонного поїзда при зіткненні з великим транспортним засобом на переїзді.

## ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РОЗСЛІДУВАННЯ СХОДІВ РЕЙКОВИХ ЕКІПАЖІВ У ПОЇЗДАХ

Урсуляк Л. В.<sup>\*</sup>, Железнов К. І.<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка  
В. Лазаряна, <sup>\*\*</sup>Software Engineer AMC Bridge LLC

*Ursulyak Lyudmila, Zhelieznov Konstantin. Software complex for investigating the causes of derailment of rail vehicles in trains.*

**Summary.** *Techniques for modelling non-standard and emergency situations to determine their causes related to the stairway of crews that occur during the movement of trains have been developed and special software has been developed to identify the probable causes of crew stairways.*

Розроблені методика моделювання нестандартних та аварійних ситуацій для визначення їх причин, пов'язаних зі сходами екіпажів, що виникають під час руху поїздів та спеціальне програмне забезпечення для ідентифікації ймовірних причин сходів екіпажів.

Зроблено статистичний аналіз катастроф, аварій, серйозних інцидентів, інцидентів та порушень, які виникають під час поїзної та маневрової роботи на залізницях України. На підставі зробленого аналізу можна поділити інциденти за причинами їх виникнення:

- втрата стійкості стану вантажних вагонів, особисто порожніх в складі поїзда – це порушення п.15.32 ПТЕ в частині формування довгоскладових и багатовагових поїздів та перебігів в роботі технічних засобів (управління тяговими пристроями та автотормозами);

- втрата стійкості руху, особливо порожніх вагонів, поїздів. Основні причини – це конструкція саме рухомого складу (вагони, локомотиви, рейкові автобуси, автомотриси) та його стан, особливо ходової частини, а також стану колії;

- відмова технічних засобів, які відносяться насамперед до колії (викид колії, злом рейки, несправність стрілки), а також до ходової частини рухомого складу.

Для визначення причин виникнення інцидентів, які відбулися під час руху поїздів, розроблена математична модель, що містить базу вихідних даних створену на підставі наданих матеріалів розслідування, а також модель руху поїзда й систему надання результатів. Для формування бази вихідних параметрів треба мати наступні документи: натурний лист поїзда; акти про стан і роботу технічних засобів безпеки руху, які мають відношення до розслідуємої транспортної події; план та профіль колії на місці виникнення інцидента; довідка по розшифровці стрічки швидковимірника; довідка про гальма; довідка про випробування гальми під час руху; схема міста сходу рухомого складу; режимна карта локомотива.

Для того, щоб мати змогу моделювати рух поїзда в умовах, що відбувалися безпосередньо перед виникненням інциденту, було модифіковано модель поїзда, яка використовується у програмному комплексі. Ці модифікації відносяться насамперед до можливостей моделювання довгоскладових та багатовагових поїздів, а також до можливостей визначення величини та часу дії поздовжніх сил, діючих на екіпажі поїзду, що можуть привести до висмикування або витискання екіпажів.

При визначенні причин інцидентів необхідно крім характеристик рухомого складу та дільниці руху треба знати режими управління поїздом, які використовувалися безпосередньо перед виникненням інциденту. Для визначення цих режимів використовувались дані розшифровки стрічки швидковимірника локомотива. На основі отриманої інформації про швидкість руху поїзда шляхом моделювання різних режимів управління визначаються найбільш вірогідні управління рухом поїзда. Достовірність оцінюється по критерію міні-

муму відхилення траєкторії руху поїзда при моделюванні від траєкторії отриманої з даних розшифровки стрічки швидковимірювача.

Розроблене спеціальне програмне забезпечення з відповідним інтерфейсом, яке на підставі кривої швидкості визначає режими управління поїздом. Отримані режими управління використовувалися далі в обчислювальному комплексі для визначення можливих причин виникнення інциденту.

На базі отриманих результатів (значення динамічного навантаження та коефіцієнта стійкості) при управлінні поїздом за найбільш ймовірними режимами ведіння, які використовувалися безпосередньо перед виникненням інциденту та наданими матеріалами розслідування, дозволяє ідентифікувати ймовірні причини виникнення інцидентів.

### ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ КРИТОГО ВАГОНА З ПРУЖНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ В ХРЕБТОВІЙ БАЛЦІ

Фомін О. В. \*, Ватуля Г. Л. \*, Ловська А. О. \*\*

\* Державний університет інфраструктури та технологій (ДУІТ), \*\* Український державний університет залізничного транспорту (УкрДУЗТ)

*Fomin Oleksij, Vatulia Glib, Lovska Alyona. Specificities of determination of loads on the body of a boxcar with elastic elements in the center sill.*

**Summary.** The authors suggest elastic elements in the body of the center sill being the basic carrying element of the frame to decrease the dynamic loads. This solution can transform the dynamic loads on the body into the work of the dry friction forces between the components of the center sill. The authors substantiated the solution by means of the mathematic modelling of the dynamic loads on the body of a boxcar in the vertical plane. The differential equations were solved in the MathCad software. This solution can decrease the accelerations on the body of a boxcar by about 20 % in comparison to that of the prototype car. The study presents the strength calculations and the design service life for the body of a boxcar. It was calculated that the design service life of a boxcar was longer than that of the prototype car by about 20 %. The research may be used by those who are concerned about higher efficiency of railway transportation.

Перспективи розвитку транспортної інфраструктури викликають необхідність підвищення ефективності експлуатації залізничного транспорту, як її провідної галузі. При цьому особлива увага повинна приділятися технічній забезпеченості залізничного парку.

Для перевезення вантажів, які потребують захисту від атмосферних опадів використовуються криті вагони. Відомо, що найбільш пошкоджуваним елементом несучих конструкцій критих вагонів є рама. Здебільшого її пошкодження обумовлені дією значних динамічних навантажень, що виникають в експлуатації. Циклічність дії цих навантажень зменшує втомну міцність несучих конструкцій вагонів. Така обставина викликає необхідність проведення позапланових видів ремонту або виключення вагонів з інвентарного парку.

Тому важливим є впровадження в експлуатацію інноваційного рухомого складу для утримання лідерських позицій залізничної галузі на ринку транспортних послуг. При проектуванні такого рухомого складу необхідно використання нових нетривіальних рішень, спрямованих на підвищення втомної міцності, а відповідно і проектного строку служби. Це зумовлює необхідність проведення відповідних досліджень та створення напрацювань в даному напрямку.

Для зменшення динамічної навантаженості несучої конструкції критого вагона та підвищення втомної міцності при експлуатаційних режимах пропонується впровадження в нього пружних елементів. Розміщення пружних елементів передбачається у хребтовій ба-

лці за її довжиною між задніми упорами автозчепів. Для цього пропонується використання замість типового – П-подібного профілю хребтової балки.

Зменшення динамічної навантаженості хребтової балки при цьому досягається за рахунок опору сил сухого тертя між вертикальними полками П-подібного профілю, а також вертикальними частинами горизонтального листа при коливаннях підскакування вагона.

Дослідження проведені стосовно критого вагона моделі 11-217. Створення просторової моделі несучої конструкції критого вагона здійснено в програмному комплексі SolidWorks.

Для визначення динамічної навантаженості несучої конструкції критого вагона з урахуванням запропонованих заходів проведено математичне моделювання. Дослідження проведені в площині XZ.

Розв'язок диференціальних рівнянь руху здійснений в програмному комплексі MathCad. При цьому початкові переміщення та швидкості прийняті рівними нулю.

Максимальне вертикальне прискорення несучої конструкції критого вагона у порожньому стані склало близько  $1,57 \text{ м/с}^2$  ( $0,16g$ ), а візків – близько  $8,3 \text{ м/с}^2$  ( $0,8g$ ). З урахуванням запропонованого рішення стає можливим знизити вертикальні прискорення, які діють на несучу конструкцію вагона майже на 20 %. Хід вагона оцінюється як “відмінний”.

Для визначення основних показників міцності несучої конструкції критого вагона з пружними елементами в хребтовій балці проведено розрахунок за методом скінчених елементів в середовищі програмного комплексу SolidWorks Simulation (CosmosWorks). В якості скінчених елементів використовувалися просторові тетраедри. Для визначення оптимальної кількості елементів застосований графоаналітичний метод.

Максимальні еквівалентні напруження при цьому виникають у зоні взаємодії шворневої балки з хребтовою та складають  $137,4 \text{ МПа}$ . Максимальні переміщення виникають у середній частині хребтової балки та дорівнюють 1,2 мм. Отже міцність несучої конструкції критого вагона забезпечується.

За розробленою розрахунковою схемою проведений розрахунок на втому несучої конструкції критого вагона. Проведені дослідження дозволили визначити найбільш навантажені зони несучої конструкції критого вагона. До них відносяться зони взаємодії хребтової балки зі шворневими.

Проектний строк служби запропонованої несучої конструкції критого вагона складає близько 40 років. Отже отримане значення проектного строку служби вище майже на 20 % за строк служби вагону-прототипу. Проведені дослідження сприятимуть підвищенню ефективності експлуатації залізничного транспорту.

### СЕКЦІЯ 13 «ІНЖИНІРИНГ КРИЗ ТА РИЗИКІВ У СФЕРІ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ»

#### ABOUT THE PROBLEM OF DECISION MAKING UNDER UNCERTAINTY

Amangeldiyeva G.

Institute of Telecommunications and Informatics of Turkmenistan

**Summary.** *Also shown are some possible approaches to comparing alternative solutions in the face of uncertainty. Comparing the analyzed alternatives, the decision maker is invited to use various approaches to solve this problem.*

Decision making tasks in the face of uncertainty as applied to various of logistics systems. The performed scientific work is devoted to the application of system analysis methods to the optimal management of material flows of the logistics systems. Decision making problem is considered. In this task, the requirements of the decision maker were taken into account, as well as external conditions that will affect the model, alternative decisions and expectations.

To formalize each specific optimization problem when analyzing a logistics system in the face of uncertainty, it is necessary to implement certain procedures.

In particular, in the framework of the optimization of the model for the decision making problem of the uncertainty associated with the choice of the method of delivery of goods, when analyzing the final economic result, the manager is required to take into account only the ambient temperature during delivery of the goods and the possible delay times of the goods on the way.

### ЗНАЧЕНИЕ УСТАНОВКИ СИСТЕМЫ GPS/ГЛОНАСС В ПАССАЖИРСКИХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНТЕРНЕТ-УСЛУГ

Атанепесов Б., Чарыев А.

Институт телекоммуникаций и информатики Туркменистана

*Atanepesov Bairam, Charyev Arslan. The importance of installing a gps / glonass system in passenger vehicles and improving internet services.*

**Summary.** *The influence of equipping vehicles with GLONASS / GPS satellite positioning devices is considered. Their impact on traffic safety and associated costs has been studied. The importance of training scientific personnel for this purpose is indicated.*

На состоявшемся 30 ноября 2018 года расширенном заседании Правительства Туркменистана была утверждена Концепция развития цифровой экономики в Туркменистане в 2019-2025 годах, которая нацелена на интенсификацию темпа экономического роста и повышение уровня жизни населения за счёт использования цифровых технологий, а также на формирование факторов, обуславливающих поступательное развитие национальной экономики.

Одним из приоритетов государственной политики выступает создание вбирающей в себя различные виды транспорта профильной инфраструктуры как важного условия обеспечения успешного социально-экономического развития Туркменистана. С осуществлением ряда крупных проектов в этой области удалось образовать цифровую систему управления транспортного сектора народнохозяйственного комплекса страны, что является приоритетной целью вышеупомянутой Концепции.

Предпринимаемые практические меры по развитию цифровой системы в транспортном сегменте, разработке и распространению технологических инноваций в этой сфере



также нацелены на ускорение процесса технологической модернизации транспортных агентств Туркменистана, создание и обеспечение доступности электронной базы данных для физических и юридических лиц, которые пользуются транспортными услугами.

Внедрение в пассажирские автотранспортные средства страны систем GPS/ГЛОНАСС и налаживание интернет-услуг в этой области будет иметь огромное значение не только в ускорении процесса цифровизации, но и в деле оптимизации обслуживания пассажиров и эксплуатации автотранспорта.

Установка спутниковых навигационных систем позволит минимизировать дорожно-транспортные происшествия, расходы на страхование, экстренную медицинскую помощь, топливо и других затратные материалы, а также пробки на дорогах. Налаживание системы по обслуживанию клиентов через интернет также положительно сказывается на показателях транспортного сектора. Об этом свидетельствует растущая динамика пользования интернет-услугами по покупке электронных билетов на различные виды транспорта, транспортировке грузов и заказу такси.

Подготовка научных кадров и профильных специалистов, способных перенести научно-технологические достижения в этой сфере на практическую плоскость и разрабатывать новые программы, выпадает на долю отечественных профильных ВУЗов и научно-образовательных учреждений. Укрепление научно-кадрового потенциала, в свою очередь, позволит добиться больших успехов в работе, проводимой в данном направлении, и ускорить темп политико-экономического прогресса.

Использование систем GPS/ГЛОНАСС в совокупности обеспечит повышение КПД и точность навигационных координат. Высокоорбитальные искусственные спутники земли, находящиеся на заданных точках, отражают специальные навигационные сигналы в сторону Земли, которые принимаются и обрабатываются навигаторами, позволяющими точно определять координаты, скорость и направление движения того или иного объекта.

Для обеспечения надёжности функционирования на спутниках устанавливаются три комплекта основных бортовых систем. Система ГЛОНАСС выполняет следующие функции:

- отправка высокоточных радионавигационных сигналов;
- приём, хранение и передача цифровой навигационной информации;
- генерация, оцифровка и передача в определённое время;
- приём и обработка первичных заданий и команд;
- приём, хранение и выполнение временных программ управления порядком миссии спутника на орбите;
- создание телеметрической информации о состоянии бортовых приборов, её передача на наземный комплекс управления для обработки и анализа;
- генерация и передача «Сигнала неисправности» при возникновении чрезвычайно важных показателей.

Предпринимаемые шаги по установке в пассажирских автотранспортных средствах систем GPS/ГЛОНАСС и налаживанию транспортного сервиса на интернет-пространстве базируются на применении современных информационных технологий, компьютеров и телекоммуникационных средств. Это, в свою очередь, создаёт предпосылки для повышения качества процесса работы в этой сфере, активизации внедрения передовых технологий в производство и системы электронного документооборота, а также для перехода на «инновационные цифровые рельсы». Инкорпорирование в эту сферу цифровых интеллектуальных технологий повысит качество обслуживания клиентов, обеспечит безопасность и слаженный ритм дорожного движения, улучшит экономические показатели, облегчит работу водителей и профильных специалистов, надлежало организовать и анализировать порядок, время и частоту движения транспорта по определённому маршруту.

## АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ РИЗИКІВ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ У ЗАЛІЗНИЧНО-ВОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ НА ЕКСПОРТ

Вернигора Р. В., О कोरोков А. М., Золотаревська О. О.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Vernyhora Roman, Okorokov Andrii, Zolotarevska Olha. Analysis of possible risks in the organization of cargo transportation by the railway and sea communication for export.*

**Summary.** *The paper analyzes modern problems that arise when organizing the transportation of goods by rail to seaports for export. The authors considered and systematized the possible risks that arise in this case.*

Зовнішня торгівля є важливим сегментом економіки будь-якої держави, забезпечуючи обмін товарами, послугами, технологіями між різними державами. Після падіння експортно-імпорتنих обсягів у 2015...2016 р.р. в Україні спостерігається поступове їх зростання. Так, у 2020 р. з України було експортовано товарів на суму 49,2 млрд. USD, в той же час імпортовано – на суму 54,1 млрд. USD, що приблизно відповідає рівню 2014 р. (для порівняння, у 2012 р. були досягнуті максимальні обсяги зовнішньої торгівлі: по експорту – 68,8 млрд. USD, по імпорту – 84,6 млрд. USD).

Експорт товарів та послуг є основним джерелом валютних надходжень, забезпечуючи стабільність економіки країни. При цьому експорт в Україні складає близько 45...47 % від загальних обсягів зовнішньої торгівлі. Разом з тим, якщо проаналізувати структуру експорту, то за останнє десятиліття вона досить суттєво змінилась. Якщо у 2011 р. основу експорту складали чорні метали (27%), нафтопродукти (8,3%) та продукція хімічної промисловості (7,9 %), то у 2020 р. основними експортними товарами стали зерно (19,1 %), олія (11,7 %), руда (9 %), в той час як частка чорних металів знизилась до 15%, а експорт нафтопродуктів взагалі майже припинився.

Більше 70% від усього обсягу (167 млн. т.) українського експорту прямує через морські порти, які у 2020 р. переробили 159,1 млн. т вантажів, з них 123 млн. т. – на експорт; для порівняння – через порти надходить в країну тільки близько третини імпортного вантажопотоку. Варто зазначити, що за 20 років частка експортних вантажів у портах зросла з 50 % у 2002 р. до 77 % у 2020 р., в цей же час частка, наприклад, транзитних вантажів зменшилась з 40 % до 6 %.

До 70 % усіх вантажів доставляється у морські порти залізницею, таким чином саме залізнично-водне є основним видом сполучення, що забезпечує логістику українського експорту. Безумовно ключовим сегментом вказаного логістичного ланцюга, що значною мірою визначає його ефективність, є взаємодія припортових залізничних станцій та морських портів. Як показує аналіз, головні ризики тут пов'язані з невідповідністю вхідного вантажопотоку і переробною спроможністю як припортових станцій, так і морських портів. Така невідповідність призводить до значних простоїв вагонів в очікуванні вантажних операцій; при цьому вагони скупчуються як безпосередньо у портах, так і на припортових станціях, а при заповненні припортової залізничної інфраструктури – і на підходах до портів. У деякі пікові періоди часу на мережі Укрзалізниці простоюють до 300 «кинутих» поїздів, більша частина яких прямує до портів. Це призводить до збільшення термінів доставки вантажів, зниження ефективності використання рухомого складу та, відповідно, до зростання його дефіциту, складності у виконанні маневрової роботи на станціях внаслідок завантаження залізничної інфраструктури «кинутими» поїздами тощо. Як підсумок – зростають загальні логістичні витрати і, відповідно, вартість української продукції на зовнішніх ринках. Так, за різними оцінками частка логістичної складової вартості української

експортної продукції складає 25...35 %, в той час як у країнах ЄС та США – 10...15 %. Окрім того, низька ефективність взаємодії залізниць та портів є однією з причин відтоку вантажів на інші види транспорту (насамперед, на автомобільний). Так, якщо обсяги залізничних перевезень, починаючи з 2012 р. стабільно щорічно зменшуються (у середньому на 3...4%), то автомобільні перевезення, навпаки, навіть демонструють тенденцію до щорічного зростання на 2...3 %.

Виконаний аналіз можливих ризиків у взаємодії залізничного та морського транспорту дозволив виділити наступні основні ризики.

1. Інфраструктурні ризики. Ці ризики пов'язані із невідповідністю існуючих потужностей та технічного оснащення припортової та портової інфраструктури сучасним умовам роботи, які характеризуються як зміною напрямків та структури вантажопотоків, так і зміною державної парадигми організації економіки на ринкову.

2. Технічні ризики пов'язані з можливими відмовами та збоями у роботі технічного оснащення. В першу чергу це стосується залізничного транспорту, що характеризується суттєвим рівнем зношеності основних фондів: колійної інфраструктури – 40%, вагонного парку – 70%, локомотивного парку – 90%. До технічних ризиків можна віднести також дефіцит локомотивної тяги для вантажних перевезень, що призводить до значних простоїв готових составів в очікуванні справного локомотива.

3. Технологічні ризики пов'язані з специфікою організації перевезень у залізнично-водному сполученні. До таких ризиків можна віднести, зокрема, нещодавнє запровадження системи пріоритетності для вантажних поїздів, коли в першу чергу обслуговуються маршрутні поїзди та вантажні поїзди, що прямують за узгодженим графіком; при цьому «звичайні» поїзди простоюють в очікуванні вільних ниток графіку та локомотивів.

4. Конкурентні ризики викликані зниженням попиту на залізничні перевезення і відповідно падінням обсягів роботи. Як зазначалось, головним конкурентом залізниць є автотransперевезення, особливо у сегменті малого та середнього бізнесу. Разом з тим, в останні роки все більше вантажовласників звертають свою увагу на річковий транспорт, що пропонує наразі найнижчі тарифи.

5. Економічні ризики. До економічних ризиків можна віднести зниження попиту на певну продукцію, що призводить до зменшення відповідних обсягів перевезень, конвенційні заборони на експорт певної номенклатури товарів, що може викликати скупчення відповідних вантажів на станціях та у портах, підвищення тарифів на перевезення вантажів залізницею чи перевалку їх у портах.

6. Природні ризики. Ці ризики пов'язані із впливом природних явищ – інтенсивних дощів, снігопадів, замерзанням портів, які призводять до збоїв у перевізному процесі.

Разом з тим, при розробці проектів щодо збільшення пропускної спроможності припортової інфраструктури виникає проблема визначення раціональних технічних та технологічних параметрів станцій та ділянок. Окрім того, у випадку залучення на реалізацію цих проектів приватних інвестицій необхідно чітко визначити пріоритети для таких капіталовкладень та оцінити їх ефективність як для безпосередніх інвесторів, так і для інших учасників перевізного процесу. Вирішення цих питань не можливе без застосування сучасних наукових підходів. Одним з потужним та ефективних інструментів для оцінки інвестиційних інфраструктурних проектів є імітаційне моделювання.

Комплексна оцінка та врахування цих ризиків при організації взаємодії залізничного та морського транспорту є запорукою налагодження надійного та ефективного логістичного ланцюга доставки вантажів у залізнично-водному сполученні. Разом з тим, для вирішення цієї складної та багатофакторної задачі необхідно розробити відповідну методику, що має базуватись на системному підході та сучасному математичному апараті.

## HAZARD ANALYSIS METHODOLOGY

Voropai V.

Priazovskiy State Technical University

**Summary.** *The Hazard analysis process is shown. Every step of process is explained.*

The hazard analysis process is a systematic, comprehensive method to identify, evaluate and control hazards in a system. Figure 1 shows how easy it is to apply.

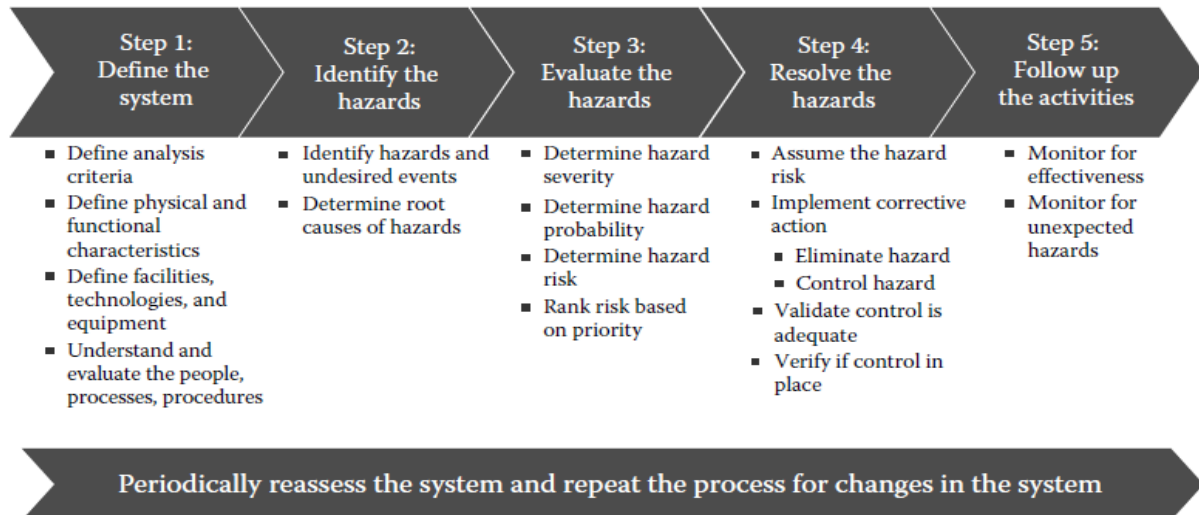


Fig.1. Hazard analysis process

The first step is to define the analysis criteria and parameters. Then it is important to define and understand the physical and functional characteristics of the system under study. It is important to look not only at the major subsystems but also at their functions and interrelationships. Understanding the subsystem and system interfaces is critical to identifying hazards. Many engineers fail at this stage because they feel they adequately understand how the system works and do not need to spend time accurately defining it. What is important is not just how the system works but also its operating conditions and environment. Remember to look at the system and its elements in context to their surroundings. This means that it is critical to define the people, processes, and technologies that make up the system.

Next, hazards and their root causes must be identified. You should go through the system step by step and postulate what the associated hazards with this system under all operating conditions are (including abnormal conditions). It is important to study the system through all phases of the life cycle — remember that there may be very different hazards at particular stages in the life cycle.

Once the hazards, including the causal factors, have been identified, it becomes important to evaluate the hazards and their effects. Most hazard analysis methodologies apply some type of severity classification. This classification is used as a marker to compare the consequences of one hazard to another. Usually some engineering analysis is done so that you can understand what the effects of the hazard would be if an accident did occur.

Other safety analyses such as fault tree analysis or probabilistic risk assessment use quantitative analysis. Either way, the event probability must be determined before management can decide whether the risk should be eliminated, controlled, or accepted. If the hazard analysis does not address both hazard severity and likelihood of occurrence, then the analysis is not very useful. Hazard analysis methodologies employ a qualitative ranking system, merging the severity of

the accident with the probability of the event occurring to give a hazard risk. This is then rank ordered.

This risk ranking is then used to decide whether the hazard risk should be accepted or not. This disposition or resolving of hazards requires the acceptance of the risk or implementation of a corrective action system to eliminate or control the hazard.

The last step is to conduct follow-up activities. It is important to monitor the system to ensure the effectiveness of the hazard controls and to check for new or unexpected hazards. Things change so it is important to periodically reassess the system and determine if hazards are still adequately identified and control mechanisms still work. This is especially important if the system is modified, expanded, or reconfigured or operating conditions change. If there are any material changes to the system, then the hazard analysis should be updated to reflect the changes and their impacts to the system.

## ОЦІНКА РИЗИКІВ ЗАТРИМКИ ВАНТАЖІВ НА МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПУНКТАХ ПРОПУСКУ

Демченко Є. Б., Дорош А. С.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Demchenko Yevhen, Dorosh Andrii. Risk assessment of cargo delay at the international automobile border crossing points.*

**Summary.** *The work was performed as part of the Crisis and Risks Engineering for Transport Services project of Erasmus+ program. The risks of cargo delay at the international automobile border crossing points were assessed. The obtained results can be used for risk management of international cargo transportation by road.*

Ефективна робота транспортної галузі є одною з основних передумов сталого економічного розвитку України. Вітчизняні транспортні компанії та логістичні провайдери стали невід'ємною частиною не лише внутрішньодержавної комунікації, а все активніше беруть участь у забезпеченні зовнішньої торгівлі.

В теперішній час Європейський Союз є основним зовнішньоекономічним партнером України. Так, понад 42 % експорту та 37 % імпорту України припадає на торгівлю з країнами ЄС. При цьому близько 10% товарів за обсягом та 38% за вартістю перевозяться у вказаному міжнародному сполученні автомобільним транспортом. Як показав аналіз, спостерігається стійка тенденція до зростання кількості перетинів вантажними автомобілями західної частини державного кордону України, особливо суміжною з Польщею його ділянки (див. рис. 1).

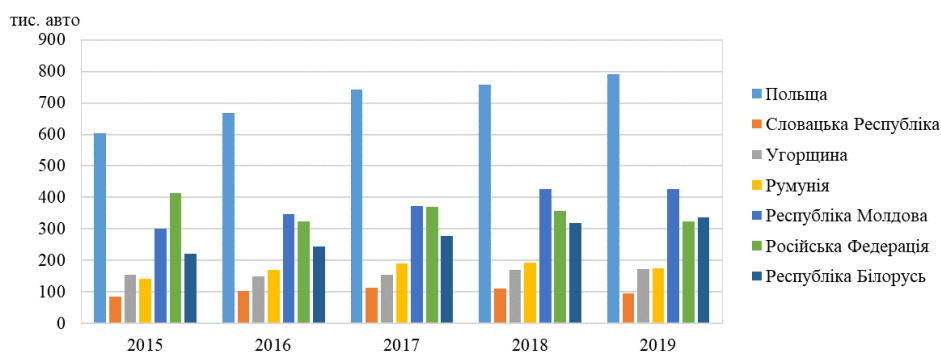


Рис. 1. Пропуск автомобільного вантажного транспорту через державний кордон України

Одним з основних джерел ризиків при організації міжнародного перевезення вантажів є етап перетину державного кордону, який відбувається у спеціалізованих – міжнародних автомобільних пунктах пропуску (МАПП). Наразі в Україні функціонує 100 МАПП, з яких лише 28 можуть обслуговувати вантажний потік у сполученні з такими країнами: Польща – 4, Угорщина – 1, Словачка Республіка – 1, Румунія – 2, Республіка Молдова – 8, Російська Федерація – 5, Республіка Білорусь – 7. Під час перетину державного кордону в пунктах пропуску виконується ряд, встановлених національним законодавством, контроль: контроль служби міжнародних автомобільних перевезень; ветеринарно-санітарний, фітосанітарний, екологічний, радіологічний контролю; митний та прикордонний контролю.

Загальний час знаходження автомобіля в МАПП залежить від тривалості виконання вказаних процедур, яка ніяким чином не регламентована, але встановлено, що граничний строк перебування товарів, транспортних засобів у пунктах пропуску не може перевищувати 5 днів з моменту прибуття у пункт пропуску для здійснення митних процедур. Крім того існує ще цілий ряд факторів, через які можуть виникнути додаткові непередбачувані простоя в пункті пропуску. Так, при експорті з України мають місце випадки затримки з метою додаткового огляду ТЗ працівниками митниці, у зв'язку з рекомендаціями від інформаційної системи АСАУР. При імпорті товарів додаткові затримки можуть виникати з причини відсутності попереднього повідомлення про вантаж і ТЗ в інформаційній базі митниці пункту. Наявність цих та інших випадкових факторів дає підстави вважати, що тривалість знаходження в пункті пропуску є випадковою величиною, а отже існують ризики затримки автомобіля з вантажем на державному кордоні України.

Величина ризику в даному випадку характеризується математичним очікуванням і середньоквадратичним відхиленням тривалості затримок. Для визначення вказаних статистичних характеристик в роботі виконаний аналіз довжини черг на українських прикордонних пунктах переходу з Польщею, Словаччиною, Угорщиною і Румунією по днях 2019 року. Як показав аналіз, спостерігаються суттєві коливання довжини черги в очікуванні проходження кордону. Так, на переході Ягодин-Дорохуськ середня кількість автомобілів в черзі склала 178,35 авт.; при цьому середньоквадратичне відхилення склало 156,98 авт. ( $\pm 88\%$ ). Найбільша довжина черги на даному прикордонному переході спостерігалася в грудні-січні і досягала 800 авт./добу, а час очікування в черзі перевищував 30 год. Вказані затримки слід брати до уваги при укладанні договорів про міжнародне перевезення вантажів та для планування тривалості доставки у експортно-імпортному сполученні.

## ОЦІНКА ПЕРЕРОБНИХ СПРОМОЖНОСТЕЙ ГАРАЖІВ РОЗМОРОЖУВАННЯ І ТРАНСПОРТНО-ВАНТАЖНОГО КОМПЛЕКСУ АГЛОМЕРАЦІЙНОЇ ФАБРИКИ

Дженчако В. Г.

ДВНЗ «Приазовський Державний Технічний університет»

*Dzhenchako V.G. Assessment of processing capacities of defrost garages and transport and cargo complex of agglomeration factory.*

**Summary.** *The work is devoted to the solution of the scientific and technical problem of assessing the processing capacities of defrost garages and transport and cargo complex of agglomeration factory*

Добова потреба аглофабрики у залізовмісній сировині ( $\Pi_A$ ) приймається у відповідності до технологічних норм на залізовмісні компоненти шихти для виробництва агломерату і розраховується для річної продуктивності аглофабрики за формулою:

$$\Pi_A = \frac{\Pi_{річ} \cdot k_z \cdot k_n}{365 \cdot q_e}, \text{ ваг./доб.} \quad (1)$$

де  $P_{pich}$  - річна продуктивність аглофабрики, т;  $k_3$  - витратний коефіцієнт для залізовмісних компонентів шихти;  $k_n$  - коефіцієнт нерівномірності прибуття сировини;  $q_6$  - вантажопідйомність вагона для перевезення залізовмісної сировини, т.

Переробна спроможність транспортно-вантажного комплексу визначається її ведучим – вантажним модулем, як детермінованою системою. Тому, для забезпечення безперебійної роботи агломераційного виробництва переробна спроможність транспортно-вантажного комплексу, має бути не менше добової потреби аглофабрики у залізовмісній сировині.

Добова потреба у залізовмісній сировині аглофабрики продуктивністю 12 млн. т на рік складає 420 - 430 вагонів, при цьому переробна спроможність транспортно-вантажного комплексу базового промислового підприємства становить 430 - 440 вагонів на добу.

У проведених дослідженнях встановлено, що для забезпечення безперебійної роботи агломераційного виробництва добова переробна спроможність транспортно-вантажного комплексу ( $P_{TBK}$ ) повинна прийматися з умови:

$$P_{TBK} \geq P_A \quad (2)$$

Для забезпечення наведеної умови у зимовий період необхідно синхронізувати роботу гаражів розморожування і транспортно-вантажного комплексу з переробних спроможностей. Очевидно, що у зимовий період переробна спроможність транспортно-вантажного комплексу визначається добовою переробною спроможністю гаражів розморожування  $P_{ГР}$  з умови:

$$P_{ГР} \geq P_{TBK} \quad (3)$$

З вищевикладеного виходить:

$$P_{ГР} \geq P_{TBK} \geq P_A \quad (4)$$

Для визначення відповідності переробних спроможностей гаражів розморожування і транспортно-вантажного комплексу при різній тривалості розморожування, необхідно оцінити переробну спроможність гаражів розморожування. Результати проведеного розрахунку по традиційному методу показали, що він фактичної переробної спроможності гаражів розморожування не визначає.

Аналіз процесу розморожування показав, що традиційний метод розрахунку переробної спроможності гаражів не відповідає сучасним вимогам, оскільки він не враховує точну тривалість розморожування сировини, тривалість виконання ряду додаткових транспортних операцій і міжопераційних простоїв.

Відповідно до змінених транспортних і виробничих умов, метод розрахунку переробної спроможності гаражів розморожування повинен додатково враховувати тривалість виведення групи вагонів на контрольну перевірку стану сировини в процесі розморожування, тривалість проведення контрольної перевірки, тривалість постановки на додаткове розморожування і міжопераційні простої груп вагонів з сировиною в очікуванні обміну в секції гаражів. Вказане істотно знижує точність традиційного методу розрахунку переробної спроможності гаражів розморожування. Такий підхід необхідний для обліку тривалості всіх операцій циклу розморожування і міжопераційних простоїв і, як наслідок, для точного визначення переробної спроможності гаражів.

Проведений розрахунок наявної добової переробної спроможності гаражів розморожування показав, що вона не відповідає добовій переробній спроможності транспортно-вантажного комплексу підприємства. Зазначене пов'язане з тим, що, існуюча система розморожування не відповідає загальним технологічним вимогам роботи комплексу і не забезпечує виробничих потреб аглофабрики у сировині. Тому необхідний аналіз основних факторів, що визначають переробної спроможності гаражів розморожування і виявлення тих з них, які дозволять синхронізувати переробні спроможності гаражів розморожування і транспортно-вантажного комплексу.

## ВДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ТРАНСПОРТУВАННЯ СИРОВИНИ НА ПРОМИСЛОВІ ПІДПРИЄМСТВА У ПЕРІОД НЕГАТИВНИХ ТЕМПЕРАТУР

Дженчако В. Г.

ДВНЗ «Приазовський Державний Технічний університет»

*Dzhenchako V.G. Improvement of transport technology of transportation of raw materials on industrial enterprises during negative temperatures.*

**Summary.** *A comprehensive analysis of the technology and conditions of loading, transportation and unloading of mass raw materials in the period of negative temperatures revealed the shortcomings of the transport process that lead to an increase in transport costs, increased coolant consumption and, as a consequence, to large production losses. Organizational measures have been developed to optimize loading, transportation and unloading of frozen raw materials.*

У період негативних температур при істотному зниженні температури докільця тривалість розморожування масової сировини значно збільшується і коливається у діапазоні від 6 до 21 години. При цьому збільшується простій вагонів зовнішньої мережі з 12-13 до 37-38 годин, а переробна спроможність гаражів розморожування знижується до 190-240 вагонів на добу и не відповідає потрібній переробній спроможності транспортно-вантажного комплексу, яка становить до 430 вагонів на добу. Вищевказане призводить до зростання транспортних витрат, підвищеної витрати теплоносія і великих виробничих втрат. Визначальними факторами даного стану є нерівномірне відвантаження сировини вантажовідправниками, затримки при його перевезенні магістральним залізничним транспортом та відсутність ефективної взаємодії між учасниками транспортного процесу вантажовідправником, перевізником та вантажоодержувачем.

Для вдосконалення процесу перевезення масової сировини на промислові підприємства у період негативних температур розроблені наступні заходи:

- максимальне охоплення перевезень сировини, яка змерзається, маршрутними поїздами;
- організація руху маршрутних поїздів з сировиною, яка змерзається, за розробленими транспортно – навантажувально – розвантажувальними графіками;
- прив'язка розроблених транспортно – навантажувально – розвантажувальних графіків в пунктах навантаження і вивантаження до єдиних технологічних процесів під'їзних колій підприємств відправників і одержувачів сировини;
- забезпечення суворого виконання встановленого графіка звернення після вивантаження маршрутних поїздів з сировиною, яка змерзається, з розрахунком підведення їх в пункти вивантаження через певний період часу;
- попередня розробка необхідних заходів і узгодження їх між Укрзалізницею, відправниками і одержувачами при частковій зміні організації роботи і можливого порушенні встановленого графіка просування маршрутних поїздів з сировиною, яка змерзається;
- при наявності сприятливих умов у період негативних температур вжиття заходів до прискорення просування маршрутних поїздів з сировиною, яка змерзається, по варіантних графіках з урахуванням раніше виконаної оперативної відміни інших поїздів;
- використання паралельних ходів для прискорення підведення маршрутних поїздів з сировиною, яка змерзається, за розробленими транспортно – навантажувально – розвантажувальними графіками;
- подовження тягових плечей на всьому шляху прямування маршрутних поїздів з сировиною, яка змерзається (це особливо важливо при зворотному поверненні порожніх вагонів у такому ж складі);



- скасування перелому ваги маршрутного поїзда особливо з відщепкою і накопиченням вагонів з сировиною, яка змерзається;
- переадресування маршрутних поїздів з сировиною, яка змерзається, під час перевезення - для запобігання скупчування маршрутних поїздів у місцях вивантаження.

При виконанні кожного з цих заходів необхідно виходити з реальних можливостей щодо загальних обсягів відвантаження масової сировини, пропускнуєї спроможності окремих залізничних напрямків, переробної спроможності та технічного оснащення розвантажувальних комплексів та гаражів розморожування в пунктах вивантаження, прийнятої технології виконання маневрової роботи, виконання вантажних і комерційних операцій на станціях примикання і під'їзних коліях.

## SWOT-АНАЛІЗ ПОСЛУГ МІЖНАРОДНОЇ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

Дорош А. С., Демченко Є. Б.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Dorosh Andrii, Demchenko Yevhen. SWOT analysis of international road transportation of goods.*

**Summary.** *The work was performed as part of the Crisis and Risks Engineering for Transport Services project of Erasmus+ program. The strengths and weaknesses, as well as risks and opportunities of international transportation of goods by road, were identified using SWOT-analysis.*

Перевезення вантажів автомобільним транспортом в міжнародному сполученні є достатньо складним логістичним процесом, який можна представити у вигляді багатоетапної технологічної схеми. Відомо, що реалізація кожного етапу вказаної схеми пов'язана з великою кількістю непередбачуваних обставин та випадкових факторів. Таким чином, в процесі міжнародного перевезення виникає низка ризиків, що додають невизначеності у розрахунку нормативної тривалості та вартості доставки вантажу. При цьому з множини вказаних ризиків на рівні осіб, що здійснюють організацію перевезень, керування здійснюється головним чином по відношенню до транспортних ризиків, ідентифікація яких на різних етапах міжнародного перевезення приведена в даній статті.

Одним з методів ідентифікації ризиків є *SWOT*-аналіз, який передбачає виявлення сильних і слабких сторін, загроз і можливостей, а також встановлення зв'язків між ними для формування внутрішнього контролю та виявлення можливостей для розвитку рівня послуг, що надаються. *SWOT*-аналіз послуг міжнародної доставки вантажів автомобільним транспортом наведено в табл. 1.

Особливу увагу при розробці логістичної схеми доставки вантажів автотранспортом слід звернути на можливі загрози та ризики, що можуть виникнути на етапах перевезення. Узагальнена схема доставки вантажу автомобільним транспортом в міжнародному сполученні складається з наступних етапів:

- підготовка вантажу до перевезення;
- пошук та вибір підрядника для здійснення автомобільного перевезення;
- подача транспортного засобу (ТЗ) під завантаження;
- підготовка товаросупровідної та транспортної документації;
- завантаження, розміщення та закріплення вантажу в ТЗ;
- митне оформлення вантажу в країні відправлення (країна експорту);
- перевезення вантажу по території країни відправлення до пункту перетину кордону;
- проходження митного та прикордонного контролю;

- перевезення вантажу по території країни призначення (транзитних країн) до місця виконання митного очищення;
- перевезення вантажу до пункту призначення;
- розвантаження ТЗ.

Таблиця 1

*SWOT*-аналіз послуг міжнародної доставки вантажів  
автомобільним транспортом

Сильні сторони	Слабкі сторони
Доступність послуги для широкого кола вантажовідправників Висока швидкість доставки Можливість організації унімодального перевезення та доставки «до дверей» Гнучкість маршруту перевезення	Технічний стан транспортних засобів Обмежені габаритно-вагові параметри Залежність від вимог законодавства інших країн Високий рівень конкуренції Недостатня пропускна спроможність прикордонних пунктів пропуску
Можливості	Загрози та ризики
Підвищення рівня безпеки процесу перевезень Розширення сфери додаткових суміжних послуг Створення єдиної митної зони і прискорення доставки вантажу Прискорення виконання митного та прикордонного контролю в міжнародних пунктах пропуску	Пошкодження, втрата або крадіжка вантажу (ДТП, дії третіх осіб) Порушення термінів доставки Відсутність дозволів для здійснення перевезень по території іноземних держав Велика кількість учасників процесу перевезення та можливі їх некомпетентні дії Політичні та економічні ризики

Аналіз та дослідження кожного з наведених етапів дозволить ідентифікувати можливі джерела та причини ризиків, а також розробити заходи та рекомендації щодо їх зменшення або ліквідації. В подальшому, отримані результати можуть бути успішно використані в процесі ризик-менеджменту для підвищення ефективності управління вантажними перевезеннями автомобільним транспортом.

## METHOD FOR THE EARLY EVALUATION OF PRODUCTION LOSSES IN THE SOCIO TECHNICAL SYSTEM

Kosolapov A. A., Ivin P. V.

Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan

**Summary.** *The scientific works proposes a method for evaluation the software reliability of a computer-based process control in real time system at the early stages of design. Models for the description of automated objects, functioning processes and tasks to be solved are proposed. The concept of a transaction is introduced, a method for evaluation the probability of its smooth operation and availability. For the entire system, the average availability factor is calculated, and the average losses due to program failures during transaction processing. The proposed approach makes it possible to evaluate the possibilities of reserving transactions in real time. The proposed models and method are implemented in the socio-technical real-time systems conceptual design framework CoDeCS.*

Currently, there is a transition to socio-centric systems (socio-technical systems, STS), which are all types of support for automated measurement, control, management systems.

STS is an automated system consisting of a technical subsystem, a subsystem of personnel and the external environment. They are represented in the STS architecture by seven types of

support, including software. Although initially the idea of STS appeared in the late 1940 and early 1950s, but its practical implementation has become effective only in our time. STS moved to the class of big managed systems, uniting machine complexes and groups of people. It is believed that in a complex (big) system, structure is an essential parameter affecting its effectiveness. This is a dynamically changing “time-migrating” multistructure, functionally and territorially distributed to the “level of things”. An important feature of STS is the work in real time (STS RT).

In design such systems, an important step is the stage of conceptual (architecture or early) design, when the main hardware and software solutions of the STS are formed. The complexity of design and research work of architectural stage lies in the unreliability of the source data for decision making. This also applies to the task of evaluating software reliability. To solve this problem are used neural networks, fuzzy logic, Behavior Models.

But these approaches are difficult to apply in the early stages of design, especially for real-time systems. Therefore, the work proposes a set of mathematical models to describe the operation of the STS, its software under real-time constraints and simple methods for calculating software reliability.

Description of basic models. We assume that STS RT performs a set of transactions  $R = \{r_i, i = \overline{1, N_r}\}$  on the initiative signals  $S = \{s_i, i = \overline{1, N_r}\}$  received in STS from sensors of ObjW and culminating in the issuance of control actions  $U = \{u_k, k = \overline{1, N_u}\}$  (signals) to actuators of automation and (or) messages to peripheral equipment to the operational personnel of the ObjW  $X_d = \{x_{dl}, l = \overline{1, N_d}\}$ .

Let's consider the features of transactions.

1. A transaction in STS RT consists from an indivisible and non-recoverable sequence of tasks (functional-algorithmic and program blocks - FPB)  $F = \{f_j, j = \overline{1, N_f}\}$ .

2. FPBs are characterized by a set of parameters such as number of commands in FPB, a command set etc.

Each transaction has a time limit for its execution (deadline)  $T_d = \{t_{dk}, k = \overline{1, N_u}\}$ .

4. The transaction is started at a certain intensity, which is determined by the dynamics of ObjW  $\Lambda = \{\lambda_i, i = \overline{1, N_r}\}$  and the transaction can be estimated execution time (processing) on the microprocessor  $\mu$  for all variants of its completion  $T_{ou} = \{t_{ouk}, k = \overline{1, N_u}\}$ .

5. Failure of any transaction (its interruption) leads to production losses  $W = \{w_i, i = \overline{1, N_r}\}$ ,

which are part of the total possible losses in the event of a system failure  $W = \sum_{i=1}^{N_r} w_i \quad m_i = \frac{w_i}{W}$

6. The completion of each transaction has a variability of losses for each output

$w_i = \{w_{ik}, k = \overline{1, N_u}\} \quad w_i = \sum_{k=1}^{N_u} w_{ik}$ . Values  $w_i$  are formed by experts and distributed to the outputs of the transaction  $m_{ik} = \frac{w_{ik}}{w_i}$ .

7. Each transaction uses information from the database of STS RT  $D = \sum_{g=1}^{G_m} M_g$ .

When a transaction is executed, each of its FPBs  $F = \{f_j, j = \overline{1, N_f}\}$  accesses to arrays of database and the volume of data used for the  $k$ -th output of the  $i$ -th transaction is  $d_{ik}$  which is part of the total size  $D$ , that is  $\frac{d_{ik}}{D}$ .

Method for estimating software reliability of STS RT. The reliability of the application software of a STS RT will be evaluated by the probability of no-failure/trouble-free execution of each transaction  $i$  for each variant  $k$  its completion  $P_{ik}(t_{oik}) = 1 - \exp(-\alpha_{ik} \times t_{oik})$  (for the exponential distribution of time intervals between failures). Since this indicator is calculated during the "life" of the transaction, it corresponds to the availability factor  $K_{av}$  (the probability that the object will be in working condition at an arbitrary moment of time).

The values  $t_{oik}$  are calculated for the selected microprocessor  $\mu$  with a clock frequency of  $\omega_\mu$ , for which the number of cycles executing a set of command  $K_{com}$  is known, when

$$t_{oik} = \sum_{\forall f \in r_{ik}} \sum_{\beta=1}^{K_{com}} v_{\beta ik} \times K_\beta \times \tau_\beta$$

- Average transaction processing time  $i$  for output  $k$ ;

$$\tau_\beta = \frac{n\beta_\tau}{\omega_\mu}$$

- average execution time of command  $\beta$ ;

$v_{\beta ik}$  - branch coefficient in a transaction  $i$ .

At the next step, it is necessary to evaluate the failure rate of the FPB chain for each variant of its completion  $\alpha_{ik}$ .

The basis is the failure rate of the shortest register-to-register command  $mov$ , performed in one clock cycle, which is equal to the failure rate of one chip  $\alpha_{min}$ .

The failure rate of other commands will be calculated according to the clock cycle scheme and are equal  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_\beta, \dots, \alpha_{K_{com}}$ .

For each transaction output, it is necessary to calculate the number of commands of the

$$\theta_{\beta ik} = \sum_{\forall f \in r_{ik}} v_{\beta ik} \times K_\beta$$

specified types:

## ОЦІНКА РИЗИКІВ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ВИКИДАМИ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА, ЯК ЕТАП РОЗРОБКИ КОМПЕНСАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ

Лисенко М. А., Зеленько Ю. В., Шнайдерман О. Ю.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Lisenko Maksim, Zelenko Yuliia, Shnayiderman Oleksandr. Assessment of risks to public health from air pollution by emissions of a metallurgical enterprise as a stage of development of compensatory measures.*

**Summary.** *An assessment of the risks to public health from air pollution by toxic emissions of the metallurgical enterprise was carried out in purpose to justify the development of compensatory measures.*

На сучасному етапі соціально-економічний розвиток суспільства знаходиться в безпосередньому взаємозв'язку з якістю навколишнього природного середовища. Неприятлива екологічна ситуація стала причиною багатьох хронічних захворювань, а також уроджених вад розвитку людини.

Падіння народжуваності і збільшення смертності за останні роки призвело до різкого погіршення демографічної ситуації в Україні.

Основними пріоритетами державної політики є забезпечення техногенної та природної безпеки на території України, комфортних і безпечних умов життєдіяльності населення, збереження природного середовища.

Впровадження заходів щодо зменшення ризиків природного та техногенного характеру є важливим завданням забезпечення національної безпеки держави і потребує наукового підходу до всебічного аналізу причин їх виникнення та розробки методологічного інструментарію щодо комплексної оцінки наслідків впливу промислових підприємств на навколишнє природне середовище і здоров'я населення.

Під оцінкою ризику сьогодні розуміється процес аналізу гігієнічних, токсикологічних і епідеміологічних даних для визначення кількісної імовірності несприятливого впливу на здоров'я населення шкідливих факторів навколишнього середовища. Ризик для здоров'я – ймовірність розвитку загрози життю або здоров'ю людини чи здоров'ю майбутніх поколінь, обумовлена дією чинників навколишнього середовища.

Для виконання кількісної оцінки, як екологічних ризиків, так і ризиків для здоров'я населення застосовується широкий спектр аналітичних методів – інструментального аналізу, системного аналізу, моделювання і т.і.

Так, розрахунок локального забруднення атмосфери в методиці ОНД-86 проводиться за допомогою аналітичних рішень, отриманих на основі апроксимації рівнянь турбулентної дифузії.

Для перевірки можливості використання методики ОНД-86 для оцінки рівня екологічної безпеки атмосфери у житловій зоні поруч з металургійним підприємством за пиловим чинником у результаті викидів аглофабрики був проведений розрахунок забруднення атмосфери при наступних умовах: висота точкового джерела 100 м, масова витрата викидається пилу - 218 г / с, температура газоповітряної суміші - 100° С.

Розрахунок розсіювання пилових викидів аглофабрики за методикою ОНД-86 виконувався за допомогою програми УПРЗА Еко-Центр (версія 1.6.4.) з прив'язкою до постів спостережень ЛНЗА, які виступають в якості контрольних точок запиленості атмосферного повітря в різних частинах міста.

Альтернативою методикою ОНД-86 можуть служити методики, які використовують у своїй основі модель Гаусса, доповнені належним урахуванням рози вітрів і повторюваності швидкості вітру. Модель Гаусса заснована на наступних припущеннях:

- метеорологічні параметри атмосфери, що впливають на розсіювання шкідливих речовин, постійні за часом;
- джерело викидів діє протягом тривалого часу;
- внаслідок турбулентної дифузії концентрація домішки розподіляється в горизонтальному і вертикальному напрямках по закону Гаусса з дисперсіями  $\sigma_y$  і  $\sigma_z$ , які залежать від відстані у напрямку вітру від джерела, стану стійкості атмосфери і ландшафту місцевості;
- надходить в атмосферу домішка хімічно нейтральна;
- поглинання забруднюючої речовини на поверхні землі відсутній.

Отже, для вирішення поставленого завдання пропонується модель перенесення домішки на основі аналітичного рішення рівняння стаціонарної турбулентної дифузії при точковому джерелі викиду забруднень, з інтегральним урахуванням параметрів вітру відповідно до принципу стаціонарних станів.

Так, згідно результатів вивчення комплексного індексу забруднення атмосфери пріоритетними небезпечними речовинами ІЗА, обчисленими за даними спостережень за 2019 р. рівень забруднення атмосферного повітря міст Дніпропетровської області, що мають металургійні виробництва – вище середнього.

В повітрі міст Дніпропетровської області спостерігалась наступна тенденція (рис.1)

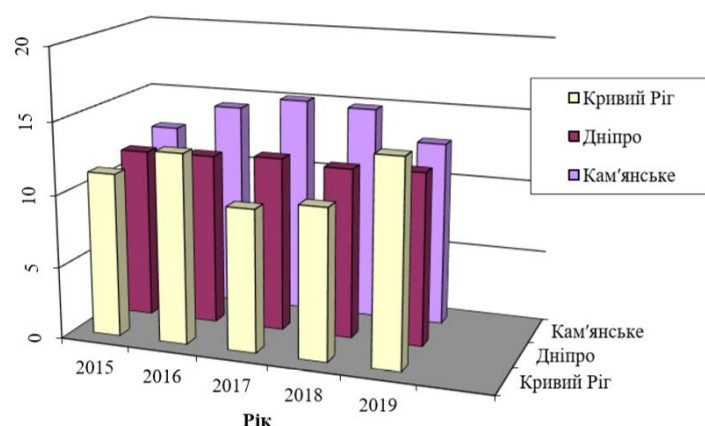


Рис.1. Динаміка ІЗА у містах Дніпропетровської області, що мають металургійні виробництва.

Вивчення структури захворюваності з тимчасовою втратою працездатності свідчить про загальну схожість по всіх підприємствах чорної металургії. Перше місце в структурі захворюваності займають хвороби органів дихання, які складають 39% всіх випадків і 27% усіх днів непрацездатності. У даній групі захворювань 98% випадків становлять гострі захворювання (ГРЗ, грип, пневмонії). Хронічні обструктивні захворювання легень складають в структурі захворюваності менше 1 %.

На 2 місці в структурі захворюваності стоять хвороби кістково-м'язової системи, які складають 19 % всіх зареєстрованих випадків і 20 % усіх днів непрацездатності.

Третє місце в структурі тимчасової втрати працездатності займають хвороби шкіри, які складають в структурі захворюваності на комбінаті 8 % випадків і 11 % днів непрацездатності. Кількість випадків шкірних захворювань більше, ніж загальна кількість травм (6 %).

Таким чином оцінка і аналіз ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря необхідна аналізу попередніх розрахунків як вихідний матеріал прийняття рішень не тільки при плануванні, проектуванні, модернізації, будівництві і реконструкції промислових об'єктів, але й при розробці й удосконалюванні різних технологій, спрямованих на забезпечення екологічної безпеки і захист населення територій від техногенних небезпек.

## СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Мурадов М.

Институт телекоммуникаций и информатики Туркменистана

*Muradov Maksat. Biometric data protection systems.*

**Summary.** *The current state of biometrics as a method of identifying people is considered. The methods of identification, the reliability of biometrics, the list of problems that it can solve and its use in the modern world have been studied.*

**Биометрические технологии.** Биометрия – это метод распознавания и идентификации людей в соответствии с их индивидуальными физическими характеристиками и поведением. Он возник как часть науки о количественных биологических экспериментах на основе статистических методов в конце девятнадцатого века.

Сегодня биометрия представляет собой набор автоматизированных методов и инструментов для идентификации людей путем измерения их уникальных физиологических характеристик или поведенческих характеристик с точки зрения информационных технологий и сравнения их со стандартами, хранящимися в соответствующей базе данных.

Проблемы, решаемые с помощью биометрических систем:

- определение права на физический контакт;
- определение прав виртуального доступа в компьютерных и банковских сетевых терминалах, системах удаленного доступа;
- регистрация и проверка.

Главное преимущество биометрических систем - простота и надежность их клиентского интерфейса. В концепции надежности биометрических систем выделяют три основных аспекта.

– Идентификация с помощью биометрических устройств может произойти, потому что условия сканирования каждый раз различаются, сканируемая часть тела или поведение покупателя также различаются. Это означает, что сопоставление образцов с образцом можно сказать только через уровень сопоставления. Следовательно, все биометрические устройства имеют «вероятность нераспознавания» (то есть вероятность не идентифицировать зарегистрированного пользователя системы) и «вероятность посчитать незнакомца своим собственным» (то есть вероятность того, что незнакомец будет ошибочно принят один из реальных пользователей).

– Способность системы сознательно защищаться от мошенничества и способность противостоять попыткам имитации объекта биометрического сканирования.

– Защитите сбор биометрической информации от несанкционированного использования.

Сегодня существует множество биометрических методов, которые делятся на статические и динамические.

Статические методы основаны на уникальных физиологических (статических) характеристиках человека, то есть данных и порожденных им или ею. В этом методе анализируются отпечатки пальцев, геометрия лица и геометрия руки.

Динамические методы основаны на поведенческих характеристиках человека, т.е. на тех характеристиках, которые характерны для сознательных действий человека при выполнении определенных действий. Таким образом анализируются слово, подпись, клавиатура и набор текста.

Идентификация по отпечатку пальца (AFIS). Это самая старая технология, но в то же время этот способ считается наиболее удобным. На каждом пальце есть уникальные неизменные отметки.

Отпечаток пальца состоит из условных рельефных линий, которые называются сосочковыми линиями. Эти линии образуют сложные (дугообразные, кольцевые и закрученные) узоры, обладающие следующими характеристиками:

– Индивидуальность: различные наборы узоров, которые составляют узоры папиллярных линий с точки зрения их конфигурации, расположения и расположения, не повторяются в другом узоре;

– Относительная стабильность: внешняя структура паттерна, сформированного в утробе матери, остается неизменной на протяжении всей ее жизни и до тех пор, пока труп не распадется после смерти;

– Восстановление: при повреждении кожи сосочковые линии возвращаются к своей первоначальной форме.

Основные этапы внедрения технологии идентификации человеческого лица:

- сканирование объекта;
- получение индивидуальной информации от объекта;
- создать шаблон;
- сравните активный шаблон с базой данных.

Сканирование лица занимает около 20-30 секунд, в результате чего делается несколько снимков лица. Процесс основан на создании шаблона в реальном времени и сравнении его с файлом шаблона в базе данных. Уровень сходства, необходимый для тестирования,

означает некоторый порог, который можно регулировать для разных сотрудников, мощности компьютера, времени и других факторов.

Есть четыре основных способа узнать свое лицо. Они содержат следующее:

- метод анализа отличительных характеристик лица в сером градиенте;
- метод анализа отличительных черт изображения, адаптированный к изменению мимики (движений лица);
- метод анализа на основе «нейронных сетей», основанный на сравнении «особых точек», способный распознавать лица даже в сложных условиях;
- по определению расстояний между легко узнаваемыми чертами лица человека.

В настоящее время распознавание голоса является важным дополнением к речевым технологиям. Это связано с развитием общественной осведомленности, постоянным увеличением потока информации через различные системы связи, требующие защиты от несанкционированного доступа, ростом значения автоматической обработки данных, а также развитием автоматических речевых технологий. Системы распознавания дикторов с определенными характеристиками представляют большой интерес в научной и коммерческой областях, в областях, связанных с безопасностью. К ним относятся: компьютерные системы, банковские счета, различные устройства, офисы, системы связи; автоматический контроль за работой телефонных систем (банковские звонки, требования к статусу банковского счета, различные биллинг или бронирование билетов) [1].

Системы распознавания голоса основаны на принципе различения голосов разных людей. Распознавание говорящего – это процесс определения того, принадлежит ли данное слово конкретному говорящему, на основе характеристик речевого сигнала.

Литература:

1. Информационные процессы, Том 12, №1, sah 1-30. 2012 Сорокин, Вьюгин, Тананыкин.

## ТРАНСПОРТ И ЛОГИСТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ: НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Непесова Х. Х., Аннаниязова Г. А.

Институт телекоммуникаций и информатики Туркменистана

*Nepesova Khurma, Annanyiazova Huldzheren. Transport and logistics management: some approaches to formation, problems and prospects.*

**Summary.** *The article analyzes the problems of transportation, typical for the country and of a global nature. The proposed management system as a synthesis of administrative functions*

Роль транспорта в логистике является ключевым, ведь движение материальных потоков без транспортировки невозможен. В процессе производства на промышленных предприятиях регулярно перемещаются огромные массы сырья, материалов, топлива, полуфабрикатов, инструментов и т.д. Доставка этих грузов на заводы и фабрики, их последующее перемещение внутри предприятий, а также вывоз готовой продукции и отходов производства составляют задачу промышленного транспорта.

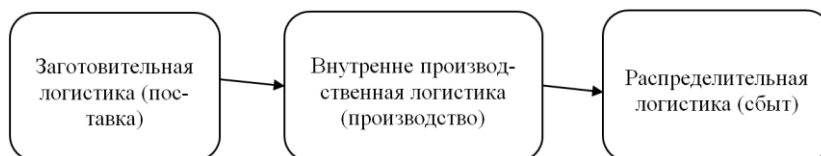
Осуществляя на предприятиях производственную связь между складами, цехами, участками и рабочими местами, промышленный транспорт составляет органическую часть материально-технической базы процесса производства. В рыночных условиях современные предприятия, как субъекты хозяйствования не только производят продукцию, но и осуществляют функции материально-технического снабжения ресурсов и сбыта продукции.

Поэтому движение материальных ресурсов от первичного источника до конечного потребителя целесообразно рассматривать как единый материальный поток (грузопоток),



который обеспечивается транспортными средствами. Указанное является основой, на которой основывается транспортная логистика.

Место транспортной логистики можно представить следующим образом:



Современная экономическая и политическая обстановка в стране и мире, влияет на эффективность транспорта как отрасли народного хозяйства. Транспорт – это своеобразный «локомотив» экономики любой страны. Решение проблем в области транспорта и логистики вносит существенный вклад в развитие страны. Развитие транспортной инфраструктуры способствует формированию новых рынков сбыта. Повышение эффективности транспортных компаний означает повышение стандартов качества транспортного обслуживания, как следствие появляется возможность конкурировать с зарубежными компаниями. Выход на зарубежный рынок способствует налаживанию международных связей, путей сообщений. Транспорт оказывает значительное влияние на конечную цену продукции, которая в свою очередь влияет на конечного потребителя и его выбор, как относительно транспортных услуг, так и относительно приобретаемых товаров.

При решении вопроса повышения эффективности транспортной компании акцент делается на техническом аспекте – корректирующие мероприятия, направленные непосредственно на транспорт – поиск оптимальных маршрутов, внедрение систем мониторинга и контроля транспорта и многие другие. Однако требуется комплексное и системное воздействие как на транспорт, так и на персонал. Таким решением может выступать логистический менеджмент.

Для достижения изучения логистического менеджмента как инструмента повышения эффективности транспортных компаний определены и решены следующие задачи:

- выявление проблем в области транспортировки и логистики;
  - поиск путей повышения эффективности транспортных компаний;
  - анализ точек зрения зарубежных авторов на сущность логистического менеджмента.
- Традиционными проблемами в области транспортировки выступают:

- неразвитая транспортная инфраструктура (недостаточное количество подъездных путей; низкое качество дорожного полотна и т.д.);
- изношенность парка транспортных средств;
- неполная загрузка или перегрузка транспортных средств;
- порча, недостача грузов;
- несоблюдение сроков поставки и т.д.

Вышеуказанные проблемы более характерны для страны, однако часть проблем носит глобальный характер. Серкан Кавас (Serkan Kavaz), вице-президент по развитию импорта в MTS Logistics Inc., выделяет следующие глобальные логистические проблемы:

*во-первых, постоянно меняющиеся потребности клиентов.*

В настоящее время логистические решения должны быть адаптированы к каждому клиенту. Большое количество разных участников перевозки усложняют сохранение уровня обслуживания [1]. Чем сложнее система, тем сложнее ею управлять и контролировать, так же это означает высокие затраты на обслуживание и управление, как следствие происходит рост стоимости самой перевозки.

*Во-вторых, своевременная доставка.*

Данная проблема связана с перегрузкой терминалов и портов, в связи с чем происходит увеличение сроков погрузки и разгрузки транспортных средств.

*В-третьих, инфраструктура.*

Стремление к повышению объема перевозок привело к появлению судов большей вместимости, которые не могут принять значительное число морских портов. Поэтому необходимо развитие портов и портовых сооружений [1]. Принятие крупных судов в будущем означает увеличение объема грузов для погрузки-разгрузки и дальнейшей перевозки, следовательно, необходимо развивать дорожную инфраструктуру, подъездные пути как для автомобильного транспорта, так и для железнодорожного.

*В-четвертых, безопасность, сохранность грузов.*

Грузоотправители принимают груз у местных перевозчиков, которые доставляют груз на местный склад для обработки. Затем склады осуществляют переработку груза и его погрузку на транспортные средства, с целью дальнейшей транспортировки в порт. Когда груз прибывает в конечный пункт назначения, он уже прошел через семь или восемь разных этапов. Если все участники этого процесса не проявляют должной осмотрительности, безопасность становится проблемой [1, 2].

Также, проблемой выступает сложность прогнозирования глобальных экономических изменений. В поисках конкурентного преимущества транспортные компании пытаются определить внутренние ресурсы, с помощью каких позиций можно снизить затраты на транспортировку и увеличить прибыль.

Поэтому, как один из способов и перспектив для повышения эффективности транспортных компаний может служить изменение парадигмы экономической системы компании, которая видит, прежде всего, максимизацию прибыли, а не удовлетворение потребностей клиентов [3].

Для достижения вышеуказанных целей необходимо использовать систему управления, которая будет представлять собой синтез административных функций, таких как планирование, анализ, учет, контроль, и сможет обеспечить формирование информационной системы. Поэтому одним из способов повышения эффективности транспортных компаний выступает логистический менеджмент.

Логистический менеджмент в компании (когда она является организатором логистического процесса) – это процесс администрирования логистической системы, то есть выполнение основных управленческих функций (преимущественно с применением информационно – компьютерных технологий) для достижения целей логистической системы [4-6].

Библиографический список:

1. Serkan Kavaz, The 5 biggest problems of global logistics. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.morethanshipping.com/the-5-biggest-problems-of-global-logistics/>
2. Karpenko, O., Kovalchuk, S., Shevchuk, O. Prospects on Ukrainian logistics market orientation for international customers // Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics. – 2016. – №1. – P. 27-33.
3. Данильченко, М.А. Ключевые показатели эффективности логистики / М.А. Данильченко, К.И. Черногловая // Актуальные вопросы экономических наук. – 2015. – №47. – С. 145.
4. Постникова, Т.В. Оценка ключевых показателей эффективности на примере интегрированной цепи поставки // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2013. – №10. – С. 513.
6. Сергеев, В.И. Ключевые показатели эффективности логистики // Центр дополнительного образования «Элитариум», логистика, стратегический менеджмент. – 2016. – №1. – С. 55.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМНИХ ПИТАНЬ ТА РИЗИКІВ ЛОГІСТИКИ ВАКЦИНИ ВІД COVID-19 З УРАХУВАННЯМ СПЕЦИФІКИ ТРАНСПОРТУВАННЯ

Окороков А. М., Вернигора Р. В., Золотаревська О. О.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Okorokov Andrii, Vernyhora Roman, Zolotarevska Olha. Investigation of the problematic issues and risks of the logistics of the vaccine against covid-19, taking into account the specifics of transportation.*

**Summary.** *A study of modern methods of organizing the transportation of COVID-19 vaccine in different countries of the world was carried out. The experience of large logistics companies in the field of transportation of medicines is analyzed. The priority tasks for creating an effective logistics system in Ukraine are considered.*

Пандемія COVID-19 породжує безпрецедентні людські та економічні витрати у всіх країнах і громадських колах по всьому світу. У сукупності наявність безпечних і ефективних вакцин проти вірусу, спеціалізованих діагностичних технологій і терапевтичних коштів, а також дотримання медичних і соціальних заходів та запобігання новим зоонозних захворювань грають важливу роль у порятунку більшого числа життів.

Готовність ланцюга поставок є ключем до ефективного розгортання вакцинації від COVID-19 серед цільових груп населення відповідно до затверджених ВОЗ та урядами країн стратегіями вакцинації. У зв'язку з потенційними відмінностями у вимогах до температури зберігання різних вакцинних препаратів від COVID-19 країнам буде потрібно зібрати від урядових установ і приватного сектора інформацію про наявний потенціал холодового ланцюга, включаючи її пікову пропускну здатність, щоб розробити стратегію розгортання вакцинації і мобілізувати ресурси для усунення виявлених прогалин. Країнам необхідно буде забезпечити достатній кадровий потенціал (в тому числі шляхом підготовки кадрів) для управління вакцинної холодової ланцюжком і ланцюжком поставок при здійсненні процедур відповідно до стандартних операційних процедур (SOP).

Основна проблема в логістиці вакцини від COVID-19 в першу чергу полягає навіть не в обсягах, що необхідно буде доставити до кінцевих споживачів (а цей обсяг протягом 2021 року оцінюється щонайменше у 1,8 мільярди доз), а у необхідності додержання особливих умов її зберігання, а саме – при низьких та наднизьких температурах.

Перш за все мова йде про вакцину німецької компанії BioNTech та її американського партнера – компанії Pfizer, яка вимагає температури зберігання – мінус 70-80 градусів за Цельсієм. Складність полягає в необхідності наявності спеціального обладнання, яке здатне забезпечити таку температуру, в той час як стандартне холодильне обладнання, що натеper використовується для перевезення «холодних» вантажів розраховано на температуру не нижче мінус 20 градусів за Цельсієм. Також для переробки таких вантажів необхідно буде мати склади з обладнанням для забезпечення наднизьких температур. Якщо із складами питань менше, бо будівництво стаціонарного обладнання для наднизьких температур є досить звичним процесом, то обладнання для забезпечення такої низької температури при транспортуванні є важким та досить громіздким, отже значно зменшується корисний обсяг перевезення та ефективність використання транспортних засобів. Зважаючи на карантинні обмеження повітряних перевезень, а також значну масу додаткового обладнання, перевезення таких типів вантажів повітряним транспортом, хоч і є найшвидшим шляхом постачання вакцини від виробників до закладів медицини, буде дещо ускладнено. Тому в даному випадку доцільно розглянути постачання повітряним транспортом виключно у міжконтинентальному сполученні, а всю логістику розподілу всередині континентів здійснювати наземним транспортом.

При цьому слід зазначити, що багато великих логістичних компаній вже мають досвід перевезення медичних препаратів, в тому числі таких, що мають перевозитися за особливих умов. Так компанія DHL має значний досвід роботи з фармацевтичною продукцією глибокої заморозки. Так, вже доводилося перевозити при наднизьких температурах досить значні обсяги препаратів проти Ебола, а на кордоні з Нідерландами навіть обладнаний спеціальний склад, де встановлено 58 особливо потужних холодильників. DHL ще влітку 2020 року почала готуватися до того, що щонайменше одна з перспективних вакцин, що проходили в той час клінічні випробування, потребують особливих умов транспортування при температурі до мінус 80 градусів. Про це свідчить опубліковане у вересні дослідження, проведене спільно з міжнародною консалтинговою компанією McKinsey. Воно містить рекомендації, як забезпечити доставку чутливих до температури препаратів, і виходить з того, що в спеціальних рефрижераторах і термобоксах належить перевести 15 мільйонів партій вакцин. Із побічного напрямку перевезення медпрепаратів перетворюється на основний бізнес, яким займається окремий підрозділ - Life Sciences & Healthcare. Він має понад 140 спеціалізованих холодильних складів в 40 країнах (найновіший відкрився цього літа в Індіанapolisі в США) зі спеціально навченим персоналом і, наприклад, вже більше 15 років забезпечує транспортне обслуговування клінічних випробувань нових медикаментів.

Таким чином можна стверджувати, що основною технологією перевезення вакцини у міжнародному сполученні без сумніву стануть контейнерні перевезення. У зв'язку з особливістю препарату, на перший план доцільно виводити наземні види транспорту – зокрема автомобільний та залізничний, що дозволить стабілізувати графіки поставки, підвищити ефективність розподілу (оскільки аеропорти є не у всіх містах), а також здешевити цей процес. Не менш важливим є і створення логістичної мережі складів для переробки і зберігання вакцини з додержанням необхідного температурного режиму. Наразі на теперішній момент в Україні відсутні склади, що здатні забезпечити необхідний рівень температур, отже доцільно розглянути можливість якнайшвидшого розподілу наявних доз із мінімальним терміном їх зберігання у період між перевезенням та використанням.

### ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТАННЯ АНАЛІЗУ ТА УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

Окороков А. М. \*, Дьяченко В. О. \*\*

\* Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна, \*\* Відокремлений структурний підрозділ  
«Автотранспортний фаховий коледж» Криворізького національного університету

*Okorokov Andrii, Diachenko Victoriia. Investigation of analysis and risk management in the transportation of dangerous goods by road.*

**Summary.** *The expediency of introduction of the automated system of the account of risks at transportation of dangerous freights by motor transport is analyzed. Factors that need to be studied to develop an algorithm for the operation of such a system are considered.*

Покращення безпеки дорожнього руху є однією з найважливіших цілей для тих, хто розробляє транспортну політику в сучасному суспільстві, і є стратегічним питанням підвищення якості життя. Нещодавно ISO 39001 (Системи управління безпекою дорожнього руху) запровадив керівні принципи діяльності на основі безпеки, спрямованої на зменшення дорожньо-транспортних пригод, за погодженням із системами управління якістю (ISO 9000). Такі рекомендації призначені для менеджерів інфраструктури, адміністраторів та приватних організацій та визначають стандартне управління для зменшення ризику при перевезеннях автомобільним транспортом.

У цьому контексті ризик, що виникає при транспортуванні небезпечних вантажів, представляє особливу загрозу, яка потребує стратегій та інструментів для зниження рівня ризику для суспільства, власності та навколишнього середовища. Існує декілька методів для прийняття рішень керівниками транспорту та державного управління, але два суперечливих напрямки все ще існують. По-перше, у тактичному та оперативному плануванні немає інформаційних систем підтримки перевізників небезпечних вантажів. Другий момент пов'язаний із впливом дорожніх заторів на частоту дорожньо-транспортних пригод: немає єдиного підходу до вивчення та оцінки цих взаємозв'язків.

Застосування циклу управління ризиками PDCA може допомогти компаніям, що перевозять небезпечні вантажі, впровадити відповідні стратегії запобігання аваріям, пом'якшення наслідків та перевірки ефективності та результативності прийнятих контрзаходів. Сертифікація за ISO 39001 може принести економічні вигоди з точки зору зниження страхових витрат (для персоналу та транспортних засобів), покращити професійний імідж та довести відповідальність під час судових позовів. ISO 39001 є добровільним стандартом, отже просування його до компаній, що перевозять небезпечні вантажі, означає надання інструменту, який дозволяє виконувати вимоги національних стандартів з безпеки перевезення небезпечних вантажів, підвищуючи їх конкурентоспроможність, на додаток до належного навчання з управління ризиками.

Існуюче натеper програмне забезпечення для оптимізації маршрутів при перевезенні автотранспортом, як правило, забезпечує обрання найкращого маршруту за критерієм транспортних витрат, витрат на логістику, перерв у роботі водіїв, умов дорожнього руху, обмежень дорожньої мережі (щодо ваги, габаритів, вантажу або іншого, як «шляхи лише для мешканців у країнах ЄС»). Стосовно перевезення небезпечних вантажів, програмне забезпечення для оптимізації маршрутів зазвичай надає дані про заборонені магістралі по всій Європі. Воно не враховує (або не надає) жодної інформації про ризик подорожі. В той же час сучасні інформаційні технології дозволяють одержати масиви даних для аналізу та врахування цієї інформації при плануванні маршрутів перевезень. Дослідження, проведені на початку 2000-х років у Європейському Союзі показали, що введення в алгоритм планування даних стосовно кількості дорожньо-транспортних пригод всіх видів (із летальними наслідками, пошкодженням майна, затримками в русі тощо), дозволяють не лише зменшити потенційні ризики порушення графіків доставки вантажів, а й скоротити час поїздки за рахунок об'їзду місць концентрації таких подій.

В свою чергу в Україні натеper відсутні системні дослідження щодо розробки алгоритмів прокладання маршрутів з урахуванням ризиків та врахуванням періодичності виникнення нестандартних ситуацій під час перевезень. Це являє собою цікаву науково-прикладну задачу, вирішення якої дозволить не лише зменшити прями ризики, а й врахувати (при перевезенні небезпечних вантажів) потенційні наслідки для життя людей та забруднення навколишнього природного середовища.

## **ВИБІР ЛОГІСТИЧНОЇ КОНЦЕПЦІЇ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ МАТЕРІАЛОРУХУ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ДИНАМІКИ ВИРОБНИЧО-ТРАНСПОРТНОГО СЕРЕДОВИЩА**

Парунакян В. Е., Маслак Г. В.

Приазовський державний технічний університет

*Parunakyan Vahagn, Maslak Ganna. The choice of a logistics concept for managing the process of material movement of industrial enterprises in the context of the dynamics of the production and transport environment.*

**Summary.** *The paper deals with the logistics concepts of streaming processes. To control the process of material movement at metallurgical enterprises, the JIT technology was selected, which should be based on optimized system cycles for the promotion of car flows and ensure the*

*unloading and delivery of raw material components, the transportation of intermediate and shipment of finished metal products in the required quantity, the required quality and within the timeframe established by production requirements.*

Останніми роками ускладнення конкуренції зробило необхідною інтенсифікацію бізнес-процесів постачання, виробництва і розподілу. В зв'язку з цим корпорації почали формувати систему інтегрованого логістичного менеджменту на загальній інформаційно-комп'ютерній платформі, що об'єднала функціональні області логістики (постачання, підтримку виробництва і дистриб'юцію) з технологічно невід'ємними логістичними функціями – транспортуванням, вантажопереробкою, експедицією і відвантаженням, складуванням, управлінням запасами та ін.

Сучасна інтегрована логістика припускає крізне управління потоками логістичної системи, що проходять через всі її ланки. Проте це цілком узгоджується з її структурним діленням на функціональні області (логістику постачання, виробництва і розподілу), діяльність яких підкоряється загальній (корпоративній) меті всієї системи в цілому. Таке ділення дозволяє точніше визначати і вирішувати локальні завдання організації і контролю усередині ланок і елементів логістичної системи, оскільки об'єктами практичної логістики можуть бути не тільки потоки, але і одиничні трансакції. Останнє особливо важливе і необхідне для розвитку пунктів вантажопереробки продукції, а також транспортної інфраструктури, що визначають процес матеріалоруку.

Позначимо основні концепції сучасної інтегрованої логістики. До їх числа слід віднести: TQM (Total Quality Management) – концепція загального управління якістю; JIT (Just-in-time) – концепція (технологія) побудови логістичної системи або організації логістичного процесу в окремій функціональній області, що забезпечує доставку матеріальних ресурсів, проміжної продукції, готової продукції в заданій кількості, в потрібне місце і точно до призначеного терміну; LP (lean production) – струнке/плоское або бережливе виробництво, в основу якого покладено виключення зайвих операцій (наприклад, складування і очікування). Базується на концепції JIT. VMI (Vendor-Managed Inventory) – вдосконалена версія системи управління запасами постачальників, заснована на використанні інформаційних технологій; SCM (Supply Chain Management) – «управління ланцюгами постачань», що служить для зв'язку і координацією між постачальниками, споживачами – організаціями (підприємствами) та їх клієнтурою; TBL (Time-based Logistics) – концепція, що оптимізує фази життєвого циклу продукції починаючи від науково-дослідних і дослідно-конструкторських розробок до післяпродажного сервісу; ERP (Enterprise Resource Planning) – система планування ресурсів підприємства, заснована на використанні інформаційних технологій; CSRP (Customer Synchronized Resource Planning) – розширює функції ERP, плануючи ресурси з урахуванням вимог замовників.

Таким чином, є всі підстави вважати, що відповідно до функціональних особливостей, характерних для транспортного обслуговування металургійних підприємств, логістичне управління процесом матеріалоруку в системному циклі переробки вагонів зовнішнього парку (ЗП) повинно ґрунтуватися на концепції (технології) JIT, яка широко поширена в практиці корпорацій. З логістичних позицій JIT – проста бінарна логіка управління запасами без якого-небудь обмеження до вимоги мінімуму запасів, згідно якої процес матеріалоруку ретельно синхронізований з потребою, що задається виробничим графіком випуску продукції (напівфабрикатів, готової і побічної продукції). Така синхронізація є координацією (інтеграцією) двох функціональних сфер логістики: транспортної підтримки виробництва і постачання. Основна ідея концепції JIT – гарантія того, що всі елементи логістичного ланцюга точно збалансовані на основі графіків організації виробничої системи, визначені моменти постачань, поповнення запасів, відвантаження виробничих напівфабрикатів і готової продукції.

Логістичні системи, в яких використовують технологію ЛІТ, є системами, що тягнуть, в яких замовлення на поповнення запасів проводиться тоді, коли їх кількість досягає критичного рівня. Логістичні цикли в таких системах характеризуються невеликою тривалістю, а також участю посередників, які займаються консолідацією поставок, їх відправкою, виконують певні логістичні операції, що підвищують, додану вартість товару, наприклад, контроль якості, комплектацію, експедицію, упаковку та ін. Логістична технологія ЛІТ, пов'язана з синхронізацією всіх процесів, вимагає точної інформації, достовірного прогнозування і надійної телекомунікаційної системи і інформаційно-комп'ютерної підтримки.

Таким чином, при переробці вагонів ЗП, логістична технологія ЛІТ може формувати системний цикл, який ґрунтується на синхронізації процесів вантажопереробки і оптимізації тривалості транспортних циклів. Така інтеграція здатна забезпечувати вивантаження і перевезення компонентів сировини, напівфабрикатів і відвантаження готової продукції у встановленому об'ємі, задані терміни, необхідної якості і, що особливо важливе, оптимізацію загальних логістичних витрат.

В процесі наших досліджень стала очевидною також необхідність застосування нових методичних підходів до розрахунку ряду експлуатаційних показників транспортного обслуговування підприємств.

Оскільки в системний цикл входять кілька транспортних модулів, розрахункова тривалість операцій кожного з них повинна включати не тільки тривалість нормованих технологічних операцій, але і випадкові, що не враховуються, витрати часу (1-2 години і більше) на очікування виконання наступних операцій.

Традиційний метод розрахунку готівкової пропускної здатності технічних пристроїв станцій (особливо, горловин) лише фіксує суму витрат часу на переробку вагонопотоків. Однак, як показує аналіз балансу переробної потужності станцій, цей метод не враховує динаміку вагонопотоків та інших випадкових факторів, що викликають додатковий обсяг транспортної роботи. У зв'язку із зазначеним, необхідний перехід до методу розрахунку необхідної пропускної здатності. З цією метою в розрахунки повинен вводитися коефіцієнт резерву пропускної здатності, величина якого приймається по відношенню максимальної величини добового вагонопотоків до його величини у штатному (плановому) режимі роботи.

У зв'язку з виробничим середовищем, що змінилося, збільшенням нерівномірності перевезень, а також проведенням реконструктивних заходів щодо вдосконалення технології основного виробництва, збільшилося число функцій, що виконуються внутрішньозаводськими станціями, особливо вантажними і районними. Це призводить до значного ускладнення і збільшення обсягів станційної роботи і, у результаті, до збільшення простою вагонів ЗП. Ому важливе значення для переходу на логістичне управління набуває також питання вдосконалення компановочно-конструктивних схем таких станцій для забезпечення ефективної реалізації кожної функції, зберігаючи при цьому системність їх загального конструктивного рішення.

## **ВПЛИВ РИЗИК-ФАКТОРІВ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ УМОВИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Хара М. В.

Державний вищий навчальний заклад  
«Приазовський державний технічний університет»

*Khara Maryna. Effect of risk factors on operating conditions of the railway tracks of metallurgical enterprises.*

**Summary.** *The operational conditions for the operation of railway tracks at metallurgical enterprises are influenced by such risk-factors as the level of power loads and the intensity of deformation and wear. Pursues of travel development of the metallurgical enterprise have quite individual working conditions. The results of the analysis of the latest statistical data indicate*

*that the actual state of the enterprise's travel economy has not the best indicators. Based on the research conducted at the enterprise, software integrated activities were developed aimed at restoring the travel economy, currently being actively implemented, which will improve operational working conditions and improve the efficiency of the enterprise railway transport.*

На експлуатаційні умови роботи залізничних колій на металургійних підприємствах впливають такі ризик-фактори як рівень силових впливів на колію і інтенсивність його деформацій і зносу. Відповідно, проектна потужність верхньої будови колії і стійкість земляного полотна визначаються в залежності від вантажонапруженості бруто, швидкості руху і навантаження на вісь. Крім того, різноманіття перерахованих параметрів, що діють на колію від рухомого складу істотно доповнюється в процесі його експлуатації природно-кліматичними впливами: добовими і річними змінами температур і вологості, атмосферними опадами у вигляді дощів і снігу, проморожуванням баласту і земляного полотна, паводковими водами і інше.

Наприклад, на металургійному комбінаті ім. Ілліча загальна довжина залізничної колії становить 351663 м з 1389 комплектами стрілочних переведень. З них 295141 м колії і 1325 комплектів стрілочних переведень приналежності залізничного цеху, інші – цехів комбінату, за технічним станом яких, останні зобов'язані стежити самостійно.

Ділянки колійного розвитку металургійного підприємства мають досить індивідуальні умови роботи, які можуть і не нести яскраво виражених особливостей, наприклад, прокатна ділянка або мати більш визначений характер, як на аглорудній ділянці, де присутні такі додаткові чинники, як сипкість і абразивність вантажів, які засмічують і забруднюють баластний шар, знижуючи його несучу здатність і погіршуючи умови роботи колії по сприйняттю поїзних впливів. Це призводить до погіршення дренажної здатності верхньої будови колії і підвищенню рівня дефектів профілю рейок і стрілочних переведень.

Найбільш специфічний рівень експлуатаційних умов роботи залізничних колій спостерігається на доменно-сталеплавильній ділянці. Це виражено, в першу чергу, високими осьовими навантаженнями і тим, що роботи виконуються на ділянках гарячої розливки сталі і чавуну.

Дана ділянка характеризується тим, що при виборі підрейкових підстав постановочної колії, на якій відбувається безпосереднє розливання гарячої сталі і гарячого чавуну в спеціальний рухомий склад, необхідно враховувати можливість виплеску рідкого металу на колію. У разі якщо використовуються залізобетонна шпальна підстава, то інтенсивний виплеск, який повністю пропалює верхній захисний шар, також оплавляє і шпальну підставу. У подібних умовах демонтаж і ремонтно-відновлювальні роботи вкрай ускладнюються.

Характерним для підприємства є використання спеціальних металевих підрейкових підстав. Такі підстави надають шляху велику ступінь жорсткості, в тому числі за рахунок площі стійкості. Результати аналізу останніх статистичних даних свідчать про те, що фактичний стан колійного господарства підприємства має не найкращі показники: для загальної довжини колії 295141 м дефект рейок складає 28282 м; дефект залізобетонних шпал – 51510 одиниць; дефект дерев'яних шпал – 19207 одиниць; знос проміжних скріплень – 57572 одиниці. З 1325 одиниць загальної кількості стрілочних переведень порядку 915 одиниць мають дефекти, кількість шпал (брусів) з дефектами складає 17717 одиниць; знос проміжних з'єднувань – 27 456 одиниць. Такий стан пов'язаний з недостатнім фінансуванням системи технічного обслуговування і ремонту, що призводить до недотримання встановлених міжремонтних термінів. На підставі проведених досліджень розроблено програмні комплексні заходи, спрямовані на відновлення колійного господарства, в даний час активно йде процес їх реалізації, що дозволить поліпшити експлуатаційні умови роботи і підвищити ефективність роботи залізничного транспорту підприємства.



## ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ

Чатырев А., Атанепесов Б.

Институт телекоммуникаций и информатики Туркменистана

*Charyev Arslan, Atanepesov Bairam. Ecological problems in automobile construction.*

**Summary.** *The current trends in the automotive industry and their impact on the environment have been investigated. The analysis of the consumption of natural resources associated with the automotive industry. The concept of the life cycle of a car and modern technologies for the restoration of vehicles are analyzed*

При сжигании единицы топлива, в пересчете на углерод, выделяется в 3,7 раза больше диоксида углерода. Кроме того, образуются оксиды азота, серы, другие вредные вещества, а также значительное (34,1 МДж на 1 кг углерода) количество теплоты, которая является тепловым загрязнением. Общий же объем извлекаемых из недр Земли энергетических ресурсов, по данным Международного газового союза, составляет 1083,5 млрд. т условного топлива, из которых 65,5 % — уголь, 12,6 — нефть, 10 — природный газ, 11,9% — сланцы, битумы, тяжелые нефти. Автомобильный транспорт потребляет – 50 % нефтепродуктов, т. е. на его долю приходится лишь 6,3 % энергоресурсов. Соответственно и объем выбрасываемых в атмосферу вредных веществ при его эксплуатации не превышает 5 % суммарных выбросов, образующихся в результате сжигания добываемого органического топлива. Поэтому становится очевидным: удовлетворение АТС экологическим нормам — лишь часть более сложной общей проблемы, для решения которой необходим целый комплекс мер. И в первую очередь мер, которые можно назвать производственными, т. е. связанные с созданием и изготовлением АТС. Причем производственными в самом широком смысле этого слова.

Дело в том, что на изготовление автомобилей, запасных частей к ним и производство конструкционных и эксплуатационных материалов расходуется - 20 % производимых в мире черных металлов, 7 %— меди, 13 %— никеля, 35 %— цинка, 50 %— свинца, 50 % — натурального каучука и т. д. В итоге для изготовления 1 т элементов, деталей и узлов, используемых в автомобиле, перерабатывается 150 т природного вещества, т. е. из каждой 1 т последнего в автомобиле остается -0,7 %. Остальные 99,3 % тратятся впустую. Но их добыча и переработка оказывают значительные (даже больше, чем автомобиль) негативные экологические последствия. А ведь автомобилестроение, по расчетам, потребляет -10 % добытых и переработанных материалов. Значит, на его долю приходится и столько же загрязнений от стационарных промышленных источников. То есть в процессе производства автомобиля загрязнений получается в 2 раза больше, чем в процессе эксплуатации.

Между тем при экологической оценке автомобиля и других технических изделий большая часть этой оценки (производственные загрязнения) вопреки здравому смыслу никак не учитывается ни государственными, ни международными (ISO) стандартами качества продукции. Во многом поэтому потребление природных ресурсов прогрессивно увеличивается, ухудшая без того критическое состояние нашей планеты. Хотя все должно быть «с точностью до наоборот»: в первую очередь следовало бы учитывать те загрязнения, которые дает изготовление автомобиля, а не только добиваться снижения токсичности отработавших газов на несколько процентов. Потеря массы на износ автомобиля, как известно, не превышает 0,5 %, а по деталям прецизионной группы — 0,1 %. То есть свыше 99 % материала, производство которого уже привнесло значительные загрязнения в окружающую среду, можно сохранить с минимальными экологическими потерями.

В самом деле: у автомобилей, поступающих в капитальный ремонт, как показывает многолетняя мировая практика, только 20 % деталей подлежат выбраковке и утилизации,

20 % – придатні для дальшої роботи без відновлення, а 60 % можна відновити. Тем не менше в нинішнє час у багатьох автомобілістів (від автолюбителів до учених), в тому числі науково-технічних працівників і працівників сфери державного управління, збереглося досить стійке ставлення до неефективності капітального ремонту автомобілів. Отожествляючи поняття "необхідність" і "якість ремонту", вони ратують за створення "рівнопрочного" надійного автомобіля, який після одного регламентного пробігу необхідно відправити в утиль. Однак серед їх виробників і споживачів по-прежнему панує "одноразова" психологія. Достатньо подивитися, з яким ентузіазмом перші організують всевозможні автосалони, виставки, презентації нових моделей АТС і т. д., а другі їх відвідають. І практично ніхто не займається проблемами реновації. Хоча основи її технології давно існують. Це — технології відновлення деталей і вузлів. Залишається лише організувати кооперацію автозаводів зі спеціалізованими підприємствами по відновленню деталей. Тому тут все залежить від державних органів влади: саме вони повинні створити необхідну нормативно-правову базу, стимулюючу виробництво екологічно чистих автомобілів і інших виробів.

Сейчас в світі нараховується близько 1 млрд. АТС. Їх річний приріст становить — 8 %, причому всі вони виготовляються з первинних не відновлюваних ресурсів. В той же час приблизно стільки ж (7-8 %) АТС річно списується, і кожен має значні залишкову вартість і ресурс. Неблизька їх частка (головним чином, автомобілі з Європи, США і Японії) після незначительного ремонту постачається на ринки СНГ і інших країн. Однак це робиться стихійно, виходячи з кон'юнктурних міркувань і не завжди якісно. Більшість ж утилізується. З'явився навіть термін "повний життєвий цикл автомобіля", під яким, на жаль, розуміється тільки безпосереднє його виготовлення, експлуатація і утилізація. Однак при утилізації втрачається до 50 % металу (плавка і наступна технологічна обробка), створюючи додаткові викиди і витрачаючи мільярди фінансових засобів. Вихід — тільки в реновації. Вона потребує, з урахуванням згаданих вище 20 % бракованих деталей, принаймні на порядок менше матеріалів, енергії. Значить, в такій же мірі знизить забруднення навколишнього середовища. При цій технології заготовкою стає зношена деталь, яку необхідно відновити і обробити до номінальних параметрів. І сучасні методи відновлення (нанесення високоєфективних покриттів на зношені поверхні, обробка — на наявному обладнанні) повністю вирішують цю задачу. Але головне — вирішити на державному рівні правові питання по науково обґрунтованим екологічним податкам на природні ресурси і технічні вироби, які в нинішнє час, порівняно з екологічним шкодою від виробництва автомобілів і іншої техніки, неістерично малі. Необхідні податкові пільги дійсно екологічно чистим технологіям і стандарти якості виробів, реально відображають екологічні показники. Це автоматично "запустить" реноваційну технологію, для якої сьогодні немає альтернативи.

Екологічна проблема — це прерогатива держави, тому що, як уже згадувалося, ні виробник, ні споживач її ніколи займатися не буде. У них інша задача: отримати прибуток. Значить, щоб забезпечити екологічність виробництва, потрібно організувати «екологічний коридор» діяльності в формі законодавчих актів. Вони забезпечать давно назревший перехід від моніторингу екологічних проблем до їх практичного вирішення.

## ASSESSMENT OF THE RESTORATION PROCESS EFFICIENCY OF THE "ENVIRONMENT-EMERGENCY OBJECT" SYSTEM SECURITY

Shalabayeva M. H.<sup>\*</sup>, Kasatkin D. Y.<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Kazakh University ways of Communications, Almaty, Kazakhstan, <sup>\*\*</sup>National University  
of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

**Summary.** *The article shows the possibility of using classical methods of the queuing theory and adapted versions of these methods for substantiating and modeling various schemes for organizing emergency recovery operations by structural units of the functional subsystem of railway transport, forming network systems (connections) of such units, providing them with the necessary resources, forecasting and evaluating the effectiveness of the actions of such units. It has been proved that a significant reduction in the negative impact of the consequences of railway accidents on the environment is possible with a reduction in the period of liquidation works, as well as with a reduction in the time for concentration of units and the use of forces and means of the required productivity. And an increase in the time of concentration requires an increase in the productivity of such forces and means.*

Investigation of railway emergencies (RWE) involving dangerous goods (DG) indicates that their development is complex. The final result may be: the occurrence of drastic consequences associated with explosions, fires, death or injury to people, rolling stock (RS) and railway transport (RWT) facilities destruction, environmental (Env.) pollution, etc. In order to scientifically substantiate the restoration process effective management of "environment (Env.) – emergency object – liquidation units" system security functioning, it is necessary to highlight the possible scenarios for their development:

- slow accumulation of RWE negative factors, but not to the level of their critical values. It does not lead to explosions or fires, etc.;
- slow accumulation of RWE negative factors, their going beyond the critical values followed by an explosion or fire, etc.;
- rapid accumulation of RWE negative factors with their going beyond critical limits. That leads to fire or explosion, etc.

As a rule, such RWE are characterized by incomplete information about the development of their hazardous factors, destructive effects on people, Env., infrastructure facilities and RWT RS, and a rapid increase in environmental, material, economic and other losses over time.

To take measures to localize such RWE and eliminate their consequences, it is necessary to involve a certain number of RWT liquidation units of various purposes, and other ministries and departments.

Moreover, in the process of organizing liquidation works, it is necessary to ensure certain criteria for their effectiveness (situational criteria), which can be achieved only on the scientifically based forecasting the successful completion of these works in a timely manner and with available resources.

The RWE development determines the problematic conditions of the situation analysis process and decisions-framing by the head of the operational headquarters to respond to it. The situation is characterized by a shortage of time associated with the need for a speedy restoration of train movement, and the reception and awareness of a large amount of various information about emergencies.

Therefore, an effective solution to the problems of localizing RWE and eliminating their consequences requires the use of modern IT, including decision support systems (DSS).

In the course of the research, the possibility of applying the methods of queuing systems theory for the formal description of the processes of "environment – emergency object – liquidation units" system functioning, was substantiated. The following results were obtained:

The possibility is shown in using classical methods of the queuing theory and adapted versions of these methods for substantiating and modeling various schemes for organizing emergency recovery work by structural divisions of the functional subsystem of railway transport. Also, for the formation of network systems (connections) of such units, providing them with the necessary resources, forecasting and assessing the effectiveness of the actions of such units.

It is proved that a significant decrease in the negative impact of the RWE consequences on the environment is possible with a reduction in the period of liquidation works, as well as with a decrease in the time for concentration of units and the use of forces and means of the required productivity. An increase in the time of concentration requires an increase in the productivity of such forces and means.

## РАЗВИТИЕ ЭКОЛОГИИ В ТУРКМЕНИСТАНЕ

Бердыева А.Н., Хайдарова Г.Дж., Аширова Ш.А.  
Институт телекоммуникаций и информатики Туркменистана

*Berdieva Abad, Khaidarova Gozel, Ashyrova Shirin. Development of ecology in Turkmenistan.*

**Summary.** *The state environmental policy of Turkmenistan is aimed at ensuring the priority of environmental interests, the development of economic activities, taking into account the issues of environmental protection, the rational use of natural resources. In the country, in each of the large-scale economic projects being implemented, special attention is paid to its environmental component and the environmental safety of new industries.*

Государственная экологическая политика Туркменистана направлена на обеспечение приоритета экологических интересов, развития хозяйственной деятельности с учетом вопросов охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов. В стране в каждом из реализуемых масштабных экономических проектов особое внимание уделяется его природоохранной составляющей и экологической безопасности новых производств.

С этой целью последовательно реализуется национальная экологическая политика и государственные экологические программы, разработана и функционирует эффективная система законодательных актов. Постоянное осуществление государственного контроля за соблюдением природоохранного законодательства Туркменистана является основой охраны окружающей среды.

Государственная экологическая экспертиза – вид экспертной деятельности, осуществляемой государственным уполномоченным органом – ранее Министерством охраны природы (МОП), в результате реорганизации с 08.01.2016 г. – Государственным комитетом Туркменистана по охране окружающей среды и земельным ресурсам (Госкомитет – правопреемник Минприроды).

На государственную экологическую экспертизу представляется проектная документация, состав которой определен соответствующими требованиями.

На объекты, входящие в перечень экологически опасных видов хозяйственной и иной деятельности, необходима разработка Оценки Воздействия на Окружающую Среду (ОВОС), состав которой определен государственным стандартом TDS 579-2001 (Приложение 1), с включением в материалы ОВОС «Плана по Охране окружающей среды (ПООС)», содержащим превентивные мероприятия, направленные на предотвращение загрязнения компонентов окружающей среды (атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, почвы/грунты, флора, фауна).

Так как основными отраслями экономического развития Туркменистана, вносящими наибольший «вклад» в общее загрязнение окружающей среды, являются нефтегазодобывающая, нефтеперерабатывающая, химическая промышленность, энергетика, промышлен-

ленность строительных материалов, то именно эти объекты в зависимости от их масштабы в первую очередь входят в Приложение 1 к стандарту по ОВОС.

Результатом государственной экологической экспертизы является Заключение, оформленное Госкомитетом Туркменистана об охране окружающей среды. Объекты планируемой хозяйственной и иной деятельности без положительного заключения государственной экологической экспертизы к реализации не допускаются (Закон «О государственной экологической экспертизе», ст. 10).

Последние тенденции и изменения в законодательстве по ОВОС/ЭЭ

Важную роль в становлении и развитии экологического законодательства сыграло принятие Конституции Туркменистана от 18.05.1992 г., и в новой редакции от 14.09.2016 г., предусматривающей помимо прочего ответственность государства за сохранность природной среды, контроль за рациональным использованием природных ресурсов в целях защиты и улучшения условий жизни граждан, а также охрану и восстановление окружающей среды (ст. 14, 15, 53). Одним из первых законов в сфере экологии явился Закон Туркменистана «Об охране природы» от 12.11.1991 г.

Разработка Закона была первой попыткой создать:

- правовую основу для развития единой системы законодательства в области охраны окружающей среды и природопользования,
- перехода от природоресурсного к природоохранному,
- экологическому подходу к правотворчеству.

В принятой новой редакции (01.03.2014 года) Закона Туркменистана «Об охране природы», отдельно включена новая Глава VII.

«Экологические требования к хозяйственной и иной деятельности», которая включает статью 31 «Экологические требования при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию, эксплуатации и ликвидации зданий, сооружений и иных объектов».

В ст. 31 говорится, что «Размещение, проектирование, строительство и ввод в эксплуатацию, сооружений, оказывающих прямое или косвенное негативное воздействие на окружающую среду, осуществляются в соответствии с требованиями в области охраны природы. При этом должны предусматриваться мероприятия по охране окружающей среды, восстановлению природной среды, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов, обеспечению экологической безопасности».

Новый Закон Туркменистана «Об экологической экспертизе» (от 16.08.2014 г.) регулирует отношения в области экологической экспертизы и направлен на предотвращение негативного воздействия планируемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и здоровье населения:

- статьей 5 закреплено право на проведение в Туркменистане общественной экологической экспертизы,
- дополнен перечень объектов планируемой хозяйственной и иной деятельности, подлежащих государственной экологической экспертизе (ст. 11),
- статьей 13 введены понятие и требования по оценке воздействия на окружающую среду,
- включен новый пункт «Общие требования проведения государственной экологической экспертизы»,
- новая глава IV «Общественная экологическая экспертиза», включающая условия проведения ЭЭ, права физических лиц и общественных объединений в области общественной экологической экспертизы и др.

В ближайшее время планируется начать работы по подготовке нового издания Государственного стандарта «Оценка воздействия на окружающую среду», по возможности, максимально приближенного к международным стандартам.

### Практика проведения ОВОС и экологической экспертизы

При рассмотрении проектной документации, поступающей на государственную экологическую экспертизу в Госкомитет по охране окружающей среды и ЗР, выявляются «слабые» места проекта любого назначения и направленности, требующие особой проработки или выполнения специальных рекомендаций. Это могут быть вопросы, связанные с:

- обоснованием с точки зрения экологии размещением проектируемого объекта,
- превентивными природоохранными мерами и мероприятиями, направленными на минимизацию воздействия на ОС и здоровье человека и предупреждению их последствий,
- эксплуатацией газо-пылеочистных устройств (ГОУ),
- недостаточной очисткой образующихся в процессе производства сточных вод,
- отсутствием ресурсосберегающих технологий и несоблюдением принципов без- и малоотходности в производстве и т.д.

Экологическая экспертиза, включая ОВОС, проводится по утвержденным законодательными актами, этапам и процедурам проведения ОВОС и ГЭЭ, с соблюдением требований экологических нормативов, принятых в Туркменистане, при необходимости требует проведение общественных слушаний (консультаций). Законом Туркменистана «Об экологической экспертизе» сроки проведения государственной экологической экспертизы устанавливаются в зависимости от характера и видов объектов экологической экспертизы и не должны превышать:

- для сложных и экологически опасных объектов экологической экспертизы (ОВОС) – три месяца;
- для всех других объектов экологической экспертизы – один месяц.

### ДЕЯКІ КРИЗИ РИНКУ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ

Бех П. В., Лашков О. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Bekh Petro, Lashkov Oleksandr. Some crises of the transport services market.*

**Summary.** *The analysis of the current state of functioning of business processes for the provision of integrated transport services to users of transport services on railway transport revealed the imperfection of a number of technological units of transport services and allowed to put forward basic requirements for improving the system of providing comprehensive transport services on railway transport.*

Процес доставки вантажу від етапу планування до етапу отримання вантажу власником відбувається при взаємодії з клієнтами залізниці та, найчастіше, з іншими видами транспорту. Логістична система залізничного транспорту, що пов'язана зі сферами виробництва та споживання і покликана сприяти прийняттю ефективних рішень з організації та надання транспортних послуг користувачам. Для урахування інтересів всіх учасників процесу переміщення матеріальних потоків (вантажовласників, перевізників, експедиторів, операторів-власників рухомого складу) необхідне комплексне впровадження логістичних підходів до технології перевізного процесу на базі логістичного центру залізничного транспорту.

Наразі стримуючим фактором забезпечення конкурентних переваг якості надання залізничних послуг та безперебійності функціонування ланцюга постачань є відсутність логістичної інфраструктури на мережі залізниць України. Перспектива функціонування логістичного центру залізниці пов'язана з системним підходом до вирішення задач складання графіків доставки вантажів, маркетингу, прогнозування, виявлення «вузьких місць» на підставі аналізу потреб клієнтів та наявних можливостей залізниці, розробки методик

та пропозицій розвитку (в чому числі з розвитку термінальної інфраструктури) з урахуванням в якості критеріїв оптимальності показників: якість транспортного обслуговування, стабільність та надійність надання послуги.

Сьогодні ринок транспортних послуг диктує все більш жорсткі умови для перевізників, експедиторів, операторів-власників рухомого складу щодо рівня якості транспортних послуг, їхньої комплексності і оперативності реагування на вимоги клієнтури. Вантажовласник при виборі перевізника віддає перевагу комплексному наданню транспортної послуги.

Вимоги вантажовласників до організації процесу перевезень вантажів залізничним транспортом є складовими функцій транспортно-логістичного обслуговування, дотримання яких забезпечує комплексну реалізацію вимог клієнтури до транспортно-логістичного обслуговування, а саме вимоги щодо доставки вантажу у потрібне місце, потрібної якості, оптимальної вартості, у потрібний час і у потрібному обсязі.

Проведені дослідження показують, що в сучасних умовах транспортного ринку співвідношення позицій суб'єктів господарювання на ринку транспортних послуг постійно змінюється. Через це компанії, які не удосконалюють технології надання транспортних послуг і відмовляються від зміни застарілих принципів управління, значно піддані ризику втрати завойованих позицій у порівнянні з конкурентами.

## **ЗАСТОСУВАННЯ КРОС-ДОКІНГУ В ЛОГІСТИЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННІ НА ТРАНСПОРТІ**

Бех П. В., Лашков О. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Bekh Petro, Lashkov Oleksandr. Application of cross-docking in logistics service on transport.*

**Summary.** *An approach to the organization of the transport process on the railways of Ukraine is proposed, which is based on the need to form a logistics system with appropriate logistics management centers based on information technology in the departments. Logistical interaction with other modes of transport fully takes into account the interests of the transport process of all participants in transportation. the paper notes that the creation of a management system based on a network of logistics centers will lead to the emergence of a synergetic effect in the system.*

Функціонування логістичного обслуговування на залізничному транспорті дозволяє забезпечити координацію та інтеграцію процесу перевезень, дотримання найважливіших критеріїв оптимальності, таких як якість, надійність та безпека процесу перевезень. Сучасний рівень обслуговування клієнта визначає ще одну обов'язкову умову функціонування конкурентоспроможної залізниці, а саме надання якісної послуги клієнту з доставки вантажів продовж всього процесу перевезення, від замовлення до закінчення перевезення «у дверей одержувача».

Впровадження сучасних інформаційних систем – необхідна умова успішного виконання логістикою своєї головної функції – скорочення витрат. На основі інтегрованих логістичних рішень, високого ступеня інформатизації процесу перевезень можлива реалізація таких новітніх технологій, призначених для впровадження в ланцюги доставок, як крос-докінг. Крос-докінг – рух вантажів через склад на пряму, фактично без його розміщення на зберігання. Дуже часто під крос-докінгом розуміють пряме перевантаження вантажу між транспортними засобами або товароносіями. При використанні цієї технології відвантаження із складу і доставка товарів максимально точно узгоджуються за часом. У

результаті продукція (вантаж) доставляється за мінімальний строк. Зберігання товару (вантажу) на складі при цьому повністю виключено.

Подібного роду системи – справа майбутнього для українського ринку. Однак на даний час залізниці не повинні залишатись осторонь від цього процесу, створюючи необхідну інфраструктуру, в тому числі в інформаційній сфері.

Якщо розглядати крос-докінг, то нічого інноваційного в даному процесі не має. Це адаптована під складські операції виробнича система Just-in-Time, коли знижуються витрати на зберігання шляхом здійснення операції без пауз і зупинок в процесі руху вантажу. Зрозуміти, як і за який рахунок, це досягається, а також що для цього потрібно змінити в різних ланках ланцюга поставок, простіше, якщо розглянути схему наскрізного складування.

Крос-докінг проходить в один або два етапи:

– одноетапний крос-докінг – відправник адресує вантаж визначеному отримувачу, і вантаж проходить через склад як окреме замовлення, без змін;

– двоетапний крос-докінг – партія вантажу надходить на склад в якості логістичної одиниці, проходить переформування – або поділяється на дві групи для доставки в різні точки, або збирається в єдиний блок (логістичну одиницю) разом з іншими частинами цього ж замовлення.

### **ЗМЕНШЕННЯ РИЗИКІВ ВІД ЯКОСТІ ІНФОРМАЦІЇ У ПРОЦЕСАХ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ**

Бех П. В., Лашков О. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Bekh Petro, Lashkov Oleksandr. Reduction of risks from the quality of information in the process of cargo delivery.*

**Summary.** *At the present stage of management methods, most management systems are based on the use of information technology, which allows to reproduce the information (quantitative) model of the management system in the process of changing its parameters, as well as to determine patterns of system operation based on quantitative characteristics and qualitative relationships.*

Адекватність моделі системи управління залежить від точності опису окремих технологічних процесів при використанні кількісних даних. Ці дані, як частина знань про технологічно-економічні характеристики процесу вантажних перевезень, складають інформаційне забезпечення автоматизованих систем, які використовуються в управлінні залізничним транспортом України. Тому, природно, що від якості первинної інформації залежить якість управління об'єктами перевезень. До головних об'єктів системи управління, крім вагона відноситься і вантаж, інформація про характеристики якого також важлива, як і дані про час та місце знаходження вагону з вантажем.

Для з'ясування існуючого рівня якості даних перевізних документів в автоматизованій системі залізниці було проаналізовано відповідність відомостей, які вносяться відправником при паперовому оформленні перевізного документу, даним, що переносяться працівниками залізниці до автоматизованих систем. Результати аналізу достовірності та повноти інформації дозволяють зробити висновок про недостатній рівень її якості за зазначеними критеріями. Інтеграція ж інформаційних систем як основи взаємодії потребує наявності якості інформації, яка відповідає всім основним критеріям: оперативності, економічності, достовірності, повноти, однорідності та безперервності.



Від якості оформлення документа, правильності визначення платежів залежить, як здійснення фінансових розрахунків з клієнтами залізниці, так і оцінка роботи об'єктів управління магістралі, від рівня якості реквізитів залежить визначення доцільності використання даних перевізного документа при розробці та застосуванні економіко-математичних моделей.

Вплив людського фактору зменшується шляхом переходу до оформлення електронних перевізних документів, введення первинних даних клієнтом-відправником вантажу.

Інформація про вантаж використовується при організації роботи з портами, великими промисловими підприємствами, які мають свою транспортну мережу і обслуговують «внутрішніх» клієнтів. Для цього були розроблені принципово нові технології, серед яких, наприклад, «Картотека довіреностей третіх сторін». Картотека є аналогом електронного доручення, де формалізовано дозвіл власника вантажу переглядати, оформляти перевізний документ по прибуттю, відправленню. Крім того, планування відправлення вантажів і подачі вагонів під навантаження відбувається через АС з власниками вагонів, операторами. Порти, як великі одержувачі, беруть участь в процесі узгодження замовлень вагонів на відправлення вантажів на їх адресу. Таким чином, загальний інформаційний простір, залізниці з відправниками, одержувачами, експедиторами, операторами і власниками вагонного парку дозволяє створювати і застосовувати різні варіанти технологій, виробляти аналітичні управлінські рішення.

## УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Бяшимова С.

Институт телекоммуникаций и информатики Туркменистана

*Byashimova Sadap. Enterprise risk management.*

**Summary.** *Modern research in the field of risk management reflects the ambiguity in explaining the concept of "risk", in understanding its content, the relationship between the objective and subjective aspects of this phenomenon. The variety of opinions can be explained by the fact that this phenomenon has a lot and insufficient knowledge of the problem of risk management in modern conditions of enterprise management.*

Современные исследования в области управления рисками отражают неоднозначность в объяснении понятия «риск», в осмыслении его содержания, взаимосвязи объективных и субъективных сторон данного явления. Многообразие мнений можно объяснить, тем, что данное явление имеет много аспектов и недостаточной изученностью проблемы управления рисками в современных условиях хозяйствования предприятий. Также явление риска сопровождается следующими отличительными признаками:

– неопределённостью, характеризующей то, что в любой момент времени заранее нельзя дать стопроцентной гарантии благоприятного исхода при совершении управленческого воздействия.

Неопределенность экономических условий, в которых функционирует предприятие, является следствием того, что предприятие в процессе своего функционирования взаимодействует с множеством поставщиков, покупателей и других предприятий. Поведение всех взаимодействующих организации заранее трудно спрогнозировать с требуемой точностью, поэтому руководство предприятия может только с долей определенной вероятности определить отсутствие рисков при осуществлении своей деятельности. Например, потребитель продукции предприятия заказал поставку в определенном объеме продукции выпускаемой предприятием. Но оплаты за поставленную продукцию не произошло, так как все счета предприятия – заказчика арестованы вследствие неуплаты тем обязательных

налогов. Предприятие поставщик продукции не могло заранее спрогнозировать и оценить степень серьезности такого риска.

– случайностью событий, отражающей то что любой предприятие в процессе своего функционирования сталкивается с действием ряда внешних и внутренних факторов. На внешние факторы предприятия может реагировать посредством оценки внешней среды и прогнозирования своей деятельности. На некоторые внутренние факторы предприятие не может оказывать управленческое воздействие, так как их появление труднопредсказуемо.

– противоречивость события, проявляющаяся в рассмотрении результата принятия управленческого решения с разных точек зрения.

– альтернативность-является признаком риска, определяющим при принятии управленческого решения необходимость выбора одного решения и совокупности ряда возможных решений. В том случае, когда возможности выбора нет, то и явления риска не возникает. В соответствии с мнением отраженным в словаре Ожегова «риск» трактуется как «вероятность наличия опасности» или как «осуществление действий «наудачу» надеясь на «счастливый исход». Поэтому можно сказать, что риск - это вероятность появления ущерба или недополучения прибыли по сравнению с прогнозируемым вариантом, вследствие действия каких-то факторов. Исследуя явление создания ситуаций риска мнения ученых расходятся. Одна группа ученых представляет риск как результат вероятной неудачи возникающей вследствие действия заранее неучтенных факторов. Другая группа ученых базирует свои исследования на том, что ситуация риска возникает в том случае когда принято неверно управленческое решение. Поэтому явление «риска» необходимо исследования учитывая, что существуют основные элементы, взаимосвязь которых и определяет его сущность:

– риск возникает в том случае, когда есть вероятность отклонения от ожидаемого результата ради которого производились определенные действия;

– существует определенный процент вероятности получения ожидаемого положительного результата;

– отсутствует уверенность в получении необходимых результатов;

– существует вероятность потерь: материального или нематериального характера, которые связаны с реализацией выбранного в условиях неопределенности варианта реализации стратегии. Природа риска является противоречивой так как происходит столкновение объективно осуществленных действий и их субъективная оценка. Так, например предприятие осуществляющее доставку произведенной продукции с помощью своих транспортных средств тратит большие денежные средства, которые расходуются на приобретение основных и оборотных фондов, но при сокращает издержки которые могут возникнуть если продукции будет не вовремя доставлена заказчику. При этом предприятие не получает материальной выгоды, но приобретает нематериальную выгоду, заключающуюся в укреплении своей репутации на рынке. Вероятностная сущность многих социально-экономических и технологических процессов, многовариантность материальных отношений, в которые вступают субъекты предпринимательской деятельности, приводят к тому, что в сходных условиях одно и то же событие происходит неодинаково, т.е. имеет место элемент случайности. Это предопределяет невозможность однозначного предвидения наступления предполагаемого результата. Так, например, невозможно точно предсказать число пассажиров, которые воспользуются транспортом определенного маршрута. Оно всегда будет случайным. Вместе с тем необходимо принимать решение о количестве транспорта, обслуживающего данный маршрут. Качество решения будет влиять на конечный результат деятельности предприятия, обслуживающего пассажиров.

## АКТУАЛЬНІСТЬ ВІРНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РИЗИКІВ ПІД ЧАС МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ

Журавель І. Л., Журавель А. В., Волошановська Ю. О., Бевз І. А.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Zhuravel Iryna, Zhuravel Anton, Voloshanoska Yuliya, Bevz Ivan. Relevance of correct identification of risks in multimodal transportation of dangerous goods.*

**Summary.** *The relevance of the development of multimodal transportation of dangerous goods and the correct identification of possible risks in this case is characterized.*

Національною транспортною стратегією до 2030 року одним із пріоритетних напрямів визначено підвищення рівня безпеки на транспорті. Це є можливим в т. ч. й за рахунок розвитку мультимодальних перевезень вантажів.

Мультимодальними називають перевезення за участю двох або більше видів транспорту за наскрізною тарифною ставкою, за одним наскрізним документом перевезення та однією відповідальною стороною – оператором мультимодальних перевезень, який бере на себе повну відповідальність за виконання договору мультимодального перевезення та взаємодію з іншими учасниками перевізного процесу (перевізниками, терміналами, стивідорними компаніями та митними органами). Розвитку мультимодальних перевезень сприятиме розвинена національна мережа міжнародних транспортних коридорів і збільшення кількості спеціалізованих (контейнерних) поїздів, які забезпечують з'єднання між собою крупних промислових центрів і морських портів або прикордонних станцій мережі.

Під час організації мультимодального перевезення небезпечних вантажів важливу роль відіграє передбачення ризиків, які можуть виникнути, управління ними та вжиття профілактичних заходів з метою їх зниження та усунення.

До ризиків, які можуть виникнути під час мультимодального перевезення небезпечних вантажів, можна віднести:

- кадрові ризики, викликані порушеннями вимог охорони праці та правил безпеки, недостатньою кваліфікацією працівників тощо (на думку експертів в багатьох випадках виникнення аварійних ситуацій вирішальним був саме «людський» фактор);

- технічні ризики, викликані відмовами під час експлуатації технічних засобів різних видів транспорту та пунктів перевалки;

- технологічні ризики, зокрема затримки в пунктах навантаження, перевалки та вивантаження й невиконання узгоджених термінів доставки вантажів, в т. ч. і викликані дисбалансом розвитку суміжних видів транспорту,

- комерційні, які включають можливе збільшення транспортних витрат, витрати внаслідок втрати вантажу, невиконання фінансових обов'язків сторін тощо;

- екологічні, тобто нанесення шкоди навколишньому середовищу внаслідок порушень під час зберігання та транспортування в межах різних елементів ланцюга перевезень (витікання, розсипання вантажів, пошкодження вантажних і транспортних одиниць тощо);

- ризики протиправних дій з боку третіх осіб, які можуть призвести до викрадання вантажу;

- форс-мажорні обставини та ін.

До чинників, які збільшують ризики при мультимодальному перевезенні небезпечних вантажів, можна віднести особливі властивості вантажу (найбільш небезпечними вважаються сипкі), відповідність обраних вантажних і транспортних одиниць властивостям конкретного вантажу та діючим нормативним вимогам, відстань транспортування та особливості сполучення різних видів транспорту в ланцюгу перевезення тощо.

Ідентифікація ризиків передбачає опис ймовірних небезпек і небезпечних подій та їх можливих наслідків, а також ймовірностей їх виникнення. Вірна ідентифікація ризиків під час мультимодального перевезення небезпечних вантажів є актуальною з метою підвищення ефективності функціонування різних видів транспорту в єдиному транспортному ланцюгу та забезпечення достатнього рівня безпеки.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МИТНИХ РИЗИКІВ НА ТРАНСПОРТІ

Музикін М. І., Бібік С. І., Нестеренко Г. І.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Muzykin M. I., Bibik S. I., Nesterenko H. I. Investigation of customs risks on transport.*

**Summary.** *Risk analysis does not necessarily end with a decision (positive or negative). During the project activity, new risk factors may be identified, and adjustments may be made to the assessment of previously identified risks. An analysis of the activities of customs authorities has shown that increasing their effectiveness is possible by examining the relationship between risk and uncertainty.*

Діяльність з управління ризиками включає такі основні напрямки (етапи):

- ідентифікація (виявлення) ризику;
- його аналіз;
- вибір методу й заходів (інструментів) управління ризиком;
- запобігання ризикові та його контролювання;
- фінансування ризику;
- оцінка його результатів.

У митній діяльності кількісний аналіз ризику має за мету визначення чинників ризику (впливових його складників), етапів виникнення або їх усунення, а якщо сказати іншими словами, то мета – визначити потенційно можливі сфери ризику стосовно можливої контрабанди або можливого порушення митних правил. Ними можуть бути, наприклад, характеристика товару, країна походження, преференційна ставка мита, перевізник чи експедитор.

Аналіз ризику не обов'язково завершується прийняттям рішення (позитивного чи негативного). У перебігу проектної діяльності можуть виявлятися нові чинники ризику, а в оцінку виявлених раніше ризиків можуть вноситися корективи.

Аналіз діяльності митних органів показав, що підвищення їх ефективності можливе за умови дослідження взаємозв'язку ризику та невизначеності.

Доцільно зазначити, що ризик і невизначеність тісно пов'язані між собою. Джерелами виникнення ризику є певна небезпека і загроза, так звані фактори ризику. Кількість цих факторів є значною, тому для підвищення ефективності управління ними необхідно їх класифікувати. В науковій літературі виділяють різні підходи до класифікації цих факторів в залежності від певних класифікаційних ознак. Розглянемо найбільш поширені підходи, що застосовуються в митній сфері, серед яких можна виділити:

– класифікацію за критерієм об'єктивно-суб'єктивного характеру факторів ризику. До об'єктивних відносять фактори, які виникають незалежно від дій працівників митних органів (зміна товаропотоку, митного законодавства та ін.). Суб'єктивні фактори породжуються ненавмисними (або навмисними) діями осіб, що здійснюють митні процедури (корупція та ін.);

– класифікацію за критерієм можливості прогнозування факторів ризику. За цією ознакою фактори можна поділити на передбачувані та непередбачувані. Передбачувані можна визначити з помилкою в допустимих межах, виходячи з досвіду або з використанням методів наукового прогнозування. Непередбачувані фактори виникають несподівано,

і на них часто буває важко знайти адекватну відповідь. Тут можна провести аналогію з “Порядком здійснення аналізу та оцінки ризиків, розроблення і реалізації заходів з управління ризиками в митній службі України”, відповідно до якого ризики розділені на два типи: виявлені і потенційні. Причому виявленим ризикам відповідають відомі фактори, коли порушення законодавства вже відбулося, а потенційні ризики – ризики, які не проявили себе, але існують умови для їх виникнення. Очевидно, що потенційні ризики становлять велику небезпеку для митних органів;

– класифікацію за критерієм видимості факторів ризику. За цією ознакою фактори поділяються на явні (видимі) і приховані (латентні). Явні – реально існуючі, очевидні фактори (зміна обсягів і напрямків товаропотоку, нестабільність митного законодавства та ін.). Приховані – існують в замаскованому вигляді, їх важко оцінити (неповнота інформації щодо задуму і намірів учасників зовнішньоекономічної діяльності та ін.);

– класифікацію за критерієм приналежності факторів ризику. За цією ознакою їх поділяють на внутрішні і зовнішні.

Проведене узагальнення в цілях класифікації факторів ризику в сфері митної діяльності дозволило запропонувати їх поділ на зовнішні і внутрішні ризики. До зовнішніх факторів ризику пропонується віднести: нестабільність митного законодавства; непередбачуваність інтенсивності товаропотоку; невизначеність щодо задуму і намірів учасника ЗЕД; низький рівень взаємодії митних органів з іншими правоохоронними і контролюючими органами; неповноту і непередбачуваність інформації про діяльність митних органів на довгострокову перспективу і ін.

До внутрішніх факторів ризику слід віднести: неповноту інформації про цілі, інтереси, поведінку працівників митних органів; недостатню глибину і частоту контролю, у тому числі після випуску товарів; недостатню оснащеність митних органів технічними засобами митного контролю; неповноту відомостей про характеристики, параметри, показники процесу надання митних послуг.

Ці фактори ризику, викликані явищами невизначеності, створюють ризикові ситуації і є джерелами ризиків. Дієвим механізмом, що забезпечує задоволення інтересів держави і ефективну реалізацію митних функцій, можна вважати управління ризиком. Сутність такого управління зводиться до забезпечення мінімуму відхилення кінцевого результату від встановленого (прийнятного) цільового значення показників досягнення цілей.

Відповідно цього, авторами пропонуються наступні ознаки класифікації митних ризиків. За фактом виявлення: виявлений ризик; потенційний ризик.

За цілями митного контролю: ризик несплати митних платежів; ризик заниження митної вартості товарів; ризик незаконного ввезення товарів; ризик недостовірного декларування товарів.

За характером розвитку системи: закономірний; випадковий.

За сферою розповсюдження: загальнодержавний; регіональний.

За часом функціонування: довготривали; середньої тривалості; короткотривалі.

За частотою прояву: систематичний; несистематичний.

За характером виявлення: з високим рівнем спрацювання; з низьким рівнем спрацювання.

За причинами виникнення виділяють: суб'єктивні; об'єктивні.

За належністю товарів виділяють: ризики, пов'язані з обігом іноземних товарів; ризики, пов'язані з обігом вітчизняних товарів.

За об'єктами аналізу ризику: характеристики товарів, транспортних засобів, що переміщуються через митний кордон України; характер зовнішньоекономічної операції зовнішньоекономічної операції; характеристика суб'єктів, що беруть участь у зовнішньоекономічній операції.

За частотою прояву: систематичний; епізодичний.

За можливістю прогнозування: прогнозовані; частково прогнозовані; не прогнозовані.

## РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНО-КОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТУРКМЕНИСТАНА

Кемалова Д., Гочмырадова М.

Институт телекоммуникаций и информатики Туркменистана

*Kemalova Dunya, Gochmyradova Maral. Development of the transport and communication system of Turkmenistan*

**Summary.** *Turkmenistan possesses all types of modern transport - rail, road, aviation and sea, as well as a developed system of pipelines. The transport and transit potential of Turkmenistan is constantly growing. An important contribution to its increase along the railway transport line is the commissioning of the transnational railway line Kazakhstan-Turkmenistan-Iran, the commissioning of the Kerki-Ymamnazar (Turkmenistan) - Akina (Afghanistan) railway and the railway line from the Turkmen border to the Afghan city of Turgundi.*

Туркменистан обладает всеми видами современного транспорта — железнодорожного, автомобильного, авиационного и морского, а также развитой системой трубопроводов.

Транспортно-транзитный потенциал Туркменистана постоянно возрастает. Важным вкладом в его увеличение по линии железнодорожного транспорта являются сдача в эксплуатацию транснациональной железнодорожной магистрали Казахстан-Туркменистан-Иран, ввод в строй железной дороги Керки-Ымамназар (Туркменистан) — Акина (Афганистан) и железнодорожной линии от туркменской границы к афганскому городу Тургунди.

АООТ «Демирйоллары» осуществляет различные виды грузоперевозок и имеет представительства на всей территории Туркменистана. Предлагает самые низкие (минимальные) железнодорожные расценки (тарифы) на экспорт, импорт и грузовые перевозки по территории Туркменистана, СНГ, Балтии, Афганистана, Китая и в другие страны Европы и Азии, и в соответствии с этим в короткие сроки произведёт расчёты расценок железнодорожных грузоперевозок для своих клиентов.

Пандемия COVID-19 способствовала увеличению спроса на контейнерные грузовые перевозки во всем мире, а также образованию новых транспортных коридоров по маршруту Азия-Европа.

На основе инновационных технологий и передового мирового опыта вводятся в эксплуатацию суперсовременные автомагистрали, планируется строительство высокоскоростных автомобильных дорог.

Одним из приоритетов развития отрасли является модернизация технической базы автомобильного транспорта, доля которого в общем объёме перевозок грузов и пассажиров составляет 85 и 99 процентов, соответственно.

В качестве важного условия полномасштабной интеграции Центрально-азиатских и Прикаспийских стран в систему мировых экономических связей рассматривается интенсификация Туркменистаном морских грузовых и пассажирских перевозок.

Особая роль в реализации перспективных планов отводится кардинально обновленному Международному морскому порту в Туркменбаши, введенному в эксплуатацию в мае 2018 года и являющемуся ключевым логистическим узлом региона. Осуществлено также сооружение нового морского причала в Гарабогазе, который становится крупным центром химической индустрии, продукция которой поставляется на внешний рынок.

Важной составляющей масштабных реформ в транспортной сфере является модернизация инфраструктуры и техническое переоснащение отечественной гражданской авиации. Постоянно обновляется парк авиатехники: машины, выработавшие свой ресурс, заменяются комфортабельными лайнерами нового поколения — «Боинг 737-700» и «Боинг 737-800».

Интенсивно развивается также наземная инфраструктура авиаперевозок. Два терминала Ашхабадского Международного аэропорта позволяют обслуживать около 2 тысяч пассажиров в час. Через полностью механизированный грузовой терминал может проходить до 200 тысяч тонн грузов. Аэровокзальные комплексы в Балканабате, Дашогузе, Мары, Туркменабате и Туркменбаши обладают пропускной способностью от 500 до 800 пассажиров в час и также позволяют принимать международные рейсы.

Главный авиаперевозчик — АООТ «Авиакомпания „Туркменистан“» выполняет полёты в 18 пунктов назначения за рубежом и по 11 воздушным линиям внутри страны.

Таким образом, развитие транспортно-коммуникационного комплекса Туркменистана происходит с нарастающей интенсивностью, а эффективная государственная политика являются основой превращения Туркменистана в крупнейший транспортно-транзитный коридор международного значения.

### МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ ТРАНЗИТНЫЕ КОРИДОРЫ – ФАКТОР СТАБИЛЬНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Кулиев Н.\* Валиева С.\*, Худайгулыев Н.\*\*

\*Институт телекоммуникаций и информатики Туркменистана,

\*\*Международный университет нефти и газа Туркменистана

*Kuliev Nurnepes, Valieva Sapargul, Khudaygulyev Nurali. International transport transit corridors are a factor of stability and sustainable development.*

**Summary.** *The far-sighted socio-economic policy pursued by the President of Turkmenistan is aimed at the active integration of the economy of our country into the world economy. Under the leadership of the President of Turkmenistan, large-scale projects are being implemented in the field of transport, as a result of which the transport and logistics system of Turkmenistan will turn into a driving force for economic cooperation not only in Central Asia, but also for the entire Eurasian continent.*

Дальновидная социально-экономическая политика проводимая Президентом Туркменистана направлена на активную интеграцию экономики нашей страны в мировое хозяйство. Под руководством Президента Туркменистана в сфере транспорта реализуются крупномасштабные проекты, в результате которых транспортно-логистическая система Туркменистана превратится в движущую силу экономического сотрудничества не только в Центральной Азии, но и для всего Евразийского континента.

По территории нашей страны издревле пролегали ключевые торговые трассы, соединявшие народы и страны континента, Великий Шелковый путь, сыгравший огромную роль в развитии цивилизации, взаимодействии Востока и Запада. Международные инициативы Президента Туркменистана по вопросам создания международной транспортной системы были провозглашены на 65-й, 66-й, 68-й, 69-й, 71-й, 72-й сессиях Генеральной Ассамблеи ООН, на саммитах руководителей стран СНГ, стран ШОС, руководителей Прикаспийских государств и на других высоких международных форумах. Предложение выдвинутое на 68-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН было посвящено роли международных транспортных коридоров в обеспечении международного сотрудничества, стабильности и устойчивого развития. Документы международной конференции высокого уровня, проведенной в Ашхабаде в сентябре 2014 года, посвященной роли транзитно-транспортных коридоров в обеспечении глобального сотрудничества и устойчивого развития, составили основу первой резолюции Генассамблеи ООН «Роль транспортно-транзитных коридоров в обеспечении международного сотрудничества для устойчивого развития». 19 декабря 2014г. на 69-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН представитель

Туркменистана виступив з пропозицією про створення Глобального партнерства по устойчивому транспорту. Представлена Туркменистаном Резолюція «Укрепление связей между всеми видами транспорта для достижения целей в области устойчивого развития» була єдиногласно прийнята на 72-й сесії Генеральної Асамблеї ООН в Нью-Йорку 20 грудня 2017 року. Соавторами резолюції виступили 74 держави.

26-27- листопада 2016 року в Ашхабаді пройшла Глобальна конференція по устойчивому транспорту. Данна конференція була проведена під егідою Організації Об'єднаних націй. Столь пристальне увагу до розвитку міжнародної транспортної системи і в особливості до розвитку міжнародних транспортно-транзитних коридорів обумовлено глобалізацією світової економіки, міжнародним розподілом праці і розвитком міжнародної торгівлі. Сучасний міжнародний транспортний транзитний коридор - це організаційно і економічно збалансована сукупність інфраструктурних об'єктів різних видів транспорту, з яких формується технічно оснащена магістральна комунікація, що зв'язує різні країни і забезпечує міжнародні вантажні і пасажирські перевезення в їх найбільш інтенсивних напрямках.

За результатами досліджень Європейської комісії ООН у світовому експорті товарів перше місце займає Європа, друге місце Азія, основний вантажопотік в цих двох напрямках здійснюється морським транспортом. Вантажі перевозяться морським транспортом через Тихий, Індійський і Атлантичний океан. Час перевезень між Південно-Східною Азією і Європою через Суецький канал становить 35-45 днів, швидкість і якість доставки вантажів залежить від стану морської стихії.

Тут є актуальною задачею збільшення пропускної спроможності діючих на сьогодні транспортних коридорів «Північ-Південь», «Схід-Захід», ТРАСЕКА. Все зростаюча навантаження на основні великі європейські і азіатські порти, зростаючий вантажопотік між Європою і Азією обумовлюють важливість створення альтернативних морських шляхів транспортних маршрутів. Використання альтернативних видів транспорту і створення альтернативних сухопутних міжнародних транспортних коридорів (МТК) є актуальною задачею для всіх держав Європи і Азії.

За оцінками експертів сухопутні транспортні маршрути можуть бути альтернативними існуючим морським шляхам, в тому випадку, коли:

- в-перших - відстань перевезення між Європою і Азією по суші буде коротше, ніж по морю, в особливості якщо пункти вантажовідправника і вантажодержателя розташовані в середині материка;
- в-других - маршрути на автомобільному і залізничному транспорті включають в себе кілька пунктів погрузки і розгрузки, це сприяє покращенню транспортної зв'язки віддалених регіонів, в особливості країн Центральної Азії, які не мають виходу до моря;
- в-третьих будівництво міжнародних транзитних залізничних транспортних коридорів є найбільш оптимальним способом з'єднуючим внутрішні регіони материка.

Створення в цій зв'язі ідеальної транспортної інфраструктури в Туркменістані, будівництво МТК «Північ-Південь» проходить через Казахстан-Туркменістан-Іран, має велике міжнародне значення і стало важливим ланкою трансконтинентальної транспортної інфраструктури. Це наочно підтверджено в реалізованих спільно з державами-партнерами проектах по будівництві транснаціональної залізничної магістралі Туркменістан-Афганістан-Таджикистан, по створенню транспортних коридорів Узбекистан- Туркменістан-Іран – Оман, Афганістан- Туркменістан-Азербайджан- Грузія, будівництва газопроводу Туркменістан-Афганістан-Пакистан-Індія, будівництво відповідного світовим стандартам автобана Ашгабат-Туркменбаші.



В будущем реализация этих проектов даст возможность образовать новое геоэкономическое пространство, связывающее прикаспийские страны, страны Центральной Азии, Закавказский и Черноморский регионы со странами Балтии и Европы. 28 ноября 2018 г. в Национальной туристической зоне "Аваза" в городе Туркменбаши состоялась Международная конференция министров транспорта государств-участников Соглашения о транзите и транспортном сотрудничестве (Лапис Лазули). Создание МТК Афганистан- Туркменистан-Азербайджан- Грузия –Турция это важное условие стабильного регионального развития и взаимовыгодного сотрудничества стран участников. В этой связи следует отметить и то, что перспективы для увеличения числа участников имеет проект международного транзитно-транспортного коридора Узбекистан – Туркменистан – Иран – Оман, к которому проявляют интерес и другие страны региона. Большое значение для развития национальной экономики Туркменистана и развития внешнеэкономических связей с соседними странами имеет железнодорожный транспорт. В рамках реализации программы развития железнодорожного транспорта 2012-2016 гг. велась активная модернизация внутренних железнодорожных магистралей, инженерно-технических объектов, железнодорожный транспорт пополнялся новейшими типами тепловозов, пассажирскими и грузовыми вагонами.

В рамках реализации программы развития железнодорожного транспорта за последние годы были построены: железная дорога Теджен - Сарахс – Мешхед ( Иран ) протяжённостью 300 км, стальная магистраль Туркменабад - Атамурат протяжённостью 215 км, Ашхабад - Каракумы - Дашогуз протяжённостью 530 км, железнодорожный и автомобильный мосты на участке Атамурат – Керкичи, также построен и введен в эксплуатацию железнодорожный вокзал в городе Балканабаде.

В декабре 2014 года была введена в эксплуатацию железнодорожная линия Казахстан – Туркменистан – Иран международного транспортного коридора «Север-Юг». Введение в эксплуатацию МТК Казахстан-Туркменистан-Иран дало возможность странам Западной Европы и Средиземноморского региона, в том числе России, Турции, расширить экономическое сотрудничество со странами Персидского залива, с Китаем и со странами Азиатско-Тихоокеанского региона, сократило время и расстояние перевозок.

Примером этому может служить стартовавший в конце января 2016 года, контейнерный поезд следовавший по маршруту Китай – Казахстан – Туркменистан – Иран. Общая протяженность этого маршрута составляет около 10 тысяч километров, а время в пути – около двух недель, что в среднем в два раза быстрее, чем морским путем, на который уходит 25-30 суток. Железнодорожная магистраль Туркменистан – Афганистан – Таджикистан, выйдет на разветвленную железнодорожную сеть Китая и через него – на быстроразвивающиеся государства Азиатско-Тихоокеанского региона. Эта дорога, возрождающая Великий Шёлковый путь и призванная наращивать транспортно-транзитный пропускной потенциал нашей страны, станет важнейшим международным коридором по направлению Европа, Азия-Тихий океан и Южная Азия. В конце 2016 года был сдан в эксплуатацию железнодорожный участок Атамурат-Имамназар-Акина международной железнодорожной магистрали Туркменистан – Афганистан – Таджикистан.

Была введена в эксплуатацию железная дорога от приграничной станции Серхетабат в Марыйском велаяте до афганского города Тургунди. Старт этому очень важному для соседней страны проекту был дан 29 ноября 2017 года, положив начало сооружения железнодорожной линии, открывающей большие возможности включения Афганистана в транспортно-логистическую систему Туркменистана и через него – всего региона. В начале 2017 года были сданы в эксплуатацию железнодорожный и автомобильный мосты через реку Амударья на участке Туркменабад – Фарап. которые соединяют транспортные магистрали Узбекистана и Туркменистана и значительно ускорили движение транспортных потоков в обоих направлениях.

Туркменистан всегда открыт для взаимовыгодного сотрудничества с зарубежными партнерами, в первую очередь, с ведущими компаниями, располагающими солидным опытом и передовыми технологиями в различных отраслях.

## РАЗВИТИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ТУРКМЕНИСТАНА

Ярбазова Г. М.

Институт телекоммуникаций и информатики Туркменистана

*Yarbazova Gulnar. Development of railway transport in Turkmenistan.*

**Summary.** *Turkmenistan has many positive factors, including a favorable geographical position, being on the main transport routes connecting the Central Asian region with the Caucasus, Europe, Asia, and the Far East. The most important mode of transport in the country for mass transportation over long distances is railway transport, which falls the main load, and most importantly, transit traffic.*

Туркменистан обладает многими положительными факторами, в том числе и выгодным географическим положением, находясь на основных транспортных путях соединяющих Центрально-Азиатский регион с Кавказом, Европой, Азией, Дальним Востоком.

Важнейшим видом транспорта в стране, по массовым перевозкам на большие расстояния, является железнодорожный транспорт, на который падает основная нагрузка, а главное - транзитные перевозки.

История железных дорог Туркменистана берет свое начало в 1880 году, когда около города Красноводска (ныне Туркменбаши) началось строительство Закаспийской железной дороги. В 1885 году дорога достигла Ашхабада, в 1886 году – Чарджоу (ныне город Туркменабат), а в 1888 году – Самарканда. Закаспийская дорога проходила по территории Сырдарьинской, Самаркандской, Ферганской, Закаспийской областей и Бухарского ханства.

Строительство осуществлялось воинскими частями в трудных условиях пустыни Каракумы. Строители впервые в мировой практике доказали возможность прокладки железной дороги в условиях безводной пустыни и подвижных песков. Опыт строительства в последствии был применен при проектировании и прокладке железной дороги в Сахаре, а также в годы независимости Туркменистана при строительстве новой железнодорожной линии Ашхабад – Каракумы – Дашогуз.

Через реку Амударью в районе города Чарджоу 6 января 1888 года был построен в рекордно малый срок (за 1 год) деревянный мост, который прослужил 14 лет, а постоянный металлический мост на каменных опорах был возведен к маю 1901 года: 27 мая по нему было открыто движение поездов. Грандиозный, 27-пролетный мост протяженностью более 1700 метров был самым большим мостом в России и третьим в мире. В те времена он представлял собой крупное достижение инженерной мысли.

Железная дорога в то время имела большое экономическое и военное значение. К 1913 году на дороге были построены депо, вокзалы, железнодорожные мастерские в Кизыл-Арвате. Все же техническая оснащенность железной дороги оставалась слабой. Перегоны пропускали в сутки от 2 до 12 пар поездов массой не более 600 тонн, участковая скорость составляла 13 км/ч. В 20-е годы XX века и позже на дороге проводились реконструкция, усиление верхнего строения пути и мероприятия по борьбе с песчаными заносами.

В 1931 году на участке Ашхабад – Душак и Ашхабад – Баши впервые в мировой практике начались регулярные пассажирские и грузовые перевозки на тепловозной тяге, а в период с 1930-х по 1940-е годы прошлого столетия железная дорога стала базовой в СССР железной дорогой по освоению и внедрению тепловозной тяги. В 1960 году дорога первой на железнодорожной сети Советского Союза полностью перешла на тепловозную тягу.

После обретения страной независимости был открыт целый ряд магистральных линий, огромные инвестиции стали направляться государством на модернизацию материально-технической базы отрасли, совершенствование управления ею на основе современных технологий. В соответствии с указанием Уважаемого Президента Туркменистана Гурбангулы Бердымухамедова проводится переоснащение всех видов транспорта в стране самой современной техникой. Идет поставка самого современного подвижного состава и техники.

За последние годы подвижной состав железнодорожного транспорта страны полностью обновился, приобретены тысячи новых грузовых вагонов, вагонов для пассажирских поездов и тепловозов.

Уже на протяжении длительного периода на железных дорогах Туркменистана происходит рост грузооборота и пассажирооборота. Транспортные коммуникации Туркменистана делают возможным транзит и доставку экспортно-импортных грузов в направлении Дальний Восток – Ближний Восток, в страны Центральной и Западной Европы.

Основными грузами являются строительные материалы, нефть и нефтепродукты, зерно и продукты его переработки, хлопок, техника, минеральные удобрения.

Таким образом, развитие транспортно-коммуникационного комплекса Туркменистана происходит с нарастающей интенсивностью, а эффективная государственная политика являются основой превращения Туркменистана в крупнейший транспортно-транзитный коридор международного значения.

## ТРАНСПОРТ И АТМОСФЕРА

Байрамов С. А., Гарадурдыев М. Дж., Мурадов М. М.  
Институт телекоммуникаций и информатики Туркменистана

*Bayramov S. A., Garadurdyev M. J., Myradov M. M. Transportation and atmosphere.*

**Summary.** *The atmosphere is characterized by extremely high dynamism, due to both the rapid movement of air masses in the lateral and vertical directions, and high speeds, a variety of physicochemical reactions occurring in it. The atmosphere is now viewed as a huge "chemical pot" influenced by numerous and variable anthropogenic and natural factors.*

При процессах сгорания топлива наиболее интенсивное загрязнение приземного слоя атмосферы происходит в мегаполисах и крупных городах, промышленных центрах ввиду широкого распространения в них автотранспортных средств. Вклад автотранспорта в общее загрязнение атмосферного воздуха достигает здесь 40-50 %.

Для атмосферы характерна чрезвычайно высокая динамичность, обусловленная как быстрым перемещением воздушных масс в латеральном и вертикальном направлениях, так и высокими скоростями, разнообразием протекающих в ней физикохимических реакций. Атмосфера рассматривается сейчас как огромный «химический котел», который находится под воздействием многочисленных и изменчивых антропогенных и природных факторов. Газы и аэрозоли, выбрасываемые в атмосферу, характеризуются высокой реакционной способностью. Пыль и сажа, возникающие при сгорании топлива, лесных пожарах, сорбируют тяжелые металлы и радионуклиды и при осаждении на поверхность могут загрязнить обширные территории, проникнуть в организм человека через органы дыхания.

Загрязнение атмосферы выбросами транспорта

Большую долю в загрязнении атмосферы составляют выбросы вредных веществ от автомобилей. Сейчас на Земле эксплуатируется около 1 млрд. автомобилей.

В настоящее время на долю автомобильного транспорта приходится больше половины всех вредных выбросов в окружающую среду, которые являются главным источником загрязнения атмосферы, особенно в крупных городах. В среднем при пробеге 15 тыс. км за

год каждый автомобиль сжигает 2 т топлива и около 26- 30 т воздуха, в том числе 4,5 т кислорода, что в 50 раз больше потребностей человека. При этом автомобиль выбрасывает в атмосферу (кг/год): угарного газа - 700, диоксида азота - 40, несгоревших углеводородов - 230 и твердых веществ - 2 - 5. Кроме того, выбрасывается много соединений свинца из-за применения в большинстве своем этилированного бензина.

Наблюдения показали, что в домах, расположенных рядом с большой дорогой (до 10 м), жители болеют раком в 3 - 4 раза чаще, чем в домах, удаленных от дороги на расстояние 50 м. Транспорт отравляет также водоемы, почву и растения.

Токсичными выбросами двигателей внутреннего сгорания (ДВС) являются отработавшие и картерные газы, пары топлива из карбюратора и топливного бака. Основная доля токсичных примесей поступает в атмосферу с отработавшими газами ДВС. С картерными газами и парами топлива в атмосферу поступает приблизительно 45 % углеводородов от их общего выброса.

Количество вредных веществ, поступающих в атмосферу в составе отработавших газов, зависит от общего технического состояния автомобилей и, особенно, от двигателя - источника наибольшего загрязнения. Так, при нарушении регулировки карбюратора выбросы оксида углерода увеличиваются в 4...5 раза. Применение этилированного бензина, имеющего в своем составе соединения свинца, вызывает загрязнение атмосферного воздуха весьма токсичными соединениями свинца. Около 70 % свинца, добавленного к бензину с этиловой жидкостью, попадает в виде соединений в атмосферу с отработавшими газами, из них 30 % оседает на земле сразу за срезом выпускной трубы автомобиля, 40 % остается в атмосфере. Один грузовой автомобиль средней грузоподъемности выделяет 2,5...3 кг свинца в год. Концентрация свинца в воздухе зависит от содержания свинца в бензине.

Исключить поступление высокотоксичных соединений свинца в атмосферу можно заменой этилированного бензина неэтилированным.

Мероприятия по борьбе с выбросами автотранспорта

Оценка автомобилей по токсичности выхлопов. Большое значение имеет повседневный контроль над автомашинами. Все автохозяйства обязаны следить за исправностью выпускаемых на линию машин. При хорошо работающем двигателе в выхлопных газах окиси углерода должно содержаться не более допустимой нормы.

Положением о Государственной автомобильной инспекции на нее возложен контроль за выполнением мероприятий по охране окружающей среды от вредного влияния автотранспорта.

В принятом стандарте на токсичность предусмотрено дальнейшее ужесточение нормы: по окиси углерода-на 35%, по углеводородам-на 12%, по окислам азота-на 21%.

На заводах введены контроль и регулирование автомобилей по токсичности и дымности отработавших газов.

Системы управления городским транспортом. Разработаны новые системы регулирования уличного движения, которые сводят к минимуму возможность образования пробок, потому что, останавливаясь и потом набирая скорость, автомобиль выбрасывает в несколько раз больше вредных веществ, чем при равномерном движении.

Построены автомагистрали в обход городов, которые приняли весь поток транзитного транспорта, который раньше нескончаемой лентой тянулся по городским улицам. Резко снизилась интенсивность движения, уменьшился шум, чище стал воздух.

Перевод автотранспорта на дизельные двигатели. По мнению специалистов, перевод автотранспорта на дизельные двигатели уменьшит выброс в атмосферу вредных веществ. В выхлопе дизеля почти не содержится ядовитой окиси углерода, так как дизельное топливо сжигается в нем практически полностью. К тому же дизельное топливо свободно от тетраэтила

свинца, присадки, которая используется для повышения октанового числа бензина, сжигаемого в современных карбюраторных двигателях с высокой степенью сжигания.

Дизель экономичнее карбюраторного двигателя на 20-30%. Более того, для производства 1 л дизельного топлива требуется в 2,5 раза меньше энергии, чем для производства того же количества бензина. Получается, таким образом, как бы двойная экономия энергоресурсов. Именно этим объясняется быстрый рост числа автомобилей, работающих на дизельном топливе.

Совершенствование двигателей внутреннего сгорания. Создание автомобилей с учетом требований экологии - одна из серьезных задач, которые стоят сегодня перед конструкторами.

Совершенствование процесса сгорания топлива в двигателе внутреннего сгорания, применение электронной системы зажигания приводит к уменьшению в выхлопе вредных веществ.

Нейтрализаторы. Большое внимание уделяется разработке устройства снижения токсичности - нейтрализаторов, которыми можно оснастить современные автомобили.

Способ каталитического преобразования продуктов сгорания заключается в том, что отработавшие газы очищаются, вступая в контакт с катализатором. Одновременно происходит дожигание продуктов неполного сгорания, содержащихся в выхлопе автомобилей.

Нейтрализатор крепят к выхлопной трубе, и газы, прошедшие через него, выбрасываются в атмосферу очищенными. Одновременно устройство может выполнять функции глушителя шума. Эффект от использования нейтрализаторов достигается внушительный: при оптимальном режиме выброс в атмосферу оксида углерода уменьшается на 70-80 %, а углеводородов - на 50-70%.

Значительно улучшить состав выхлопных газов можно с помощью различных добавок к топливу. Ученые разработали присадку, которая снижает содержание сажи в выхлопных газах на 60-90% и канцерогенных веществ - на 40%.

В последнее время на нефтеперерабатывающих предприятиях широко внедряется процесс каталитического риформинга низкооктановых бензинов. В результате можно выпускать неэтилированные, малотоксичные бензины. Использование их снижает загрязненность атмосферного воздуха, увеличивает срок службы автомобильных двигателей, сокращает расход топлива.

Газ вместо бензина. Высокооктановое, стабильное по составу газовое топливо хорошо смешивается с воздухом и равномерно распределяется по цилиндрам двигателя, способствуя более полному сгоранию рабочей смеси. Суммарный выброс токсичных веществ у автомобилей, работающих на сжиженном газе, значительно меньше, чем у машин с бензиновыми двигателями. Так, грузовик «ЗИЛ-130», переведенный на газ, имеет показатель по токсичности почти в 4 раза меньше, чем его бензиновый собрат.

При работе двигателя на газе происходит более полное сгорание смеси. А это ведет к снижению токсичности отработавших газов, уменьшению нагарообразования и расхода масла, увеличению моторесурса. Кроме того, сжиженный газ дешевле бензина.

Электромобиль. В настоящее время, когда автомобиль с бензиновым двигателем стал одним из существенных факторов, приводящих к загрязнению окружающей среды, специалисты все чаще обращаются к идее создания «чистого» автомобиля. Речь, как правило, идет об электроавтомобиле.

## СЕКЦІЯ 14 «ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КІБЕРБЕЗПЕКА НА ТРАНСПОРТІ»

### РОЗВИТОК ТЕОРІЇ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ НАУКОВОЮ ШКОЛОЮ ПРОФЕСОРА ШАФІТА Є. М. ДО 100-РІЧЧЯ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ ЄВГЕНА МИРОНОВИЧА ШАФІТА

Жуковицький І. В., Хмарський Ю. І., Косолапов А. А., Устенко А. Б.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Zhukovyts'kyi Igor, Hmarskiy Yuriy, Kosolapov Anatoliy, Ustenko Andriy. Development of theory and means of automation of sorting stations by the scientific school of professor Shafit T. M. to the 100th anniversary of the birth of Yevhen Myronovych Shafit.*

**Summary.** 2021 marks the 100th anniversary of the birth of a prominent scientist, Doctor of Technical Sciences, Professor Yevgeny Mironovich Shafit. He was the first head of the department of electronic computers (1965-2000), the founder and scientific director of the branch research laboratory for automation of transport technologies, the creator of the school of automation of marshalling yards.



Виповнюється 100 років із дня народження відомого вченого, першого завідувача кафедри ЕОМ ДПТУ, академіка Академії технологічної кібернетики України, доктора технічних наук, почесного залізничника, професора Шафіта Євгена Мироновича. В далекому 1965 році Євген Миронович був призначений завідувачем тільки що створеної кафедри електронних обчислювальних машин і це виявилось дуже вдалим вибором. З одного боку, на той час він підготував докторську дисертацію, в якій широко застосовував аналогові обчислювальні машини і отже добре знався на питаннях обчислювальної техніки. З іншого боку, Євген Миронович раніше працював на кафедрі «Станції і вузли» та в науково-дослідній гірково-випробувальній лабораторії. Це визначило майбутній науковий напрям кафедри ЕОМ, безпосередньо пов'язаний із інтересами залізниць.

Євген Миронович був першим, принаймні в СРСР, хто запропонував використовувати аналогові обчислювальні машини для дослідження процесів скочування відцепів на сортувальних гірках. Ця ідея спочатку була зустрінута з недовірою, і лише після того, як результати моделювання добре збіглися з даними експериментів, фахівці повірили в ефективність запропонованої методики. Ще одною, майже революційною, ідеєю було використання методів теорії ймовірності в гіркових розрахунках. Це нині використання такого підходу вважається само собою зрозумілим, а на початку 60-х років минулого століття теорія ймовірності разом з кібернетикою багатьма фахівцями розглядалась як «буржуазна лженаука».

Під керівництвом Євгена Мироновича була здійснена розробка за завданням МШС системи автоматичного управління сортувальним процесом (САУСП). Надалі, отримані з цієї роботи результати були використані в комплексному проекті першої в СРСР автомати-

зованій системі управління розформуванням составів на гірці з використанням управляючої ЕОМ (АСУРСГ) для східної сортувальної гірки ст. Ясинувата Донецької залізниці. В цьому комплексному проекті, у виконанні якого брали участь ряд проектних і науководослідних організацій СРСР, кафедри ЕОМ були доручені дуже важливі розділи: вибір технічних засобів і розробка вимог до математичного і програмного забезпечення системи. Це були перші в СРСР роботи з дослідження і використання цифрових керуючих ЕОМ для керування процесами на гірці в реальному часі. А в кінці 70-х років Шафіт Євген Миронович і його колектив починають розробку першої мікропроцесорної системи для автоматизації управління маршрутами на гірці Перм-Сортувальна.

У 1982 р. за наказом МШС СРСР при кафедрі ЕОМ була створена галузева науководослідна лабораторія автоматизації транспортних технологій, яку очолив Євген Миронович Шафіт. Головними напрямками роботи лабораторії були теоретичні й експериментальні дослідження із створення на сортувальних станціях автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП) і розробка комплексу математичних, програмних і технічних засобів автоматизації дослідження, проектування і налагодження АСУТП. Саме в цій лабораторії були розроблені і впроваджені ряд автоматизованих систем керування технологічними процесами на магістральних та промислових станціях.

У 80-х роках минулого століття Євгеній Миронович запропонував ще одну революційну ідею – сигнали від наземного обладнання (пристроїв СЦБ) парків сортувальної станції вводити в управляючу ЕОМ і за цими сигналами організувати слідкування за ходом технологічного процесу станції. Інформацію видавати на АРМи оперативного персоналу станції та використовувати для формування стандартних інформаційних повідомлень в автоматизовану систему керування сортувальною станцією (АСУ СС). Цю систему було впроваджено на станції Нижньодніпровськ-Вузол, вона отримала срібну медаль на виставці досягнень народного господарства (ВДНГ) СРСР.

Таким чином, Євгеном Мироновичем Шафітом на кафедрі була створена наукова школа автоматизації сортувальних станцій, яка відома не тільки в Україні, але й у ряді інших країн. Під його керівництвом було захищено дві докторських та більш як 10 кандидатських дисертацій. Серед його учнів, зокрема, більшість нині діючих викладачів кафедри ЕОМ.

Іншою – і не менш важливою – іпостассю видного вченого була його педагогічна діяльність. Тут Євген Миронович зокрема поєднував математичну культуру із культурою загальною. Його завжди стриманий і водночас щирий стиль спілкування, багаті знання художньої літератури створювали образ, який неможливо було не поважати. Це завжди відчували й цінували як колеги, так і студенти, для яких він був зразком інтелігентності. А при тому ще й зразком органічного поєднання в одній особі ерудованого вченого-теоретика та досвідченого інженера-практика.

Євген Миронович майстерно вів і такі наукоємні навчальні курси як, наприклад, «Теорії автоматичного управління», і такі суто практичні, як «Засоби автоматизації на залізницях». Саме він майже півстоліття тому започаткував в ДІТі комп'ютерну систему обліку поточної успішності студентів із використанням донині славнозвісних «перфокарт». І також сконструював унікальний на той час навчальний комплекс, де в лекційній аудиторії на кожному студентському робочому місті інформація відображалась на компактних телевізійних екранах (сама ця аудиторія на кафедрі ЕОМ нині носить його ім'я).

Якщо людина лишила по собі добрі спогади, повагу та щиру подяку в багатьох серцях, це вочевидь велике досягнення. І таке досягнення є ще набагато яскравішим, коли воно закарбувалось в пам'яті людей молодих. Бо саме молодість найбільш вразлива до впливу і найбільш схильна пам'ятати добро. Євген Миронович Шафіт заслужив таке всім своїм життям – плідним життям Вченого і Педагога.

## PRINCIPLES OF OPTIMIZING THE HYPERPARAMETERS OF AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK IN THE PROBLEM OF DETECTING NETWORK INTRUSION

Zhukovyts'kyi I. V., Tsykalo I.D.

Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan

**Summary.** *The report discusses an algorithm for adjusting the hyperparameters of an artificial neural network (topology, activation function, learning algorithm - hyperparameters), which acts as a classifier of the type of attack in a computer network. It is shown that a properly configured artificial neural network can significantly improve the recognition quality of types of attacks and provide a sufficiently high degree of detection of new types of attacks (those that were not in the attack database for training).*

One of the most important problems of information security for this day is a significant number of attacks in computer networks. The problem is accelerating by the emergence of totally new types of such attacks. One of the most common methods of detecting attacks is signature-based, static, and therefore vulnerable to new kinds of attacks. For the detection of new types of network attacks the intrusion detection systems based on neural networks are used.

There are many works where intrusion detection systems use a variety of neural networks that allow recognition of the presence and the type of network attack. However, when solving real problems, these methods often do not give the desired results due to the suboptimal configuration and methods of setting up the neural network.

A study of the possibility of recognizing network attacks using a multilayer perceptron on the KDD99 data set was performed. The data set includes 5 million records, which are distributed between 5 types of network packets: normal, Remote to Local attacks, User to Root attacks, Probe attacks, DoS attacks.

In this work, a multilayer perceptron was used to detect and classify network attacks. The Python programming language and the Keras neural network library were used for the software implementation, which provides a top-level interface to the TensorFlow library of mathematical calculations. The structure 119-64-64-5 was chosen as the network topology (input layer consists of 119 neurons – the number of packet features in the database), two hidden layers of 64 neurons, the output layer of 5 neurons – (the number of types of network packets). By default, the library proposes to use the sigmoidal activation function in the hidden layers, and as a learning algorithm – a gradient descent (learning speed – 0.1).

For each type of network packets, 90 % of the dataset records are dedicated to training and 10 % to testing. In each attack class there is one type of attack, which is completely absent in the training sample, which should play the role of a completely new network attack.

As a result of training the neural network with the initial configuration we were able to achieve the accuracy of the classifier of 0.78, however, this classifier could not detect any new type of attack.

To improve the quality of the classifier, studies were conducted to find the topology, activation functions, learning algorithm (hyperparameters) of the neural network, which significantly improved the quality of the classifier.

The design of the optimal neural network topology can be represented as the task of finding the best architecture in the context of the task of detecting network attacks for different learning algorithms. This involves searching the space of possible architectures and selecting a certain point of this space the best for a given criterion of optimality.

As final hyperparameters were found: topology – 119-8-8-5, activation function in hidden layers – ReLU, learning algorithm – Adam.



As a result of training, the neural network in the final configurations managed to achieve accuracy in the test sample of 0.98. The trained neural network can also classify new types of attacks that did not appear in the initial sample, namely: pod - accuracy 0.56, nmap - accuracy 0.88, perl - accuracy 0.33.

Thus, the task of finding the optimal hyperparameters of the neural network in the context of the task of detecting intrusions is promising. The correct choice of topology and parameters of network learning can lead to a significant improvement in the final model's performance.

## АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДИНАМІКИ ОБ'ЄКТІВ УПРАВЛІННЯ НА АВТОМАТИЗОВАНИХ ГІРКАХ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ

Жуковицький І. В., Устенко А. Б., Дзюба В. В.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Zhukovyts'kyi Igor, Ustenko Andriy, Dziuba Volodymyr. Analysis of measurement accuracy of parameters of dynamics of control objects on automated humps of sorting stations.*

**Summary.** *An important element of automatic control of the speed of rolling cuts off the hump at marshalling yards is the assessment of the parameters of rolling dynamics. The accuracy of determining the running resistance significantly affects the quality of targeted cut braking. The running resistance measurement is carried out on test sections equipped with triples of sensors. Random sensor errors are the main cause of such measurement errors. The task of the work is to study the accuracy of measuring the running resistance of cuts based on improved analytical and simulation models.*

Найбільш складною задачею автоматизації розформування составів на сортувальних станціях є автоматичне регулювання швидкості скочування відчепів з гірки. Важливим елементом останнього є оцінювання параметрів динаміки скочування, перш за все так званого ходового опору  $W$ . Зокрема точність визначення  $W$  суттєво впливає на якість так званого прицільного гальмування відчепів на сортувальних коліях, що потрібна для збереження вагонів та вантажів при зіткненнях і водночас щільності заповнення колій.

Вимірювання  $W$  в інформаційно-керуючих системах на сортувальних гірках частіше за все виконується на контрольних ділянках, оснащених трійками датчиків прослідування коліс із відстанями  $l_1$  і  $l_2$  (так званий, трьохточковий метод). Випадкові похибки  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\delta_3$  датчиків є головним чинником похибок  $\Delta W$  такого вимірювання. Також похибки  $\Delta W$  суттєво залежать від параметрів вимірювання, насамперед довжини контрольної ділянки  $L=l_1+l_2$ , нахилу колії  $i$  та швидкості руху відчепів  $v$ . Перелічені параметри значною мірою визначаються розташування контрольних ділянок на гірці: перед першою гальмівною позицією (ГП), перед парковою ГП, а також, можливо, на сортувальних коліях.

Завданням даної роботи є дослідження точності вимірювання ходового опору відчепів на базі удосконалених аналітичної та імітаційної моделей. При цьому за її межами лишається дослідження похибок прогнозування  $W$  на сортувальних коліях (СК) внаслідок зміни умов руху. Наявність таких похибок обумовлює доцільність повторного вимірювання  $W$  на СК із застосуванням адаптивної корекції прогнозування.

Удосконалення аналітичної моделі вимірювання  $W$  включає одержання формул для розрахунку похибок  $\Delta W$  (середньоквадратичного відхилення похибки вимірювання  $\sigma_{\Delta W}$ ) виходячи безпосередньо із значення середньостатистичного відхилення похибки датчиків  $\sigma_\delta$  та з урахуванням параметрів  $l$ ,  $i$ ,  $v$ . Показано, що суттєвим фактором адекватності аналітичної моделі із використанням трьохточкового методу є врахування статистичної залежності помилок зафіксованої датчиками довжини контрольних ділянок.

Такий підхід дозволяє оцінювати параметри точності вимірювання  $\sigma_{\Delta W}$  та  $m_{\Delta W}$  прямим факторним експериментом з використанням методу Монте-Карло, коли розрахунок  $\Delta W$  виконується для різних випадкових значень  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\delta_3$ . Зокрема таким методом досліджені залежності  $\sigma_{\Delta W}(L, v)$ ,  $\sigma_{\Delta W}(\sigma_\delta, v)$ ,  $\sigma_{\Delta W}(L, i)$  і в результаті показано наступне. Найбільш суттєвий вплив на точність вимірювання  $W$  мають значення  $L$  та  $\sigma_\delta$ . Такий вплив зростає при збільшенні швидкості  $v$  та нахилу колії  $i$ . В підсумку в зоні перед першою гальмівною позицією (ГП) забезпечення точності вимірювання є досить проблематичним, тоді як перед парковою ГП умови є прийнятними, а на сортувальних коліях – найбільш сприятливими. Власно значення  $W$  майже не впливає суттєво на точність вимірювання, отже врахування такої залежності в управлінні прицільним гальмуванням не є доречним.

Для перевірки адекватності запропонованої моделі виконано порівняння з результатами більш детального імітаційного моделі вимірювання ходового опору. Зокрема імітаційна модель додатково враховує такі фактори як залежність аеродинамічної складової ходового опору від швидкості руху та обмежена точність вимірювання ваги відчепів. Дослідження підтвердило, що врахування цих факторів не впливає суттєво на одержані оцінки точності вимірювання ходового опору (щодо аеродинаміки це є вірним для випадку відсутності вітру). Таким чином запропонована аналітична модель може вважатись адекватною до рішення поставленої задачі.

### ЗАВДАННЯ ТА ПРОЦЕДУРИ УПОРЯДКУВАННЯ МУЛЬТИ-ПОСЛІДОВНОСТЕЙ З НЕЧІТКИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Скалозуб В. В., Мурашов О. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Skalozub Vladislav, Murashov Oleh. Problems and procedures for organizing multi-sequences with fuzzy parameters.*

**Summary.** *The report describes the essence of the problems for the development of multilayer constructive models of multi-sequence ordering processes with fuzzy parameters.*

Завдання із конструктивного (шляхом побудови) оптимального упорядкування елементів певних недетермінованих послідовностей або множин, з метою отримання упорядкованих встановленим чином заключних структур, коли необхідно враховувати складність («вагу») заданих операцій формування, являються досить поширеними і складними при реалізації. Найпростішими для чисельної реалізації таких завдань без урахування «ваги» операцій є різноманітні методи сортування, а для залізничного транспорту одними із головних є процеси розформування-формування (РФ) багатогрупових залізничних составів (БГС). У цілому різноманітні завдання із конструктивного упорядкування довільно організованих послідовностей елементів мають значний теоретичний інтерес, являються важливими практично.

В наших попередніх роботах вперше була сформульована змістовна постановка завдання щодо оптимального упорядкування набору послідовностей елементів (мульти-послідовностей) та запропоновано нову математичну модель для класу процесів конструктивного упорядкування з урахуванням складності операцій (УПСО). При цьому була розроблена конструктивна структура для їх чисельної реалізації. Також нами було розглянуто важливий приклад технологій УПСО залізничного транспорту, якими являються процеси РФ составів. В наведених прикладах завдань УПСО параметри всіх елементів і об'єктів процесів розглядалися як детерміновані. Існує широкий клас різноманітних недетермінованих процесів, що відповідають постановкам УПСО. Серед ознак різних класів математичних моделей таких процесів УПСО відзначають властивості параметрів потоків (випадкові, нечіткі, невизначені тощо), кількість процесів та число зон обслуговування (один

або багато), умова щодо припустимості упорядкування не всіх об'єктів (вилучення окремих), урахування змісту і повноти інформації тощо.

В цій роботі виконується моделювання і аналіз інших, ніж РФ залізничних составів, класів недетермінованих процесів обслуговування УПСО – моніторинг процесів реабілітації хворих на діабет. Разом з тим отримані теоретичні результати можуть бути застосовані, наприклад, для моніторингу технічного стану множин складних технічних систем. Особливості таких процесів моніторингу визначається тим, що окремі об'єкти контролю (а саме – хворі) мають власні, індивідуальні, моделі процесів реабілітації з недетермінованими (у статті нечіткими) параметрами. Для вирішення завдань УПСО були запропоновані змістовні та відповідні їх формальні постановки, сформовані моделі операцій, побудовані метрики оцінювання ступеню неупорядкованості поточних станів процесів конструювання рішень, розроблені спеціалізовані алгоритми реалізації завдань упорядкування «з вагою». При цьому були побудовані конструктивні багатосарові моделі (КБМ) або MLCPM, що виконується шляхом введення до конструктивних моделей додаткових формальних структур оброблення даних.

Метою нашого дослідження була розробка комплексних моделей зі структурою багатосарових FMLCPM, призначених для аналізу спеціалізованих процесів з нечіткими характеристиками. Для таких математичних моделей та відповідних інформаційних технологій реалізації були встановлені наступні додаткові вимоги до нечітких процедур упорядкування УПСО (НУПСО). Перше, урахування нечітких оцінок показників складності операцій. Друге, виконання класифікації характеристик наборів неупорядкованих вхідних замовлень стосовно їх призначення з метою визначення вихідних класів упорядкування. Третє, формування індивідуальних нечітких моделей процесів надходження замовлень із різних джерел. Охарактеризуємо сутність завдань НУПСО для зазначених процесів моніторингу. В них задані певні множини неупорядкованих послідовностей або списків клієнтів (замовлення *in-seq*), а також набір цільових упорядкованих послідовностей замовлень (потоки *out-seq*). Для елементів *in-seq* (з параметрами *in-order*) визначені встановлені властивості, атрибути (*a-order*), які можуть бути і нечіткими величинами. На основі аналізу (діагностування, класифікації тощо) наборів атрибутів (*a-order*) елементів (*in-order*) необхідно встановити категорію їх цільового потоку (індекс *out-seq*), а також визначити показники впорядкованості – pos-індекси, які також можуть бути лінгвістичними термами. Суттєва відмінність постановок для процесів НУПСО від детермінованих визначається тим, що в детермінованих потоках всі цільові потоки (*out-seq*) разом з потрібною в них упорядкованістю елементів (*in-order*), значення pos-індексів, являються відомими і заданими спочатку аналізу вхідних потоків. Для завдань розформування-формування составів pos-індекси – це коди станцій призначення.

У завданнях НУПСО також відома сукупність операцій конструювання *out-seq* з оцінками їх відносної/абсолютної складності (ваги), що можуть бути заданими детермінованими або нечіткими величинами. При оптимальному плануванні *out-seq* відомі загальні ресурси та обмеження стосовно процесів конструювання, а також умови їх завершення. Припускається можливість існування у кількох *in-seq* потоках елементів (*in-order*), які мають однакові встановлені категорії цільового потоку (*out-seq*) та порядок за pos-індексом. Необхідно сформувати модель процесу утворення на основі заданої множини неупорядкованих *in-seq* потоків замовлень множин упорядкованих за pos-індексами призначення *out-seq* потоків. При цьому потрібно мінімізувати загальні витрати на процеси НУПСО з урахуванням властивостей атрибутів (*a-order*), показників складності операцій конструювання, а також ресурсних обмежень.

Для формування та реалізації конструктивних нечітких моделей НУПСО в роботі були застосовані методики та процедури, за якими реалізація процесів з нечіткими параметрами приводиться до множини завдань моделювання та аналізу УПСО з детермінованими параметрами. Загальна структура комплексних моделей із реалізації НУПСО у цілому ві-

дповідає структурі багатошарової FMLCPM, де окремими шарами часткових моделей вирішуються додаткові завдання щодо оперування об'єктами та процесами з нечіткими характеристиками або складовими. А саме при моделюванні процесів моніторингу засобами нових окремих шарів FMLCPM вирішуються такі завдання: завдання із урахування нечітких оцінок показників складності операцій конструювання; завдання діагностування характеристик з метою визначення вихідних класів (out-потоків) та упорядкованості елементів in-order у вигляді pos-індексів; завдання формування та аналізу індивідуальних нечітких моделей процесів надходження замовлень до in-потоків. За допомогою цих індивідуальних моделей можуть бути розраховані прогнозовані терміни закінчення процесів реалізації упорядкування. Зазначені вище моделі нових шарів структури FMLCPM можуть також застосовуватися окремо за призначенням.

В роботі досліджені багатошарові моделі та процедури FMLCPM для моніторингу процесів НУПСО щодо реабілітації хворих, а також приведено приклади чисельної реалізації завдань упорядкування мульти-послідовностей з нечіткими параметрами.

### ПРО ЗАСТОСУВАННЯ ОНТОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Лобода Д. Г.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Loboda Dmytro. About using of the ontological approach to solving the tasks of intellectualization of railway automation systems.*

**Summary.** *In paper is examined using of ontological design of railway automation systems. The task of using ontological knowledge bases for a marshalling yard is considered. The advantages and disadvantages of applying the popular Protégé package for the implementation of the task are presented.*

На сучасному етапі розвитку автоматизованого моделювання існують різноманітні підходи, які відрізняються в залежності від конкретних цілей та областей використання.

Застосування онтологічного моделювання на залізничному транспорті є актуальним процесом, який сприяє розвитку транспортної галузі в цілому. Як було досліджено в роботі, ця методика знайшла своє відображення при вирішенні дуже багатьох задач, серед яких можна відзначити наступні: діагностика рухомого складу, прогностична підтримка залізничних підсистем, проектування складних залізничних споруд, моделювання сигнальних систем, створення семантичних пошукових систем, створення предметних областей існуючих автоматизованих систем та ін. Однак, серед спектру цих різноманітних задач, не було поставлено задачі, яка б стосувалась організації сортувальної роботи на залізничних вузлах, на програмному рівні спираючись на бази знань.

В роботі була запропонована задача побудови онтологічної бази знань сортувальної станції. Таке рішення було зумовлено рядом причин, серед яких можна виділити наступні:

- експлуатація сортувальних станцій все ще є невід'ємним компонентом для організації переробки вагонопотоків в багатьох країнах Європи (в тому числі, і в Україні);
- онтологічний опис сортувальної станції посприяє створенню універсальної бази знань, яка буде однозначно описувати всі компоненти з можливістю їх розширення та деталізації;
- побудована база знань може стати доповненням до існуючих баз даних, що використовуються на сортувальних станціях, або варіантом їх повноцінної заміни;
- онтологічна база дозволить оцінити сортувальну станцію з позицій ієрархічності та систематизації;

– базу знань сортувальної станції можна буде використовувати спільно з базами, що описують інші предметні області;

– побудована база повністю забезпечить принцип розвитку, завдяки чому її можна буде постійно вдосконалювати, виключаючи необхідність створення нової бази.

Виходячи з вищеописаних тверджень, стає очевидним той факт, що застосування онтологічного проектування для сортувальних станцій є цілком виправданим рішенням для реалізації поставленого завдання.

В якості інструментального засобу для первинної побудови онтологічної бази сортувальної станції був обраний програмний пакет Protégé. Побудована база описує сортувальну станцію з точок зору кількох предметних категорій: класифікація, узагальнена структура, деталізація сортувальної гірки, технологічний процес.

Після побудови бази було проведено аналіз отриманих результатів з підсумковим виділенням переліку недоліків підходу, реалізованого в рамках програми Protégé: складність сприйняття функціональних можливостей відношень для звичайного користувача; відсутність мовної локалізації програми (зокрема, україномовної версії), відсутність механізму захисту онтологічної бази.

В результаті було прийнято рішення, що виливається в задачу розробки програми, мета якої полягає в усуненні максимально можливої кількості виділених недоліків при збереженні переваг онтологічного підходу до побудови баз знань. В якості ще одного ключового моменту необхідно сказати, що поставлена задача, очевидно, повинна стосуватися не тільки конкретної бази знань «Сортувальна станція», а й будь-якої OWL-онтології.

## ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ ПОДАТКОВИХ НАДХОДЖЕНЬ З УРАХУВАННЯМ РИЗИКУ

Михайлова Т. Ф., Максименкова Ю. А., Нечай І. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Michaylova Tetyana, Maksymenkova Iuliia, Nechai Ihor. Building mathematical models for tax revenue analysis involving risk.*

**Summary.** *An econometric model for forecasting volumes of tax returns and estimating risk of not being completed plan indices have been proposed.*

Побудова математичних моделей для часових рядів та їх застосування для прогнозу з урахуванням ризику розглядалась у роботах Вітлінського, Фуллера та ін. Для дослідження нестационарних рядів доцільно застосувати моделі з фіктивними змінними, що були детально розглянуті раніше.

Для того, щоб побудувати математичну модель для прогнозування обсягів податкових надходжень з урахуванням ризику докладно були проаналізовані часові ряди місячних даних щодо обсягів податкових надходжень по Дніпропетровській області у період з січня 2014 року по грудень 2019 року, а саме податку з доходів фізичних осіб.

Розглянуто прогнозування надходжень  $Y$  від податку з доходів фізичних осіб (одиниці виміру – млн. грн.). Побудуємо модель для прогнозу податку з доходів фізичних осіб  $Y$  у цінах грудня 2019 року. Аналіз структури часового ряду показує, по-перше, наявність лінійного тренду, по-друге, підвищення надходжень від податку з доходів фізичних осіб у грудні кожного року, по-третє, зміну тенденції показника  $Y$  з січня 2014 року, що відповідає зміні законодавчої бази щодо нарахування даного податку.

Виходячи з даних спостережень та використовуючи пакети EXCEL, STATISTIKA побудовано модель такого виду:

$$\hat{y}_t = 821.9 + 1.32t - 75.9x_{1t} + 1.28t \cdot x_{1t} + 5.12x_{2t} + 6.28x_{3t} + 7.85x_{4t} + 17.7x_{5t},$$

де  $t$  – змінна часу (номер періоду);  $x_1$  – фіктивна змінна, яка приймає значення 0 для періодів часу до 2014 року і значення 1 – з 1 січня 2014 року;  $x_2, x_3, x_4$  – фіктивні змінні, що відображають сезонні коливання в надходженні даного податку та приймають значення 1 відповідно для I, II і III кварталів, і значення 0 для усіх інших періодів часу;  $x_5$  – фіктивна змінна, яка приймає значення 1 для грудня місяця кожного року, та значення 0 для інших періодів.

Як показав економетричний аналіз моделі, оцінки майже усіх параметрів моделі (крім параметру при перехресному членові  $t \cdot x_1$ ) можна вважати значимими. Значення коефіцієнта детермінації  $R^2 = 0.94$  наближається до 1. Відносна похибка регресії, що відображає прогностні властивості моделі, складає:  $S/\bar{y} \cdot 100 \% = 6.7 \%$ .

Розглянемо залишки моделі  $L$ , що побудовано. На основі результатів перевірки наявності автокореляції в системі за тестом Дарбіна – Уотсона, можна прийняти гіпотезу про відсутність автокореляції ( $DW_p=1.75 > DW_2=1.682$  для 1 % рівня значимості), можемо зробити припущення про нормальний закон розподілу залишків даної моделі.

За допомогою моделі, що побудовано, отримано прогностні значення надходжень від податку з доходів фізичних осіб на 2020 рік.

Визначимо як одну з компонент вектора податкового ризику ймовірність можливого недовиконання планових податкових надходжень. Ризик 10 %-го недовиконання планового показника за прогнозування на один крок дорівнюватиме:

$$P(Y \leq 0.9\hat{Y}_p) = 1 - \Phi(0.1/V),$$

де  $V$  – аналог коефіцієнта варіації:

$$V = s/\hat{Y}_p,$$

$s$  – похибка прогнозу, отримана на базовому інтервалі;  $\hat{Y}_p$  – прогнозоване значення податкових надходжень;  $\Phi(Y)$  – функція Лапласа.

Так, згідно отриманого прогнозу у січні 2020 року очікуються надходження від податку з доходів фізичних осіб в обсязі 20137.6 млн. грн., похибка прогнозу  $s = 1003.8$  млн. грн.,  $V=0.0497$ . Величина ступеня ризику як ймовірність недоотримання податкових надходжень від податку з доходів фізичних осіб по Дніпропетровській області становить:

$$P(Y \leq 0.9\hat{Y}_p) = 1 - \Phi(0.1/0.0497) = 1 - \Phi(2.059) = 0.022.$$

Тобто ймовірність десятивідсоткового недовиконання планового показника податку з фізичних осіб складає 0,022, або 2,2 %.

За збільшенням прогнозованого інтервалу похибка прогнозу також збільшується. На річному інтервалі похибка розраховується за її максимально можливим значенням  $s^2(1 + 2 + 3 + \dots + 12)$ .

## АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ОНТОЛОГІЙ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Шинкаренко В. І., Іванов О. П., Жучий Л. І.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Shynkarenko Viktor, Ivanov Oleksandr, Zhuchyi Larysa Analysis of the railway transport ontology evolution.*

**Summary.** *The authors analyzed ontology evolution in the context of railway transport. They developed parts of the taxonomy, thesaurus and ontology of station model and car model of «Automated Control System for Freight Traffic – Unified» (ACS FT UZ-U). They also determined that taxonomy and thesaurus allow for integration of regulations of Ukrzaliznytsia, but ontology allows for the formalization of railway procedures.*

Проаналізовано розвиток онтологій залізничного транспорту на прикладі станційної і вагонної моделей АСК ВП УЗ-Є.

Онтології поділяються на полегшені і важкі. Полегшена онтологія - це онтологія, що складається з таксономії. Вона також може включати відношення і властивості концептів. А важка онтологія - це полегшена онтологія, що включає обмеження і аксіоми.

Виконано моделювання процесу прийому вагона підприємства з під'їзної колії залізничної станції засобами OWL і Protégé, з тим, щоб отримати частину таксономії, тезауруса і онтології. Використано визначення з інструкції з руху поїздів (ІРП), а також повідомлення про прибирання вагонів.

Якщо вагон має нормальний технічний стан і знаходиться на колії станції, то він – вагон вагонної моделі АСК ВП УЗ-Є. Щоб вагони забрали з під'їзної колії, ця колія повинна бути в ТРА станції і мати технічний стан, відповідний нормам УЗ. Якщо колія знаходиться в ТРА станції, то вона є колією станційної моделі АСК ВП УЗ-Є. Тоді визначення вагона вагонної моделі набуде вигляду. Вагон вагонної моделі АСК ВП УЗ-Є – це вагон, який має технічний стан, відповідний нормам УЗ, і знаходиться на колії станції.

Прибиранню вагонів відповідає повідомлення, що відправляється оператором у вагонну модель. Технічно-розпорядчий акт станції включає таблиці «відомість колій станції» та «під'їзні колії станції».

З таблиць, що відповідають повідомленням і ТРА можемо отримати такі терміни: Колія, колія відомості колій ТРА станції, під'їзна колія ТРА станції, під'їзна колія, вагон, власний вагон, вагон УЗ, *номер вагона* (властивість, що має тип даних восьмизначної нумерації вагонів, тобто [50 000 000; 59 999 999]).

Нехай технічний стан вагона – це властивість *підрізу гребня*, що має тип даних «<<sub>14</sub>», що відповідає вимогам Правил технічної експлуатації залізниць України. Нехай технічний стан колії – це властивість *ухилу*, що має обмеження на значення в типі даних «<<sub>40</sub>», і відповідає Державним будівельним нормам України споруди транспорту залізниці колії 1520 мм. З глосарію ІРП отримані наступні терміни: станційна колія та колія, яка належить підприємству.

Таксономія. Відмінність глосарія (наприклад такого як в Інструкції з руху поїздів) та таксономії, в тому, що в таксономії дані впорядковані ієрархічними відношеннями. Тоді терміни ІРП і повідомлення про прибирання вагонів можна впорядкувати відношеннями «клас-підклас» в наступні таксономії.

Через те, що таксономія має тільки ієрархічні відношення, неможливо задати властивість підрізу гребня і зв'язати концепти справний власний вагон і під'їзна колія. Тому виконано звуження концепту, зв'язування його відношеннями «підкласу» і дано йому відповідне ім'я.

Таксономія станційної моделі АСК ВП УЗ-Є.

Колія

Станційна колія

Колія підприємства

Ходова колія

Під'їзна колія

Під'їзна колія ТРА станції

Таксономія вагонної моделі.

Вагон

Вагон УЗ

Власний вагон

Справний власний вагон

Справний власний вагон на під'їзній колії.

В анотаціях до класу *справний власний вагон на під'їзній колії* вказано: може мати екземпляри з підрізом гребня менше 14 мм, що має місцезнаходження деякий під'їзну колію (ТРА) і номер вагона, що починається на п'ятірку. Аналогічно клас *справна під'їзна колія* може містити екземпляри колій з ухилом менше сорока проміле.

Так як таксономія представлена за допомогою RDF (Resource Description Framework) і відношення `rdfs:subClassOf` підтримує правило логічного висновку типу «type propagation» можливо робити запити типу «Які є власні вагони?» і отримувати у відповідь екземпляри класів *власний вагон*, *справний власний вагон* і та *справний власний вагон на під'їзній колії*.

Тезаурус. Наступна щабель «полегшених онтологій» включає властивості і відношення. Розроблено описову властивість для вагона за допомогою властивості даних OWL *має номер*. Так як, ніякі обмеження не накладаються, правило, про те що номер власного вагона починається з п'ятірки і має вісім цифр, зазначено в анотаціях.

Власний вагон «ставиться» на колію за допомогою асоціативного відношення – властивості між об'єктами *перебувати на*. В анотаціях вказано визначення вагона вагонної моделі. Тоді стає можливим задавати запит SPARQL «які є екземпляри класу власний вагон, такі, що знаходяться на деякій під'їзній колії».

Обмеження на те, екземпляри яких класів повинні бути пов'язані відношеннями, також повинні задаватися в текстовому вигляді в окремому документі. Тому що полегшена онтологія за визначенням не містить ніяких обмежень.

Онтологія. Розроблено тип даних «номер вагон», «ухил колії» і «підріз гребня». Якщо користувач присвоїть вагону властивість даних номер вагона, вибере т тип даних номер вагона і введе число, що починається з не п'ятірки, різонер визначить, що онтологія неузгоджена.

Задано визначення вагона вагонної моделі як достатня умова, еквівалентність класів. Тоді немає необхідності вказувати в анотаціях визначення вагона вагонної моделі. Необхідною і достатньою умовою вказані властивості ухилу і підрізу з нормативної документації. Поставлено обмеження на властивість між об'єктами *перебувати на*, так щоб вагон не можна було поставити на що-небудь крім під'їзної колії (наприклад на інший вагон).

Висновки. Онтологія дозволяє представити більше знань в уніфікованому вигляді. Таксономія і тезаурус допомагають уніфікувати термінологічні знання, а онтологія обмеження з процедур, викладених в інструкціях, які виконуються залізничниками. Подальша робота полягає в тому, щоб включити в аналіз полегшені онтології залізничного транспорту, представлені за допомогою RDF та RDFS. А також в формалізації більшої кількості залізничних знань.

## МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПЛІС ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Шаповалов В. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Shapovalov Volodymyr. Possibilities of using FPGA for realization of neural networks.*

**Summary.** *The possibility of hardware implementation of neural networks in FPGAs is analyzed and the expediency of reading the basics of computer circuitry and hardware description languages to programmers is shown.*

В останні десятиріччя багато уваги приділяється теоретичній розробки і реалізації систем штучного інтелекту. В останні роки різко зріс інтерес до використання ПЛІС в якості елементної бази нейронних мереж. Цьому сприяла поява на ринку ПЛІС с потужними ресурсами і тенденція до зниження ціни ПЛІС, отже, і кінцевої вартості розробок. Напряма



живлення з кожним новим поколінням цих мікросхем постійно зменшується, що дозволяє знижувати енергоспоживання при збільшенні швидкодії і реалізовувати нейронні мережі в мобільних пристроях з автономним живленням.

Для апаратної реалізації нейронних мереж іноді використовують багато універсальних процесорів, ресурси яких в такому випадку використовуються дуже неефективно, тобто можна використовувати значно простіші обчислювачі. Необхідні ресурси обумовлюються складністю штучного нейрона, в якому виконуються прості операції: множення вхідних сигналів (синапсів) на їх вагові коефіцієнти; підсумовування результатів цих операцій множення. Далі здобута сума подається на функцію активації виходу, в якості якої часто використовують сигмоїду. Таким чином, для апаратної реалізації одного нейрона необхідні блоки множення (їх кількість залежить від кількості входів), суматор, а для реалізації сигмоїди, наприклад, у вигляді таблиці, можна використати відносно невелику пам'ять. Необхідні ресурси для апаратної реалізації нейронної мережі залежать від кількості нейронів (нарощування кількості нейронів не завжди призводить до суттєвого збільшення точності нейронної мережі), яка може досягати тисяч і більше. Такі ресурси мають сучасні ПЛІС.

Наприклад, мікросхема Virtex UltraScale+ фірми Xilinx має біля 4-ех мільйонів системних логічних комірок, більш як 12 тисяч DSP прискорювачів обчислень («окремих ядер зі своїм невеликим набором виконуваних операцій») і біля 500 Мбіт пам'яті. Крім того, в хмарних технологіях набуває популярності служба FaaS (ПЛІС як сервіс), яка дозволяє розробникам нових сучасних пристроїв, в тому числі і штучних нейронних мереж, не покупати дорогі відладочні плати з потрібними ПЛІС, а використовувати ресурси цієї служби.

Проектування сучасних нейронних мереж часто проводять на основі модельно-орієнтованого проектування з використанням програм Mathlab і Simulink, що дає можливість оптимізувати необхідні апаратні ресурси (зокрема, зменшити кількість шарів без суттєвого зниження точності) і здобути за допомогою програми HDL Coder, наприклад, VHDL-опис нейронної мережі для її реалізації в ПЛІС. Цей VHDL-опис далі, як правило, доробляється розробником. Найбільш ефективно це можна зробити, коли розробник нейронної мережі знає ресурси ПЛІС і мову VHDL. Тому, програмістів, які часто розробляють нейронні мережі, доцільно ознайомити з основами комп'ютерної схемотехніки і мовами опису апаратури, наприклад, VHDL (або Verilog). Оскільки в мові VHDL закладені принципи паралельного і об'єктно-орієнтованого програмування, то це дає можливість також розвинути відповідні навички.

## **СИСТЕМА АВТЕНТИФІКАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕНЕРАТОРІВ ОДНОРАЗОВИХ ПАРОЛІВ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ**

Остапець Д. О., Чумаченко В. Р., Дзюба В. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Ostapets Denys, Chumachenko Vladyslav, Dziuba Volodymyr. Authentication system with use of one-time password generators based on microcontrollers.*

**Summary.** *The principles of development and organization of hardware and software complex for authentication by one-time passwords are considered. Clock-type one-time password generators which are built using ATmega328 microcontrollers and RTC are used. The complex can be used in the educational process.*

В сучасному світі все гостріше постає проблема захисту інформації від несанкціонованого доступу, одним із шляхів вирішення якої є впровадження механізмів ідентифікації / аутентифікації користувачів автоматизованих (комп'ютерних) систем. Алгоритми ау-

тентифікації, засновані на багаторазових паролях, є ненадійними. Паролі можна підглянути, розгадати або просто вкрати. Більш надійними виявляються схеми з одноразовими паролями. До того ж, одноразові паролі набагато дешевше і простіше багатьох інших методів аутентифікації. Все це робить системи, засновані на одноразових паролях, дуже перспективними.

Одноразовий пароль (one time password, OTP) – це пароль, дійсний тільки для однієї процедури входу в систему. Це дозволяє запобігти багатьом недолікам, які пов'язані з традиційними (статичними) паролями. Найголовніше, що, на відміну від статичних паролів, вони не піддаються імітаційним атакам. Тобто, якщо злочинцю вдається зберегти пароль для входу в систему, він не зможе використовувати його в майбутньому, тому що перехоплений пароль більше не діє. Алгоритми створення OTP в більшості випадків засновані на використанні випадкових чисел. Даний підхід є обов'язковим, оскільки в подальшому було б легко спрогнозувати наступні паролі на основі попередніх.

У роботі було здійснено огляд відомих аналогів генераторів OTP та прийнято рішення розробки апаратного генератора OTP, принцип роботи якого заснований на отриманні одноразового паролю шляхом шифрування певного базового секрету і показань внутрішнього годинника.

Система аутентифікації складається з двох частин: токenu користувача та серверної частини. Токен, яким володіє користувач, являє собою апаратний генератор OTP, таким чином об'єднано майновий та парольний способи аутентифікації.

Пристрій створений на базі апаратної обчислювальної платформи Arduino Uno. Вибір Arduino зумовлений тим, що це зручна відкрита платформа для реалізації власних проєктів. Arduino Uno використовує мікроконтролер ATmega328, та має 1024 байт енергонезалежної пам'яті (EEPROM) де зберігається програмний код для генерації OTP. Для захисту програми від зчитування при прошивці завантажувача Arduino Uno Lock біти встановлюються в '0', що унеможливує доступ до EEPROM. При спробі змінити Lock біти на '1', всі дані з EEPROM знищуються.

Сутність програми токenu полягає у шифруванні показань модуля з годинником реального часу та певного базового секрету за алгоритмом AES в режимі CBC (Ciphertext Block Chaining) з довжиною ключа 128 біт. Згенерований пароль являє собою послідовність з 16 цифр, які виводяться на LCD дисплей. Отриманий OTP користувач має ввести в додатку разом із своїм логіном, для доступу до захищеної інформації. Програмне забезпечення пристрою створюється на спрощеній мові C++ в середовищі розробки Arduino з можливістю підключення бібліотек для шифрування, виводу на дисплей та роботі з годинником реального часу.

Серверна частина являє собою API у вигляді набору бібліотек і виконує функції верифікатора OTP, що вводиться користувачем. Також на серверній частині мають зберігатися базові секрети та початкові налаштування внутрішніх годинників всіх токенів.

Розроблений генератор повністю автономний, тому даний пристрій можна використовувати в багатьох сферах. Також система може бути використана у навчальному процесі при вивченні відповідних дисциплін студентами спеціальності 125 «Кібербезпека».

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МУРАШИНОГО АЛГОРИТМУ НА СТВОРЕНІЙ ПРОГРАМНІЙ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТУ В КОМП'ЮТЕРНІЙ МЕРЕЖІ

Пахомова В. М., Опрытний А. О.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Pakhomova Victoria, Opriatny Artur. Investigation of the parameters of the ant algorithm on the created software model for determining the optimal route in a computer network.*

**Summary.** *The question of determining the optimal route in the computer network of railway transport on the basis of Python software model "Two-ACO" using the two-colonial ant algorithm according to the following criteria: total delay on routers (for the first colony of ants) and the number of hops that make up the route (for the second colony of ants). The software model was used to study the parameters of the ant algorithm.*

Основним питанням при функціонуванні комп'ютерних мереж є організація маршрутизації, що досягається на сучасному етапі використанням відомих протоколів RIP та OSPF, в основі яких використаний принцип пошуку найкоротшого шляху. Але такі протоколи маршрутизації не в змозі працювати в умовах різкої зміни інтенсивності потоків трафіку, а також зміни конфігурації мережі та при урахуванні декількох метрик. У зв'язку з чим виникає необхідність у використанні інших підходів щодо маршрутизації в комп'ютерних мережах, зокрема з використанням мультиагентних методів інтелектуальної оптимізації, що підтверджує актуальність теми.

Одним із найбільш розповсюдженим є мурашиний алгоритм, перша версія якого запропонована Марко Доріго. У подальшому використанні мурашиного алгоритму для отримання розв'язку різних задач займалися наступні вчені: Бульнхаймер Б., Гамбарделла К., Глушко С., Павленко А., Пахомова В., Хартл Р., Хоос Х., Штовба С., Штраусс К., Штютцле Т. та ін. Ідея мурашиного алгоритму – моделювання поведінки мурах, пов'язаного з їх здатністю швидко знаходити найкоротший шлях від мурашника до джерела їжі та адаптуватися до змінних умов, знаходячи новий найкоротший шлях. При своєму русі мураха мітить шлях феромоном, і ця інформація використовується іншими мурахами для вибору шляху. Поведінка мурах може мати різний математичний опис, тому існують наступні модифікації: Elitist Ant System, Ant-Q, Ant Colony System, Max-min Ant System, ASrank. Відмінними особливостями існуючих модифікацій алгоритму є введення елітних мурах, механізм виділення та випаровування. На сучасному етапі програмна реалізація мурашиного алгоритму здійснена різними науковцями в Delphi, C++, Java, Maple, MatLAB.

Для визначення оптимального маршруту в комп'ютерній мережі за мурашиним алгоритмом елітної стратегії створена на Python програмна модель «Two-ACO», входні параметри якої: кількість маршрутизаторів у комп'ютерній мережі; матриця суміжності комп'ютерної мережі та параметри мурашиного алгоритму (кількість ітерацій алгоритму; кількість звичайних та елітних мурах у колонії; початковий рівень феромону, коефіцієнт випаровування; параметр для регулювання величини відкладення феромону мурахами на ребрах графу комп'ютерної мережі).

На створеній програмній моделі «Two-ACO» для гіпотетичної комп'ютерної мережі (із 7 маршрутизаторів та 17 каналів), проведено дослідження часу визначення оптимального шляху в комп'ютерній мережі за кількістю звичайних та елітних мурах, значень коефіцієнту випаровування та відкладеного феромону. Визначено, що достатньо використання кількості мурах рівній кількості маршрутизаторів та мати в колонії 2 елітних мурахи,

при цьому вистачає 1000 ітерацій, коефіцієнт випаровування від 0,2 до 0,7, а відкладення феромону мурахами близько до одиниці.

Крім того, визначений оптимальний маршрут в комп'ютерній мережі інформаційно-телекомунікаційної системи залізничного транспорту (із 15 маршрутизаторів та 17 каналів) на основі моделі «Two-АСО» з використанням двох колоній мурах за наступними критеріями: загальною затримкою на маршрутизаторах (для першої колонії мурах) та кількістю хопів, що складають маршрут (для другої колонії мурах). Визначено, що достатньо мати 30 агентів (двох мурах на вершину), значення феромону, що відкладається агентами, близько до одиниці, при цьому коефіцієнт випаровування складає 0,4.

## ПРОГНОЗУВАННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОГО ТРАФІКУ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Пахомова В. М., Скабалланович Т. І., Бондарева В. С.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Pakhomova Victoria, Skaballanovich Tatyana, Bondareva Valentina. Prediction of telecommunication traffic intensity using neural network.*

**Summary.** *The issue of forecasting the intensity of network traffic based on the use of a multilayer neural network is considered. The real traffic of the information and telecommunication system of railway transport is used as input data. The Hearst index is calculated, the value of which allows us to consider the value of the intensity of telecommunications traffic as a persistent time series. The value of MAPE was approximately 2.43 %, which indicates the adequacy of the created neural network prediction model.*

Прогнозування параметрів мережевого трафіку, зокрема його інтенсивності дає можливість заздалегідь вживати необхідні заходи по попередженню перевантажень комп'ютерної мережі, що лежить в основі інформаційно-телекомунікаційної системи залізничного транспорту. Особливо в точках агрегації телекомунікаційного трафіка, де характерні різкі зміни інтенсивності, необхідно проводити управління трафіком в режимі реального часу, що підтверджує актуальність теми.

Для прогнозування параметрів мережевого трафіку використовуються різні методи та методики, що одержали широке розповсюдження в області аналізу часових рядів показників. У загалі, якщо задані  $n$  дискретних значень  $\{y(t_1), y(t_2), \dots, y(t_n)\}$  в послідовні моменти часу  $t_1, t_2, \dots, t_n$ , тоді задача прогнозування полягає в прогнозі значення  $y(t_{n+1})$  в майбутній момент часу  $t_{n+1}$ . Питанням прогнозування параметрів мережного трафіку на основі нейронних мереж займалися вчені України і країн ближнього зарубіжжя, серед яких: Будкова Л. В., Корнієнко В. І., Подорожняк А. А., Покровська М. А., Рукас К. М., Соляник Ю. В., Султанов А. Х., Теплицька С. Н. та ін. Цим питанням також займалися іноземні науковці: Abdenmour A., Antari J., Chabaa S., Cortez P., Oravec M., Rutka G., Zeroual A. та ін. Задача прогнозування може бути вирішена на основі наступних нейронних мереж: багатошарового перцептрону (Multi Layer Perceptron, MLP), радіально-базисної мережі (Radial Basis Function Network, RBF), узагальнено-регресійної мережі (General Regression Neural Network, GRNN), мережі Вольтера, мережі Елмана та нейронечіткої мережі (Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System, ANFIS).

У якості вхідних даних були використані значення інтенсивності реального мережевого трафіку в інформаційно-телекомунікаційній системі залізничного транспорту. Останні наукові дослідження показують, що телекомунікаційний трафік є самоподібним (фрактальним). Проведений розрахунок показника Херста (приблизно 0,97 при  $a = \pi/2$ ;  $N = 96$ ),

що дозволяє розглянути масив значень інтенсивності мережевого трафіку у якості персистентного часового ряду, який характеризується ефектом довгочасної пам'яті. Відомо, що класичний метод Херста має ряд недоліків, серед яких неможливість обчислення показника в реальному масштабі часу при значному зростанні обсягу обчислення. Для знаходження розв'язки прогнозування часового ряду використаний MLP – різновид нейронної мережі прямого розповсюдження, який за умови своїх особливостей найчастіше використовується при прогнозуванні часових рядів. Виконано прогнозування на крок вперед (із глибиною занурення – 3) на основі створеної за допомогою пакету Neural Network Toolbox в середовищі MatLAB нейронної мережі конфігурації 4-2-16-1, де 4 – кількість вхідних нейронів; 2 – кількість прихованих шарів; 16 – кількість прихованих нейронів; 1 – кількість результуючих нейронів. У якості функції активації нейронів першого прихованого шару взято гіперболічний тангенс, другого прихованого шару – сигмоїдальну функцію, результуючого шару – лінійну функцію.

На створеній нейронній мережі проведено дослідження значення середньоквадратичної похибки (Mean Squared Error, MSE) та кількості епох навчання від кількості прихованих нейронів за різними алгоритмами навчання: Levenberg-Marquardt; One Step Secant; Powell-Beale. Зі збільшенням числа нейронів у прихованому шарі збільшується час навчання мережі. Крім того, за алгоритмом One Step Secant потребується значна більша кількість епох, тому доречно використання таких алгоритмів як Levenberg-Marquardt та Powell-Beale, але при цьому алгоритм Levenberg-Marquardt надає значно менше значення MSE. Отже, на створеній нейронній мережі отримана оцінка прогнозу інтенсивності мережевого трафіку: значення MAPE (Mean Absolute Percentage Error) склало приблизно 2,43 % (при кількості часових інтервалів  $N = 20$ ), що свідчить про адекватність створеної нейромережної моделі прогнозування.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ БАГАТОШАРОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ КАТЕГОРІЙ МЕРЕЖЕВИХ АТАК

Пахомова В. М., Видиш А. Д.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Pakhomova Victoria, Vidysh Anastasiia. Investigation of the capabilities of a multilayer neural network to determine the category of network attacks.*

**Summary.** *The issues of detecting network attacks and recognizing their categories: DoS, R2L, U2R, Probe using a multilayer neural network are considered. An open NSL-KDD database with TCP connection parameters was selected to create samples for neural network training. The value of the standard deviation according to different algorithms of training was studied on the MatLAB system neural network configuration created with the help of the Neural Network Toolbox package.*

Комп'ютерна мережа об'єднує багато робочих станцій, що забезпечує безперебійну роботу, але треба пам'ятати про безпеку інформації: кібератаки – біч сучасного світу. У 2020 р. було відкрито 496 кримінальних проваджень пов'язаних з кіберзлочинами в Україні, спрямованими на критично важливі об'єкти інфраструктури. Тому протидія атакам у віртуальному світі є гострим питанням, що підтверджує актуальність теми.

Одна з найпопулярніших видів атак – мережева. На сучасному етапі для виявлення мережеских атак використовують нейронні мережі, перевага яких в тому, що вони здатні до самонавчання, можуть знаходити нові мережескі атаки. На сучасному етапі виявленням атак на комп'ютерну мережу займаються наступні вчені: Браницький А. А., Гришин А. В.,

Жуковицький І. В., Жульков Е. В., Крижановський А. В., Мустафаєв А. Г., Пахомова В. М., Тарасов Я. В. та ін., а також закордонні науковці: Bhavin S., Chaivat J., Grill M., Gunes K., Heywood M., Hotho A., Kruti C., Landes D., Naruemon W., Prasert K., Rehak M., Ring M., Scheuring D., Wunderlich S. та ін. Огляд наукових джерел показав, що виявлення мережевих атак можна здійснити на основі наступних нейронних мереж: багатошарового перцептрону (Multi Layer Perceptron, MLP); радіально-базисної мережі (Radial Basis Function Network, RBF); мережі Кохонена або самоорганізованої карти (Self Organizing Maps, SOM); нейронечіткої мережі (Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System, ANFIS). Оскільки існує велика кількість різновидів нейромереж, що мають різні можливості, то й результати їхньої роботи можуть відрізнятися.

Для створення вибірок з метою навчання нейронної мережі обрано відкриту базу даних NSL-KDD з параметрами TCP-з'єднання. У базі представлені наступні категорії атак: DoS (мережні атаки, спрямовані на виникнення ситуації, коли на атакованій системі відбувається відмова в обслуговуванні), R2L (характеризується отриманням доступу незареєстрованого користувача до комп'ютера з віддаленого комп'ютера та відповідні типи атак); U2R (передбачає отримання зареєстрованим користувачем привілеїв локального суперкористувача); Probe (полягає в скануванні мережевих портів з метою отримання конфіденційної інформації).

За допомогою пакета Neural Network Toolbox системи MatLAB створена нейронна мережа конфігурації 23-1-30-5, де 23 – кількість нейронів у вхідному шарі; 1 – кількість прихованих шарів; 30 – кількість нейронів у прихованому шарі; 5 – кількість нейронів у результуючому шарі (чотири з яких представляють категорію атаки, а п'ятий – факт її відсутності), у якості функції активації нейронів прихованого шару взято гіперболічний тангенс, результуючого шару – лінійну функцію. На підготовчому етапі підготовлені вибірки за допомогою пакета Excel, в проведених дослідках визначено: 75 % загальної вибірки (94480 прикладів) для навчання, 15 % (18896 прикладів) для тестування та 10 % (12597 прикладів) для контролю. На створеній нейронній мережі проведено дослідження значення середньоквадратичного відхилення (Mean Squared Error, MSE) за різними алгоритмами навчання: Levenberg-Marquardt; Bayesian Regularization; Scaled Conjugate Gradient при різній кількості прихованих нейронів. Зі збільшенням кількості нейронів у прихованому шарі збільшується час навчання мережі. За алгоритмом Scaled Conjugate Gradient потребується значна більша кількість епох, тому доречно використання Levenberg-Marquardt або Bayesian Regularization, але алгоритм Levenberg-Marquardt надає найменше значення похибки.

## ПЕРСПЕКТИВИ ЦИФРОВІЗАЦІЇ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ РУХОМ ПОЇЗДІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ

Мойсеєнко В. І. \*, Каменєв О. Ю. \*, Лапко А. О. \*, Щебликіна О. В. \*,  
Каменєва Н. В. \*\*

\*Український державний університет залізничного транспорту, \*\*Філія «Проектно-вишукувальний інститут залізничного транспорту» АТ «Укрзалізниця»

*Moiseenko Valentyn, Kameniev Oleksandr, Lapko Anton, Shcheblykina Olena, Kamenieva Nina. Prospects for digitalization of train control systems in railway transport in Ukraine.*

**Summary.** *The issues related to the complex automation of technological processes in the railway transport of Ukraine and the prospects for their development are considered. Attention is focused on the use of digital technologies in the development of train traffic control systems.*

Виходячи зі світових тенденцій, обумовлених Четвертою промисловою революцією (Industry-4.0), актуальним стає питання не тільки модернізації діючих систем керування рухом поїздів (СКРП) на мікроелектронній основі, але й запровадження вже мікропроцесорних систем новітнього покоління, що передбачають розширені інтелектуально-аналітичні можливості, базовані на сучасних методах та засобах цифровізації технологічних процесів.

Зокрема, згідно останніх тенденцій у предметній галузі, цифровізація інтелектуально-аналітичних можливостей у сфері використання СКРП передбачає достовірне прогнозування збоїв у роботі систем, електронний автоматизований облік робіт із технічного обслуговування (ТО) та ремонту, а також реалізацію формування рекомендацій із раціоналізації процесів маршрутизації транспортних потоків. Загалом концепція Industry-4.0 у сфері залізничного транспорту передбачає повноцінну реалізацію дванадцяти основних можливостей, поставлених за мету комплексної модернізації засобів транспорту. У аспекті розвитку методів та засобів СКРП такі можливості визначаються, перш за все, збільшенням обсягу автоматизації процесів перевезень, раціоналізацією оброблення великих обсягів даних, введенням інтелектуально-аналітичних систем (ІАС) допомоги учасникам руху, запровадженням інтелектуальних потягів, інтеграцією систем керування різними видами транспорту.

Світова тенденція цифровізації залізничних сполучень спрямована при цьому, в першу чергу, на підвищення безпеки та прискорення руху поїздів в умовах нерівномірної завантаженості транспортної мережі. При такому підході передбачається, що всі дані систем керування, рухомого складу, управління пасажиро- та вантажопотоками об'єднуються на єдиній інтелектуально-обчислювальній платформі, у результаті чого забезпечується оптимальний та прискорений обмін даних у єдиній мережі. Таким чином забезпечується єдиний інтегрований принцип управління всіма системами і складовими залізничного транспорту, у якому СКРП виступають інтегрованою ланкою єдиного інтелектуально-обчислювального керуючого комплексу. Джерелом цифровізації систем при цьому слугує функціональна сумісність підсистем різного призначення при збереженні критичного підходу до убезпечення єдиних баз даних (технологічної, сервісної та іншої інформації).

Цілісне управління даними при цьому (в умовах інтеграції транспортних систем і технологій) призводить до трансформаційних змін в інтелектуальному керуванні трафіком у реальному часі. Це підвищує ступінь задоволеності споживачів продукції залізничного транспорту (пасажирів, вантажо-відправників, підприємств оборонного комплексу тощо) завдяки наявності інформаційних станцій та персоніфікованих повідомлень, що отримують актуальну інформацію із централізованих баз даних. У таких умовах комплексна цифровізація залізничного транспорту визначається складовими процесу розвитку транспортних технологій.

Реалізація зазначених складових передбачає комплексне сенсорне обладнання всіх рівнів і компонент цифрових засобів СКРП на базі фізичних і віртуальних датчиків, реалізація яких здійснюється на основі технології «цифрового двійника». Поєднання зазначеної технології із технологією Інтернету речей (ІоТ) забезпечує можливості інтелектуально-інтеграційного поєднання усіх складових, пов'язаних із керуванням транспортно-технологічними процесами.

Сучасні цифрові інформаційно-керуючі системи, виходячи з результатів дослідження, повинні відповідати таким вимогам: автоматизація наскрізних комплексних інформаційних технологій, що повністю підтримують бізнес-процеси галузі; орієнтування на найбільш передові програмно-технічні засоби і сучасні мережі передачі даних; максимальне усунення «людського фактора» за рахунок автоматичного введення даних; застосування засобів аналітичної обробки інформації для підтримки прийняття рішень; побудова на базі оптимізаційних та імітаційних моделей. Такі вимоги цілком узгоджуються із світовими



тенденціями і очікуваннями. При цьому зазначено, що попередній підхід до реалізації мікропроцесорних засобів СКРП базований на застарілій технології реалізації технологічних функцій та взаємодії з персоналом, який був характерним для старих релейно-контактних систем. Передбачувана інтеграція та уніфікація СКРП різного призначення на першому етапі комплексної цифровізації передбачає об'єднання систем автоматичного блокування (АБ) та електричної централізації (ЕЦ) у єдиний комплекс.

Реалізація такого підходу обов'язково передбачає наявність незалежної інтелектуально-аналітичної бази даних, що охоплює всі наявні робочі станції. В більш загальному випадку така технологія охоплює всі інформаційно-керуючі вузли СКРП певного масштабу.

Розвиток систем залізничної автоматики із використанням мікропроцесорної цифрової бази, особливо, із застосуванням сучасних технологій Industry-4.0, вимагає контролю функціональних параметрів (верифікації) програмно-апаратних засобів СКРП на усіх етапах життєвого циклу. Тільки в умовах достатньої верифікованості забезпечується функціонування та забезпечуються необхідні показники призначення та експлуатаційної готовності системи.

Таким чином, невід'ємною складовою розвитку цифрових систем СКРП є зростання їх експлуатаційної готовності, що базується відповідному становленні та вдосконаленні методів, моделей та засобів технічного контролю їх архітектурних та функціональних параметрів. Відповідним чином, розвиток засобів і систем цифровізації СКРП невід'ємним чином базується на принциповому зміні підходів до їх проектування, ТО, ремонту і експлуатації.

## УПРАВЛІННЯ РЕЖИМАМИ РОБОТИ ЕЛЕКТРОТЯГОВИХ МЕРЕЖ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОГО ОПИСУ ЇХ СТАНУ

Васенко В. О.

Комунальне підприємство «Міське електропостачання»

*Vasenko Vladyslav. Control of operating modes of electric traction networks of urban electric transport on the basis of fuzzy description of their condition.*

**Summary.** *The approach to realization of energy saving technologies of traction power supply of city electric transport is offered, using fuzzy models and methods for the analysis and a choice of management.*

Застосування експертних систем в інтегрованих системах управління режимами роботи електротягових мереж міського електропостачання стримувалося відсутністю технічних засобів автоматизації з урахуванням численності і різноманітності джерел інформації і необхідності прийняття рішень в умовах неповної або суперечливої інформації. Нижче запропонований підхід до реалізації енергозберігаючих технологій тягового електропостачання міського електропостачання, що використовує нечіткі моделі і методи подання, аналізу і вибору управлінь. Це дозволяє використовувати різноманітні й обмежені дані для прийняття рішення про вибір раціональних режимів електротягових мереж з урахуванням режимів роботи енергосистем, що їх живлять.

На етапі формування моделі нечіткого управління враховується те, що на режими електротягових мереж впливають безліч невизначених факторів. Серед них такі, як режим роботи електротягових навантажень, рівні напруг тягових підстанцій, схеми живлення тягових мереж. Незважаючи на деяку закономірність споживання енергії у денний, нічний час і години пік, важко передбачувати режими, які пов'язані з перетоками потужності між енергосистемами. Це вимагає особливого підходу у виборі схем живлення тягової мережі.



Одержали розвиток дві форми правил продукції, призначені для оцінки мінімізації перетоків потужності і втрат енергії в тяговій мережі:

$$\text{IF}[\text{AND}(N_k = g_r)]\text{THEN}[y_j \in N_F; (\bar{Y}_j, \sigma_j^2)]; \text{IF} \bigwedge_{k \in q^*} [\text{OR}(x_{ij} \approx x_j^*)] \text{THEN}[(y_j \approx y^*)],$$

де AND і OR – знаки логічних операцій;  $g_r$  – номери груп  $G_k$  з класами  $N_k$ , до яких можуть бути віднесені параметри об'єктів;  $y_j$  – прогнозований параметр режиму системи тягового електропостачання для  $i$ -го об'єкту  $(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})$ ;  $N_F$  – виділені фінальні класи;  $(\bar{Y}_j, \sigma_j^2)$  – середні значення і дисперсії змінних-висновків; знак " $\approx$ " показує на "приблизну рівність";  $x_j^*$ ,  $y^*$  – отримані з підтаблиць значення елементів баз знань.

Пропонується наступна форма правил перетворення результатів умовної класифікації даних в базах даних експертних систем

$$\bigwedge_{s \in q^*} [\text{OR}(\text{OR}_{j_k \in K}(x_{ij_k}^s \approx w_{j_k}^s), B(x_{(i)} : j_i \notin K) \geq B_*^s)] \Rightarrow (y_{ij_G} \approx w_{j_G}^*)$$

де  $j_i \notin K$  – сукупність змінних, що визначають досліджуваний об'єкт  $x_{(i)} = \{x_{ij_k}, x_{ij}\}$ ;  $B_*^s$  – порогові значення для порівняння близькості об'єктів по змінним, що становлять групу  $G_s$ ; індекси ' $i$ ' показують характеристики ' $j_k$ ' ситуації ' $i$ ' при зіставленні із заданими значеннями  $w_{j_k}^*$ ; індекси ' $k$ ', ' $j_G$ ' показують номери заданих опорних змінних  $k, j_G \in K = \bigcup j_s$ , де номер  $j_G$  показує прогнозовану характеристику  $w_{j_G}^*$ .

При формуванні правил встановлені такі параметри:  $\Delta Q_i$  – відхилення добової кількості перевезених пасажирів на  $i$ -й міжпідстанційній зоні двоколіїної ділянки, для характеристики якої введені значення нечітких величин  $Q_p$ : «відставання (сильне, слабке, відсутнє)» і «випередження (відсутнє, слабке, сильне)»;  $\Delta S_i$  – відхилення добових активних втрат енергії для міжпідстанційної зони  $i$ , величина  $S_p$  із значеннями: «сильне, відсутнє, слабке»;  $\Delta W_i$  – різниця добових витрат енергії  $i$ -ої міжпідстанційної зони, для реального режиму роботи і еталонного режиму рівномірного завантаження електротягових мереж, величина  $W_p$ ;  $K_i$  – ділянка колії, величина  $K_p$ , де  $i = 0, 1..n$  – кількість міжпідстанційних зон заданої ділянки. Нечіткі правила мають вигляд:

$$\text{IF}(K_i \in K_p \text{ AND } \Delta W_i \in W_p \text{ AND } \Delta Q_i \in Q_p \text{ AND } \Delta S_i \in S_p) \text{ THEN } U_i \text{ AND } Cx_i,$$

де  $U_i$  – напруги тягових підстанцій, які забезпечують управління близьке до оптимального на  $i$ -й міжпідстанційній зоні ділянки;  $Cx_i$  – схема живлення зони.

При побудові моделі управління у вигляді нечітких правил кожна нечітка характеристика апроксимується  $N$  нечіткими величинами з трикутними функціями приналежності. Для нечіткої характеристики задані мінімальне і максимальне значення інтервалу, в яких знаходяться її допустимі значення. Апроксимуючі величини мають трикутний ступінь приналежності: вершина лежить в центрі, їй відповідає ступінь приналежності 1, а дві інші вершини по сторонах від неї із ступенями приналежності 0. Нечіткий висновок ґрунтується на правилі нечіткої імплікації Мамдані.

При формуванні бази правил кожне значення з вибірки еталонних режимів тяги електрорухомого складу зіставляється із значеннями нечіткої характеристики і замінюється таким, яке має максимальний ступінь приналежності серед всіх заданих в області. Якщо значення відхилень  $\Delta W_i = 2243$  кВт·г,  $\Delta Q_i = -5$  тис. пасажирів і  $\Delta S_i = 325$  кВт·г тоді одержимо таке правило

IF ( $\Delta W_i \in \langle \Delta W_n \rangle$  AND  $\Delta Q_i \in \langle -\Delta Q_2 \rangle$  AND  $\Delta S_i \in \langle +\Delta S_4 \rangle$ ) THEN  $U_i \geq 27,5$  AND  $Cx_{K_i}$ ,  
де  $\langle -\Delta Q_2 \rangle$  – слабке випередження по перевезеній добовій кількості пасажирів класу 2;  $\langle +\Delta S_4 \rangle$  – сильне відхилення добових активних втрат класу 4. Це значить, що треба перей-

ти на консольну схему живлення тягової мережі і підтримувати напругу на шинах підстанції такою, яка забезпечить допустиму норму 0,55 кВ для електрорухомого складу.

Використання бази нечітких правил полягає у визначенні відображення вхідних посилок  $f(K_i, \Delta W_i, \Delta Q_i, \Delta S_i) \Rightarrow \sim U_i$ , де  $\sim U_i$  – нечітка величина, для визначення кількісного значення якої необхідно виконувати операцію дефазифікації. У показаних результатах був використаний метод дефазифікації за правилом середнього центру.

Система, яка заснована на виведенні з бази нечітких правил, виробляє коригування управління режимами роботи системи тягового електропостачання на базі рекомендованого керування, яке потрібно задати енергодиспетчеру для енергозберігаючого режиму управління. Рекомендоване системою керування прагне збільшити рівень напруги на шинах тягової підстанції  $x$ , щоб знизити втрати енергії на міжпідстанційній зоні і забезпечити необхідний рівень на електрорухомому складі. Це пов'язано з тим, що за контрольний було взято режим ліквідації перетоків потужності шляхом переходу на консольну схему живлення тягової мережі і тому підвищення рівня напруги наближає систему до оптимального керування.

Проведені дослідження показали достатню точність визначення раціональних режимів управління системи електропостачання міського електротранспорту. Побудовану базу нечітких правил, яка замінює собою модель режимів електротягових мереж, можна використовувати як поради́ник енергодиспетчеру для вибору управління на черговому часовому проміжку з урахуванням умов невизначеності.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ РЕЙКОВИХ КІЛ З СИСТЕМОЮ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Сердюк Т. М., Сердюк К. М., Пушкар'ов Є. О., Бор'якін А. О.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Serdiuk Tetiana, Serdiuk Kseniia, Pushkarov Yevhen, Boriakin Andrii. Research of electromagnetic compatibility of track circuit with the power supply system.*

**Summary.** *The purpose of the work is to investigate of electromagnetic compatibility of track circuit with the power supply system. Scientific novelty of the obtained results is an elaboration of mathematic model of traction and rail networks. The technique of automated measurement parameters of code current and electromagnetic interferences was proposed. The diagnostics is carry out from car-laboratory "Automatics, telemechanics and communication".*

Для виконання автоматизованих вимірювань параметрів кодового струму і електромагнітних завад, які протікають в рейкових лініях, було розроблено апаратно-програмний комплекс для перетворення аналогового сигналу від приймальних котушок вагону-лабораторії або локомотиву, який є аналогічним за формою кодовому струму автоматичної локомотивної сигналізації, в цифровий з метою подальшої обробки та визначення його параметрів.

В процесі вирішення поставленої задачі була складена схема заміщення каналу автоматичної локомотивної сигналізації, яка включає чотириполюсники живильного кінця рейкового кола, рейкової лінії, опору поїзного шунта та приймальні котушки локомотива чи вагона-лабораторії, який дозволяє передавати інформацію від колійних пристроїв рейкових кіл до апаратно-програмного комплексу, встановленого в вагоні-лабораторії. Такий підхід до розгляду каналу АЛС дозволив отримати формулу електрорушійної сили, яка наводиться в приймальних котушках, під дією струму в рейках та збільшити точність при визначенні параметрів кодового струму.

Проведені експериментальні дослідження електромагнітних процесів в рейкових колах на дільницях з електротягою постійного струму показали присутність в спектрах зворотного тягового струму гармонійних складових з частотами 50, 300, 600, 1200, 1800 та 2400 Гц в паузах кодів автоматичної локомотивної сигналізації. Неканонічна гармоніка частотою 50 Гц, обумовлена неякісною роботою випрямлячів і фільтрацією на тяговій підстанції може задати заважаючий, а в паузі коду «З» - небезпечний вплив на роботу рейкових кіл.

Експериментальне дослідження спектрального складу завад тягового струму було виконано за допомогою розробленого апаратно-програмного комплексу, який передбачає вимірювання за значенням електрорушійної сили приймальних котушок автоматичної локомотивної сигналізації, встановлених на базі вагону-лабораторії чи локомотиву.

З метою наукового обґрунтування методу автоматизованого виміру електромагнітних завад розроблена математична модель рівномірно завантаженої тягової мережі, яка урахує провідності між лініями і дозволяє дослідити вплив завад тягового струму на рейкові кола та розповсюдження гармоніки зворотного тягового струму частотою 50 Гц з граничною по умовам безпеки амплітудою 1 А по довжині фідерної зони.

Запропоновано математичну модель системи тягового електропостачання, схема заміщення якої включає опори контактної мережі та рейкової лінії, а також провідності ізоляції між лініями та землею.

На відміну від інших в даній математичній моделі неоднорідність на дільниці визначається за допомогою виміру параметрів тягового та кодового струму спеціально розробленим апаратно-програмним комплексом встановленим у вагоні-лабораторії.

Визначені значення струму завади частотою 50 Гц для рейкових кіл, які знаходяться по краях фідерної зони і працюють в найгірших умовах з боку впливу електромагнітних завад. Струми уткання максимальні за величиною в середині ділянки «тягова підстанція – точка струморозподілу». Відносна погрішність між розрахованими даними та вимірами не перевищує  $\pm 10\%$ .

Результати моделювання тягової мережі, в якій рейкова мережа є неоднорідною, показали, що коли на дільниці знаходиться один електровоз, а її живлення однобічне, то струм в контактній мережі розподіляється подібно до однорідного, оскільки ні струм електровозу, ні падіння напруга на ньому, ні опори ізоляції не залежать від опору баласту.

Зі збільшенням частоти гармоніки при рівних амплітудах спостерігається збільшення струму в контактній мережі, оскільки опор електровоза і контактної мережі має індуктивний характер і є прямо порційним частоті струми. При високому опорі ізоляції контактної мережі (більше ніж  $10^5$  Ом·км) величина струму, який споживається від тягової підстанції, практично не залежить від місця розташування електровозу. Також розрахунки показали, що в найгірших умовах знаходяться рейкові кола, які розташовані по краях фідерної зони та біля електровозу.

Розроблено рекомендації по визначенню можливих джерел електромагнітних завад та урахуванню впливу заземлення опор контактної мережі на рейки на залізничних ділянках з великим та малим обсягом поїзної роботи на підставі результатів автоматизованих вимірів з вагону-лабораторії та проведених теоретичних досліджень з електромагнітної сумісності системи тягового електропостачання на базі розробленої математичної моделі.

## МОНІТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРИ, ВОЛОГОСТІ ТА ВІБРАЦІЙ ЕЛЕМЕНТІВ СИЛОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Горпинич О. В. \*, Стружко І. С. \*, Сердюк Т. М. \*\*

\* ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»,

\*\* Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Gorpinich Oleksandr, Struzhko Ivan, Serdiuk Tetiana. Temperature, humidity and vibration monitoring for components of power converters used in the electric transportation systems.*

**Summary.** *Issues related to reliability of the power converters' components used in the electric transportation systems are considered. Expressions to evaluate the mean value and standard deviation of the film dc-link capacitors are discussed. A special module, which monitors the temperature, humidity and vibration on-line is developed. Fuzzy expert system to analyze the measured data is proposed.*

Згідно з дослідженням причин відмов електронного обладнання, яке проводилося ВПС США у 80-ті роки в рамках програми комплексування бортового радіоелектронного обладнання, трьома основними чинниками, які прямим або непрямим чином впливають на виникнення відмов елементів силової електроніки, є температура, вологість та вібрація. При цьому частка відмов, обумовлених підвищеною температурою, склала 55 %, підвищеною вологістю – 19 %, а підвищеною вібрацією – 20 %. Інші 6 % відмов пов'язані із підвищеним забрудненням та запиленістю.

Огляд наукових робіт, присвячених питанням оцінки надійності елементів силових перетворювачів, показує, що у більшості досліджень не враховується негативний вплив підвищеної вологості повітря та вібрації на скорочення терміну служби конденсаторів, індуктивних елементів, друкованих плат, напівпровідникових ключів, діодів, контактних з'єднань тощо. Слід зазначити, що умови експлуатації із значними змінами вологості повітря та вібрації є характерними для систем електротранспорту через особливості руху з великою кількістю циклів прискорень та гальмувань. Наприклад, щоби уникнути передчасних відмов елементів силової електроніки, для електромобілів та гібридних автомобілів нормуються типові значення відносної вологості повітря та вібрації (максимальне значення відносної вологості повітря при температурі 38° складає 95 %, при температурі 27° – 91 %; для шасі припустиме значення перевантаження при вібрації складає від 2,2g до 4,4g, для двигуна – від 20g до 40g).

Обмежена кількість досліджень, присвячених питанням оцінки впливу підвищеної вологості повітря та вібрації на термін служби елементів силових перетворювачів, пояснюється відсутністю підтверджених на практиці емпіричних моделей надійності. Прикладом такої моделі надійності є зворотний степеневий закон для оцінки впливу підвищеної вологості повітря на скорочення терміну служби плівкових конденсаторів з показником ступеню, який змінюється в діапазоні від -1,8 до -2,3. Цей вираз був отриманий данськими фахівцями шляхом прискорених випробувань на надійність трьох груп з 10 плівкових конденсаторів ємністю 40 мкФ з номінальною напругою 1100 В. Випробування проводилися за однакової температури 85°, але за різної відносної вологості повітря: перша група тестувалась за відносної вологості повітря 85 %, друга – 70 %, третя – 55 %.

Використовуючи цю залежність, були отримані вирази для оцінки математичного сподівання та середньоквадратичного відхилення терміну служби плівкових конденсаторів за умови, що відносна вологість повітря як випадкова величина розподілена за законом Вейбулла. В реальних умовах експлуатації для моніторингу температури, вологості та вібрації елементів

силових перетворювачів систем електротранспорту можна рекомендувати розроблений авто-рами пристрій на базі друкованої плати Arduino Uno R3. Контроль вологості та температури здійснюється за допомогою цифрового датчика вологості та температури типу DHT11 і цифрового датчика температури типу ds18b20, моніторинг вібрації – за допомогою модулю GY-521 MPU-6050 з цифровим датчиком прискорення та трьохосовим гіроскопом. Для бездротової передачі даних передбачено використання Wi-Fi модулю типу ESP8266-01 та GSM модулю NEOWAY M590. Пристрій дозволяє зберігати зареєстровані дані на карту пам'яті. У середовищах програмування Arduino IDE та Processing створені спеціальні програми для організації незалежного контролю, збору та передачі даних про результати вимірювань і для подальшої обробки, аналізу та візуалізації.

В даний час розглядається можливість організації бездротової передачі зареєстрованих даних з запропонованого пристрою шляхом створення енергоефективної мережі далекого радіусу дії (low-power wide area network (LPWAN)) на базі, наприклад, протоколу LoRa (Long Range protocol). Аналіз результатів вимірювань планується реалізувати з використанням експертної системи на базі нечіткої логіки.

Використання запропонованого недорогого пристрою для моніторингу температури, вологості та вібрації елементів силових перетворювачів систем електротранспорту із застосуванням концепції «Інтернет речей» (Internet of Things або IoT), бездротової передачі зареєстрованих даних та їхнього зберігання за допомогою хмарних сервісів дозволить попередити передчасні відмови найбільш вразливих компонентів. Отримання за допомогою цього пристрою достатнього об'єму статистичних даних в реальних умовах експлуатації дасть змогу перевірити гіпотезу про ступінь негативного впливу зазначених вище чинників на надійність силових перетворювачів.

## ДІАГНОСТУВАННЯ ПОТУЖНИХ ТРИФАЗНИХ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

Сердюк Т. М. \*, Сердюк К. М. \*, Ботнаревская Р. В. \*\*

\* Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна,

\*\* Державне підприємство «Залізниця Молдови»

*Serdiuk Tetiana, Serdiuk Kseniia, Botnarevscaia Rodica. Diagnostics three-phase power asynchronous motors.*

**Summary.** *The purpose of the work is to improve the maintenance technique of power asynchronous motors with short-circuited rotor. Scientific novelty of the obtained results is improving the technique of automated diagnostics of power asynchronous electric motors without their extraction from operation with the help of spectral analysis of a stator current. The mathematical model of a three-phase asynchronous motor was improved, which was allowed to define all primary parameters of the asynchronous motor scheme by the limited passport data. The spectrum and amplitudes of harmonics are analyzed, which are characteristic for various types of faults of asynchronous motor. The application of the proposed monitoring system will be allowed to detect the failures at an early stage of appearance and in time, to minimize the costs of the damage elimination, as well as to modern maintenance and to change the planned preventive repair to the repair of the status of an object in further.*

На даний час двигуни змінного струму є найпоширенішими споживачами електричної енергії. Згідно статистичних даних, вони споживають понад 80 % усієї виробленої в країні електроенергії. Роль асинхронних двигунів в промисловості значно зросла з появою частотно-регульованих приводів. Вони є витривалими, відносно простими за конструкцією і в експлуатації дешевшими за двигуни постійного струму. У виробничому процесі різка по-

ламка двигуна може призвести до серйозних затримок і недовідпусканню продукції. Тому перспективним є визначення дефектів на ранніх стадіях (передбачення виходу двигуна з ладу), виключаючи виникнення його серйозних поломок. Приблизно 30...40 % всіх несправностей в двигунах з короткозамкненим ротором відносяться до дефектів статора, поломок елементів ротора – 10 %, вихід з ладу підшипників – 40 % та інші – 12 %

Мета роботи – покращити методику технічного обслуговування потужних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором.

Предмет дослідження – метод та засоби автоматизованого контролю та моніторингу потужних асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором без вилучення двигуна із експлуатації.

Моніторинг технічного стану електродвигунів реалізовано за допомогою спектрального аналізу на основі дискретизації робочого струму двигуна і алгоритму швидкого перетворення Фур'є, основних законів електротехніки (рівняння Кірхгофа, закон Ома).

Удосконалена математична модель стала науковим обґрунтуванням для розробки методики виміру гармонійних складових робочого струму статора й аналізу його справності. За рахунок порівняння розрахованих за результатами експериментальних досліджень первинних параметрів схеми заміщення асинхронного двигуна і струмів (напруг) статора і ротору з номінальними стало можливим встановити вид і причину несправності об'єкту, що досліджується.

Наукова новизна одержаних результатів: удосконалено методику автоматизованого діагностування потужних асинхронних електродвигунів без вилучення їх з експлуатації за допомогою спектрального аналізу робочого струму двигуна; удосконалено математичну модель трифазного асинхронного двигуна, яка дозволяє за обмеженими паспортними даними визначити всі первинні параметри схеми заміщення асинхронного двигуна, розрахувати напруги і струми в статорі і роторі, їх повздовжню і поперечну складові. Приклад розрахунків дано для основної гармоніки частотою 50 Гц в номінальному режимі роботи електродвигуна MEUL355L4 (під навантаженням). Адекватність математичної моделі була перевірена за допомогою критерію Фішера. Відносна похибка між виміряними і розрахованими даними не перевищувала 5 %.

Практичне значення отриманих результатів визначається наступним: отримано нове рішення задачі щодо підвищення ефективності процесів експлуатації за технічним станом асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором Миколаївського глиноземного заводу; запропонована методика і розроблена технологія дають можливість ви визначити технічний стан електродвигунів без їх вилучення з приводу й спрогнозувати вихід його з ладу; отримані результати можуть бути використані для вдосконалення технологій експлуатації електродвигунів глиноземного виробництва й перейти від планово-попереджувальної технології до обслуговування «за станом».

Встановлена залежність ефективності роботи електродвигуна MEUL355L4, який живиться від перетворювача частоти Altivar, при наявності різних низькочастотних складових в кривій живлячої напруги. Із зменшенням частоти ККД двигуна знижується близько на 10...15 %.

Збільшення частоти комутації збільшує ККД двигуна і знижує ККД інвертора (через збільшення втрат на переходах силових ключів). При живленні від перетворювача частоти енергоефективні електродвигуни зберігають свій ККД. Він навіть є вищим, в порівнянні з ККД стандартних двигунів.

## МЕТОД ДІАГНОСТУВАННЯ ДВИГУНІВ СТІЛОЧНИХ ПРИВОДІВ

Сердюк Т. М., Сердюк К. М., Шозда І. В., Перельотов А. В., Карлюкова А. Ю.  
Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Serdiuk Tetiana, Serdiuk Kseniia, Shozda Ihor, Perelotov Anton, Karliukova Alina. Method of diagnostics of railroad switch motors.*

**Summary.** *The purpose of the work is to elaborate of new method of diagnostics of railroad switch motors. It was proposed to indicate the defects in the motors of railroad switch by the spectrum of work current. Scientific novelty of the obtained results is an elaboration of mathematic model of scheme of dc and ac motors to give the base of diagnostic method.*

Аналіз характеру та кількості відмов в стрілочних переводах показав, що через механічні дефекти протягом року виходить із ладу кожна шоста станційна стрілка, а на гірці – практично кожна друга. У системах електричної централізації у середньому за рік виходить із ладу приблизно кожен восьмий стрілочний електропривод, на гірках – кожен третій.

Для підвищення безпеки руху та скорочення числа відмов пристроїв залізничної автоматики було розроблено й запропоновано спосіб й технічний засіб дистанційної безперервної діагностики стрілочних переводів, що дозволяє практично з високою вірогідністю виявляти наступні дефекти: люфт якірних підшипників і шарикопідшипників у підшипниковому вузлі, забруднення або відсутність змащення башмаків стрілки, обриви й коротке замикання секції якоря; розпаювання (обрив) і коротке замикання пластин колектора; люфт і кількість дефектних щіток електродвигуна; дефекти пускової апаратури; зниження рівня ізоляції й опору жил живильного кабелю.

Для технічної реалізації в схему електроживлення стрілочного приводу запропоновано включити датчик струму, з якого в безперервному режимі виділяють і аналізують криву струму, який споживається, і при наявності в спектрі гармонік в діапазоні від 20 до 10000 Гц за їх характеристиками роблять висновок про дефекти електродвигуна стрілочного переводу.

Так, люфт щітки фіксується при появі в спектрі гармоніки швидкісної частоти, а кількість дефектних щіток визначається числом цих гармонік. Ушкодження в обмотках – коротке замкнення (кз) якоря – супроводжуються появою в спектрі гармоніки кратній швидкісній частоті. Обриви в обмотці якоря викликають стрибкоподібна зміна амплітуд гармонік. Пошкодження в обмотці якоря фіксується за наявністю в спектрі гармоніки кратної швидкісній частоті, а кількість пошкоджень – за кількістю перевищень частот цих гармонік.

Отже, застосування запропонованої системи моніторингу дозволить своєчасно визначити несправності на ранній стадії їх виникнення, мінімізувати витрати на ліквідацію пошкоджень, а також у подальшому здійснити перехід від планово-попереджувального ремонту до ремонту за станом об'єкта.

Розробка математичної моделі двигунів постійного і змінного струмів типу МСП, МСТ є необхідною для наукового обґрунтування методу автоматизованого виміру параметрів стрілочного двигуна й визначення основних діагностичних параметрів, які визначають експлуатаційні характеристики і надійність.

Параметри двигуна постійного струму з послідовним збудженням, зокрема, активні опори та індуктивності обмоток, залежать від теплового режиму навантаження і технічного стану та можуть відхилятися від номінального значення на 30... 40 % і більше. Це сприяє погіршенню якості управління в статичних і динамічних режимах роботи двигуна.

У зв'язку з цим необхідно визначати точні значення параметрів двигуна МСП безпосередньо перед початком роботи і в процесі експлуатації двигуна, що стає можливим, при проведенні ідентифікації параметрів на основі аналізу процесів електромеханічного перетворення енергії. Для цього доцільно застосувати універсальну математичну модель на основі узагальненої електричної машини.

## ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ СВІТЛОФОРНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Панік Л. О.<sup>\*</sup>, Фокша Л. В.<sup>\*\*</sup>, Литвиненко К. В.<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка  
В. Лазаряна, <sup>\*\*</sup>Дніпропетровський державний університет внутрішніх справ

*Panik Leonid, Foksha Lilya, Lytvynenko Kostiantyn. Software complex for adaptive control of traffic light objects.*

**Summary.** *When solving the issue of adaptive control of traffic light objects, well-known methods were analyzed: adaptive cycle control, joint consideration of several intersections, study of stable modes of operation. But in the study of these techniques, questions arose that created the need to expand the known methods of real-time traffic analysis to fully solve the problem of adaptive control of a group of traffic lights, which led to the creation of a simulation model of traffic flows.*

При вирішенні завдань щодо адаптивного керування світлофорними об'єктами були проаналізовані відомі методики: адаптивне регулювання циклом, спільний розгляд кількох перехресть, дослідження стійких режимів роботи тощо. При дослідженні наведених методик виникли питання, які створили необхідність розширення відомих методів аналізу дорожньої ситуації у режимі реального часу для повноцінного вирішення завдання з адаптивного керування групою світлофорних об'єктів.

Для опису параметрів, властивостей і фізичних законів руху автомобілів було прийняте рішення використовувати багатоагентне моделювання, яке дало змогу створити імітаційну модель наближену до реальних умов будь-якої дорожньої ситуації. Таким чином, при заданому наборі вхідних параметрів, ми можливо можемо визначити оптимальний режим роботи світлофорного об'єкта, який узгоджений та реалізується у поєднанні з режимами групи сусідніх світлофорних об'єктів.

Під час роботи системи адаптивного керування фіксуються всі параметри автомобілів (швидкість, час проїзду, час простою тощо), світлофорів (кількість циклів, пропускна здатність, довжина черги), генераторів (кількість створених автомобілів, час очікування автомобіля на попередньому перехресті).

За допомогою імітаційної моделі автотранспортних потоків були проаналізовані та співставлені результати реальної ситуації та змодельованої дорожньої ситуації по чотирьох перехрестях у м. Харків (на прямолінійній ділянці обмеженою перетином вул. Вернадського – Червоношкільної набережної з однієї сторони та вул. Вернадського – вулиця Молочна з іншого боку).

Для адаптивного керування світлофорними об'єктами був створений програмний комплекс SmartStarRoad, який здійснює постійний моніторинг, у режимі реального часу, та адаптує світлофорні циклограми на сусідніх перехрестях з урахуванням інтенсивності транспортного потоку та даних на попередньому світлофорі.

Для забезпечення ефективного функціонування перехрестя необхідна адаптація набору фаз регулювання та визначення оптимального порядку їх зміни. Виходячи з цього, основними розрахунковими параметрами, що забезпечують ефективне функціонування групи світлофорних об'єктів, були обрані довжина циклу та довжина фаз регулювання. Дов-



жина фаз розраховується пропорційно значенням інтенсивності найбільш завантажених напрямів руху у фазах. Основним питанням, яке вирішується комплексом, є визначення оптимальної довжини циклу на кожному окремому перехресті у певний проміжок часу, з подальшою інтеграцією у єдину систему керуванням групою перехресть.

## **МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ПРОЦЕСІВ ШЛЯХОМ ДЕКОМПОЗИЦІЇ ТА ПОЕТАПНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСОВОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ**

Горбова О. В., Муркович М. С.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Gorbova Alexandra, Murkovich Mykola. Modeling of complex processes by decomposition and step-by-step modeling for the study of time efficiency.*

**Summary.** *The development and complication or the simplification of technologies and technological processes over time leads to the accumulation of various unnecessary procedures, actions, unnecessary work or, conversely, can be somewhat simplified, for this it is necessary to constantly monitor the entire system. To improve this process and provide greater clarity to complex processes and systems, it is necessary to explore different approaches and techniques for developing modeling by stepwise modeling.*

В сучасному світі існує безліч різноманітних сфер застосування моделювання, це може бути моделювання за допомогою математичного апарату, створення моделей шляхом збору статистичної інформації, проведення різноманітних випробовувань для подальшого імітаційного моделювання та багато яких інших.

Розвиток технологій, поява нових напрямків виробництва або зміна цілей підприємства може призвести до появи зайвих процедур, дій або навіть цілої низки функцій. Для вирішення цієї проблеми існують окремі спеціалісти, що займаються оптимізацією та зміною процесів на підприємствах, для цього їм необхідно постійно слідкувати за станом усієї системи або окремої її частини. Для покращення результату та надання більшої наочності та точності складним процесам, необхідно програмне дослідження структури процесу, адже комп'ютер може надати більш точні дані та у більшому спектрі ситуацій ніж можливо перевірити на виробництві або підприємстві.

Для складних процесів найчастіше є можливість провести процес декомпозиції, в ході якого складний процес буде розбито на підпроцеси, і з'явиться можливість працювати з різними рівнями абстракції, що дозволить провести поетапне моделювання процесу.

При поетапному моделюванні можливо виділити етапи математичного та імітаційного моделювання.

Представлення процесу у вигляді графу переходів дозволяє покращити оптимізацію складних процесів, шляхом візуалізації та поетапного моделювання складних процесів, а завдяки імітаційному моделюванню можливо побачити та перевірити цю модель у часі.

Перший етап характеризується створенням наборів фактів на основі вхідних даних, котрі повинні представляти з себе опис об'єкту дослідження, вхідний стан об'єкту, властивості процесу або набори таких даних.

Після занесення наборів фактів до системи відбуваються побудова дерева рішення досліджуваного об'єкту або процесу для подальшого дослідження.

Спроектвана система, котра побудована та працює за схожими алгоритмами з мовою логічного програмування Prolog, також має зручний графічний інтерфейс, та дозволяє працювати людям без спеціальної підготовки у напрямку програмування.

Наступний етап – етап імітаційного моделювання, пов'язаний з дослідженням часової характеристики реалізованого на попередньому етапі дерева рішення з урахуванням виникнення випадкових подій, що впливають на час. За допомогою статистичних та аналітичних інструментів обробки результатів чисельних експериментів дає можливість отримати не тільки окремі результати функціонування моделі складного процесу для одиничних вибірок вихідних умов, але і виявити якісні особливості поведінки модельованих систем і об'єктів, що володіють схожими характеристиками.

Імітаційне моделювання, як правило, включає в себе ітеративний процес запуску математичної моделі для отримання як найбільш достовірних результатів, так і максимальних результатів. Отримані дані підлягають подальшій обробці для виявлення функціональних залежностей і узагальнення результатів.

Таким чином, поставлена задача вирішується за допомогою декомпозиції, дослідження, формалізації складного процесу та імітаційного моделювання, а також дослідження отриманих результатів. Це може бути використано при розробленні та/або удосконаленні складних процесів, що можуть бути представлені у вигляді наборів фактів.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ НАВАНТАЖЕНОСТІ МЕРЕЖЕВИХ СИСТЕМ

Горбова О. В., Медведєва К. В.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Gorbova Alexandra, Medvedieva Karyna. Research of time series of loading of network systems.*

**Summary.** *The development of the network leads to an uncontrolled increase in the number of users, the amount of circulating information, traffic intensity, imbalance of individual sections of the network and the associated deterioration in the quality of network services. One of the most important characteristics of the network is its congestion. Network congestion is determined by the load on its sections and the network connection scheme. Predicting the intensity of traffic allows you to take the necessary measures in advance to prevent the consequences.*

Сучасні засоби комунікацій використовують переважно канали зв'язку з пакетною комутацією. Це дозволяє підвищити ефективність використання каналів, однак призводить до зниження надійності доставки інформації. При перевантаженні каналу з пакетною комутацією можлива ситуація, коли пакет на вході каналу не поміститься у вхідний буфер і буде відкинутий.

Перевантаження мережі в комп'ютерних мережах і теорії черг – це зниження якості обслуговування, яке виникає, коли мережевий вузол або лінія зв'язку переносить більше даних, ніж може обробляти.

При цьому погіршуються основні показники якості обслуговування. Ці погіршення можуть виражатися в збільшенні числа втрачених пакетів і часу затримок.

Управління перевантаженнями є актуальним завданням, оскільки кількість кінцевих користувачів глобальної мережі, а, отже, обсяги переданих даних, постійно збільшуються. Зростає також частка мультимедійного трафіку реального часу, вплив перевантажень на який особливо критично.

Завдання механізмів управління перевантаженнями полягає в тому, щоб підтримувати кількість даних, переданих по мережі, нижче рівня, при якому пропускна здатність мережі починає різко падати, обмежуючи потоки вхідного і вихідного трафіку.

Для ефективного використання пропускної здатності потрібно вибрати саме той протиперевантажувальний алгоритм, який забезпечить максимальне використання ресурсів. Тому виникає необхідність оцінювати ефективність роботи обраного алгоритму.

У мережі передачі даних і теорії організації черг, відбувається перевантаження мережі, коли зв'язок або вузол несуть так багато даних, що його якість обслуговування погіршується.

Типові ефекти включають затримку організації черг, втрату пакета або блокування нових зв'язків. Наслідок останніх двох ефектів – це те, що зростання пропонованого вантажу призводить або тільки до маленького збільшення мережевої пропускної здатності, або до фактичного її скорочення.

Мета поставленої задачі полягає у дослідженні методів прогнозування часових рядів та виявлення найбільш придатних з них для обробки даних, у розробці часових рядів для прогнозування перевантаження в мережевих системах.

Для досягнення мети виконується аналіз існуючих методів прогнозування часових рядів, методів авторегресії і ковзного середнього та оцінюється придатність методів прогнозування часових рядів навантаженості мережевих систем. Виконано статистичний аналіз завантаженості мережевих систем, а саме: побудовано та досліджено графіка мережевих запитів, їх динамічна модель, виконано прогнозування майбутніх пікових значень.

З практичної сторони, було проведено аналіз структур корпоративних інформаційно-обчислювальних мереж, типового складу трафіку, з метою виявлення основних аспектів оптимізації архітектури мережі. Також буде проведено модельні експерименти з метою досягнення збалансованості навантажень в мережі.

Таким чином, після проведення аналізу існуючих методів прогнозування часових рядів, методів авторегресії і ковзного середнього та оцінки придатність методів прогнозування часових рядів навантаженості мережевих систем, було отримано алгоритм дослідження, розроблено метод прогнозування перенавантажень в мережевих системах на основі проведеного аналізу часових рядів.

## ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ПОТОКІВ

Горбова О. В., Мерзлий О. Д.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

*Gorbova Alexandra, Merliy Oleksiy. Simulation modeling of automobile flows.*

**Summary.** *The solution of the problem is to create a method of simulation model of coordinated traffic flows and its implementation in the form of both a software module and the implementation of the model in the form of specialized software for calculating traffic control parameters.*

Україна має досить розвинуту мережу автодоріг загального користування протяжністю 172,4 тис. км, в тому числі 164,1 тис. км з твердим покриттям. За оцінками Міністерства інфраструктури, з числа міжнародних автотрас (близько 8200 км) в хорошому стані знаходиться 24 %, в задовільному – ще 65 %. Для доріг національного значення (4800 км) ці цифри складають 21 % і 68 % відповідно, а ось для регіональних (9800 км) – лише 10 % і 50 %. Очевидно, вітчизняні автомагістралі потребують серйозної модернізації.

Чим більше місто і його населення, з тим більшою кількістю проблем йому доводиться зустрічатися щодня. А бажання кожного жителя мати особистий транспорт створює одну величезну проблему – трафік, з яким не кожені дороги можуть впоратися.

Відсутність достатньої кількості паркувальних місць, збільшення часу, проведеного в дорозі, висока ймовірність ДТП, зниження безпеки для пішоходів і, звичайно ж, пробки, які збільшують витрату палива і рівень забруднення навколишнього середовища.

Основні проблеми функціонування транспортних систем у містах:

- зростання рівня автомобілізації населення;
- збільшення інтенсивності використання індивідуально транспорту;
- зниження ефективності міського пасажирського транспорту;
- збільшення потреби жителів міста в переміщеннях;
- диспропорція між рівнем автомобілізації і темпами дорожнього будівництва;
- містобудівні проблеми розвитку міської території.

Вирішення проблем заторів засобами імітаційного моделювання на основі реальної автотранспортної системи допомагає зрозуміти суть появи заторів, допомагає зібрати необхідну статистику, для подальшої оптимізації системи, та для обґрунтування щодо доцільності використання такої системи в реальному житті.

Імітаційна модель – це комп'ютерна програма, яка описує структуру і відтворює поведінку реальної системи в часі. Імітаційна модель дозволяє отримувати докладну статистику про різні аспекти функціонування системи залежно від вхідних даних.

Розглядаючи імітаційне моделювання як засіб вирішення проблем, можна виділити три основні підходи:

- системна динаміка;
- дискретно-подієвого моделювання (процесно-орієнтований);
- агентне моделювання.

Перші два підходи є «традиційними» методами імітаційного моделювання, що з'явилися в 50-60х роках. Агентне моделювання – відносно новий метод, що отримало широке практичне розповсюдження тільки після 2000 року. Системна динаміка і дискретно-подієве моделювання розглядають систему зверху вниз, працюючи на так званому системному рівні. Агентне моделювання – це підхід знизу-вгору.

Системна динаміка передбачає високий рівень абстракції і використовується в основному для завдань стратегічного рівня.

## PHISHING ATTACKS

Domanska H., Yehorov O., Kulyk V., Troshin E.

Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan

**Summary.** *Social engineering is the term used for a broad range of malicious activities accomplished through human interactions. It uses psychological manipulation to trick users into making security mistakes or giving away sensitive information.*

Phishing is a type of social engineering attack that poses a major security risk nowadays because of targeting on the most assailable member - human inattention.

Phishing (or fishing) is often used to steal user data, including login credentials and credit card numbers. It occurs when an attacker, masquerading as a trusted entity, dupes a victim into opening an email, instant message, or text message. The recipient is then tricked into clicking a malicious link, which can lead to the installation of malware, the freezing of the system as part of a ransomware attack or the revealing of sensitive information.

Phishing can be divided into several following types:

- Algorithm-Based Phishing (first concept of phishing attack that appeared in 1990s).
- Email Phishing (2000s).
- Domain Spoofing (2003).
- Phishing via HTTPS (recent, 2018).

Based on the phishing channel, the types of phishing attacks can be classified into the following categories:

- Vishing (refers to phishing done over phone calls).
- Smishing (SMS phishing or SMiShing is one of the easiest types of phishing attacks)
- Search Engine Phishing (refers to the creation of a fake webpage for targeting specific keywords and waiting for the searcher to land on the fake webpage).
- Spear Phishing (characterised by targeting attack on a particular user, but not millions of unknown users such as other types of phishing).
- Whaling (refers to spear phishing attacks directed specifically at senior executives and other high-profile targets. In these cases, the content will be crafted to target an upper manager and the person's role in the company).

The best way to protect an organization from phishing attacks is to educate users. Training should cover all employees. Often these attacks target high-level executives. Practical exercises with situation modeling are key elements for evaluating the actions of employees during training phishing attacks.

As a tool for educating next frameworks can be used:

- GoPhish (open-source Phishing Framework from Google company).
- Imperva (provides complete cyber security for corporations).
- Many toolkits for personal use: Infosec IQ, King Phisher, sptoolkit, Phishing Frenzy.
- LUCI, SpearPhisher BETA, etc.

Cybersecurity is only as strong as its weakest link. Since computers and other Internet-connected devices have become an essential part of our lives, they no longer seem new or different. People have become very casual in their use of these devices and rarely think about network security. The weakest link in cybersecurity can be the personnel within an organization, with social engineering as a major security threat. Because of this, one of the most effective security measures that an organization can take is to train its personnel and create a “security-aware culture”.

## ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Amangeldiyeva G. ....	323	Анофрієв П. Г. ....	309
Arpul S. ....	53	Антоненко В. А. ....	97
Bilostotska K. V. ....	71	Антонов А. В. ....	52
Blozva A. I. ....	137	Арбузов М. А. ....	155, 162, 166
Derii O. V. ....	71	Арсенюк М. С. ....	19
Domanska H. ....	399	Атанепесов Б. ....	323, 348
Dovhanyuk S. S. ....	41	Афанасов А. М. ....	54, 55
Dzherenova A. V. ....	243	Аширова Ш. А. ....	351
Efremenko B. V. ....	243	Бабенко В. А. ....	282
Efremenko V. G. ....	221, 226, 243	Байдак С. Ю. ....	156, 170
Fedun V. I. ....	243	Байрамов С. А. ....	366
Gavrilova V. G. ....	226	Бака Б. О. ....	67
Golik S. ....	53	Балійчук О. Ю. ....	56
Golinskyi M. A. ....	221	Барібін М. А. ....	14
Havryliuk V. I. ....	117	Барсов В. І. ....	57
Isaikin D. V. ....	137, 144	Баскевич О. С. ....	222
Ivin P. V. ....	333	Бевз І. А. ....	358
Kasatkin D. Y. ....	144, 350	Безовська Л. П. ....	47
Kosolapov A. A. ....	333	Безовська М. С. ....	197
Kulyk V. ....	399	Безрукавий Н. В. ....	315
Kussa R. A. ....	226	Бердыева А. Н. ....	351
Lupin I. A. ....	117	Бех П. В. ....	90, 91, 92, 353, 354, 355
Mailybayev Y. K. ....	137, 144	Белікова С. І. ....	194
Malyshevskyi A. A. ....	221	Бібік С. І. ....	269, 359
Nastavnyy V. O. ....	41	Бідноголовка В. Д. ....	52
Pertsevyi V. O. ....	71	Білик О. Г. ....	217
Petrovskyi S. S. ....	145	Білошицька І. Е. ....	206
Plitchenko S. O. ....	232	Білухін Д. С. ....	58
Reidemeister A. G. ....	41	Бобиль В. В. ....	259
Shalabayeva M. H. ....	350	Бобирь Д. В. ....	9
Shcheka V. I. ....	136	Богдан В. І. ....	246
Troshin E. ....	399	Богомаз В. М. ....	213, 214, 215
Tsykalo I. D. ....	371	Богомаз М. М. ....	214
Vakulenko I. O. ....	232	Боднар Б. Є. ....	4
Voitenko M. ....	53	Бойченко А. М. ....	196
Voropai V. ....	327	Болотов О. О. ....	304, 307
Yashchuk K. I. ....	145	Бондар О. І. ....	59
Yehorov O. ....	399	Бондарева В. С. ....	383
Zhevzyh O. V. ....	71	Бондаревський А. Г. ....	297
Zhukovyts'kyi I. V. ....	371	Бондаренко Н. К. ....	192
Zhuravlov A. U. ....	136, 145	Бондаренко Ю. Д. ....	107
Zubko A. V. ....	136	Боренко М. В. ....	213, 214, 215
Zurnadzgy A. I. ....	221	Борякін А. О. ....	389
Zurnadzhy V. I. ....	226, 243	Босий Д. О. ....	61
Айтов С. Ш. ....	279	Ботнаревская Р. В. ....	392
Алхімов О. О. ....	185	Бронштейн Я. І. ....	9
Андрєєв В. С. ....	162	Будній В. Н. ....	42
Аннаниязова Г. А. ....	339	Бурилов С. В. ....	81

Буряк С. Ю. ....	122	Демідюк О. О. ....	119
Бяшимова С. ....	356	Демченко Є. Б. ....	328, 332
Валиева С. ....	362	Децюра О.Я. ....	4
Васенко В. О. ....	387	Дженчако В. Г. ....	329, 331
Василенко Д. О. ....	76	Джимай В. О. ....	95
Васильєв В. Є. ....	63, 64, 68	Дзензерський В. О. ....	81, 209
Ватуля Г. Л. ....	321	Дзюба В. В. ....	372, 380
Вейс В. І. ....	224, 225	Довганюк С. С. ....	43
Вернигора Р. В. ....	93, 98, 325, 342	Донєв О. А. ....	45
Видиш А. Д. ....	384	Дорош А. С. ....	93, 328, 332
Вовченко М. Д. ....	244	Дорош В.А. ....	280
Войтків С.В. ....	31, 33, 35	Дрогобецька Д. В. ....	201
Волошановська Ю. О. ....	358	Дубінчик О. І. ....	182
Ворон М. М. ....	216	Дудка А. С. ....	97
Воронов Д. О. ....	273	Дьяков В. О. ....	70
Ворошилов О. С. ....	82	Дьяченко В. О. ....	93, 343
Габрінець В. О. ....	65	Ейтутіс Г.Д. ....	265, 267
Гаврилов М. О. ....	173	Євсєєва Г.П. ....	282
Гаврилюк В. І. ....	115, 119, 138, 139, 141	Єгоров Д. О. ....	304
Гавриш П. А. ....	217	Жалкін Д.С. ....	18, 21
Гарадурдыев М. Дж. ....	366	Жалкін С.Г. ....	13
Герасіка Н. С. ....	73	Железнов К. І. ....	320
Гернич М. В. ....	181	Жуковицький І. В. ....	369, 372
Гетьман Г. К. ....	67, 68	Журавель А. В. ....	96, 97, 200, 358
Главацький К. Ц. ....	175, 177, 179, 244	Журавель І. Л. ....	96, 97, 200, 358
Гладкий Д.В. ....	6	Журавльов А. Ю. ....	146
Глотка О. А. ....	219	Жучий Л. І. ....	377
Гнатенко В. П. ....	155	Заблудовський В. О. ....	237, 239
Гненний М.В. ....	246	Задоя В. О. ....	256
Гненний О. М. ....	259	Заєць К. О. ....	197
Голік С. М. ....	76	Заяць Ю.Л. ....	196
Головкова Л.С. ....	248	Зборщенко А. А. ....	104
Гололобова О. О. ....	122	Зеленько Д. М. ....	303
Гончар Р. О. ....	58	Зеленько Ю. В. ....	197, 204, 206, 303, 335
Гончаров К. В. ....	126	Земський Д. Р. ....	61
Горб О. О. ....	67	Золотаревська О. О. ....	98, 111, 325, 342
Горбенко Ю. О. ....	179	Зусін А. М. ....	223
Горбова О. В. ....	396, 397, 398	Іванов В. П. ....	227
Горобець Д. В. ....	318, 319	Іванов О. П. ....	377
Горпинич О. В. ....	391	Іванський В. М. ....	214
Гочмырадова М. ....	361	Іванченко Д. А. ....	14, 100
Грановська Н. Й. ....	307	Ісмагілов Є. В. ....	69
Громова О. В. ....	191	Казирод Г.Ю. ....	253
Груздєв О.В. ....	251	Кальченко Б. Г. ....	115
Губар О. В. ....	155, 162	Каменєв О. Ю. ....	385
Гулівець О. М. ....	222	Каменєва Н. В. ....	385
Гусак М. А. ....	170	Карабут Ю. О. ....	72
Дайліденко І. С. ....	125	Карашук В. О. ....	14
Данилов О. А. ....	69	Карзова О. О. ....	75
Деменков Б. Ю. ....	63	Карлюкова А. Ю. ....	394

Кедря М. М. ....	72	Линник Г. О. ....	148
Кемалова Д. ....	361	Лисенко М. А. ....	335
Кільдєєв В. Р. ....	182	Литвиненко К. И. ....	395
Кіріцева О.В. ....	100	Лобода Д. Г. ....	375
Клецька О. В. ....	14	Ловська А. О. ....	312, 321
Клименко А. В. ....	271	Лужицький О. Ф. ....	153
Ключник С. В. ....	181	Лутаєва Н.В. ....	290
Коваленко А. ....	203	Ляпіна А. Л. ....	106
Коваленко А. О. ....	126	Ляшенко В.І. ....	209
Коваленко В.І. ....	18	Мазуренко О. О. ....	102, 107, 108
Коваленко Л.М. ....	284	Максименкова Ю. А. ....	376
Ковальський Д. Л. ....	169	Малий В. В. ....	314
Ковальчук В. В. ....	183	Малишева І. Ю. ....	315
Ковтун О. М. ....	314	Маловічко В. В. ....	120, 121
Ковтун П. В. ....	159	Маловічко Н. В. ....	120, 121
Комаров С. В. ....	82	Маренич О. Л. ....	75
Кондратюк С. Є. ....	224, 225	Маркова О. М. ....	314
Корпач С. В. ....	73	Маркуль Р. В. ....	160
Косолапов А. А. ....	369	Мартишевський М.І. ....	7, 8
Костиря М. В. ....	73	Марченко Г. П. ....	152
Костриця С. А. ....	304, 307	Марьук Н. І. ....	58
Кравець І. Б. ....	184	Маслак Г. В. ....	344
Кравченко В. О. ....	204	Мася С. В. ....	59
Крамар І. Є. ....	213, 230	Матусевич О. О. ....	261
Красильников В.М. ....	6	Мацегора Д.О. ....	11
Краснов Р. В. ....	56	Мацюк М. В. ....	55
Крашенінін О.С. ....	11	Медведева К. В. ....	397
Кривчик Г.Г. ....	286	Мельник О. О. ....	84
Кудряшов А. В. ....	102, 108	Мерзлий О. Д. ....	398
Кузьменко А. І. ....	269	Миронович А.В. ....	267
Кузьмінський В. П. ....	187	Михайленко Ю. В. ....	76
Кулиев Н. ....	362	Михайлова Л. В. ....	291
Купрій В. П. ....	194	Михайлова Т. Ф. ....	376
Курган А. М. ....	148	Михалків С. В. ....	16
Курган Д. М. ....	153, 169	Мірошніченко Г.А. ....	57
Курган М. Б. ....	153, 156, 170	Мірошніченко О.В. ....	293
Куроп'ятник О. С. ....	309	Міт'яєв Д. М. ....	70
Кушпіль Б-Я. І. ....	21	Мовчан С.М. ....	6
Лаврова О. В. ....	227	Мойсєєнко В. І. ....	385
Лагдан С. П. ....	288	Мойсєєнко К. В. ....	150
Лагута В. В. ....	124, 125	Мокрій Т. Ф. ....	315
Лазарєв В. О. ....	128	Музикін М. І. ....	201, 269, 271, 359
Лазарєв О. В. ....	129	Мурадов М. ....	337
Лазарєва Н. М. ....	128	Мурадов М. М. ....	366
Лапіна Л. Г. ....	311	Мурадян Л. А. ....	38, 39
Лапко А. О. ....	385	Мурашов О. В. ....	373
Ларіонова І. А. ....	192	Муркович М. С. ....	396
Лашков О. В. ....	353, 354, 355	Муха А. М. ....	79
Легка О. В. ....	54	Мямлін В. В. ....	27, 29, 274
Леснікова І. Ю. ....	104	Наволочка В.О. ....	254



Назаров О. А.....	95, 106, 109	Ракша С. В. ....	309
Накашидзе І.С. ....	294	Рейдемейстер О. Г. ....	150
Нафікова Ф. М.....	182	Реп'ях С. І. ....	233
Недужа Л. О. ....	303	Рибалка Р. В.....	120, 121
Некур А. О.....	125	Рожков М. М. ....	64
Непесова Х. Х. ....	339	Розгон О. В. ....	204
Нестеренко Г. І.....	271, 273, 359	Руденко Д. В.....	191
Нетребко В. В.....	229	Рыжов С. В. ....	43
Нечай І. В.....	376	Shabak Yu. G.....	221, 243
Новік Р. Б.....	153	Савицький В. В. ....	160
Новікова К. Б.....	197	Сазонець О.М.....	276
Овчинников П. А. ....	185, 187	Саїд Ахмад Мохаммад Діаб.....	80
Овчинникова І. О. ....	187	Сердюк В. Н. ....	9
Огороков А. М. ....	111, 112, 325, 342, 343	Сердюк К. М.....	389, 392, 394
Олешко С. Б.....	25	Сердюк Т. М.....	134, 389, 391, 392, 394
Ольшанецький В. Ю.....	219	Сироватко Ю. В. ....	235
Опрятний А. О. ....	382	Сіксяєв В. О.....	69
Ориник Д. Р. ....	50	Скабалланович Т. І. ....	383
Орішечко О.....	211	Скалозуб В. В. ....	373
Остапенко І. С. ....	189, 230	Скосар В. Ю. ....	81, 82
Остапець Д. О.....	380	Смок Г. О. ....	162
Очеретнюк М.В.....	23	Соболевська М. Б.....	318, 319
Очкасов О.Б.....	4, 23	Солоненко Л. І.....	233
Павленко О. І.....	112, 113	Солтис І. Ф. ....	152
Павленко Р. А.....	138	Сорока М. Л.....	198, 208
Павлов Ю. В. ....	198	Сохацький А.В. ....	19
Панік Л. О.....	395	Стогул А. Б. ....	208
Панін Д. Д.....	254	Стрелко О. Г. ....	273
Панченко В. В. ....	77	Стружко І. С. ....	391
Парунакян В. Е.....	344	Сулим А. О. ....	84, 130
Пархомчук Ж. В.....	224, 225	Тарасова Л. Д. ....	204
Пасічник С. С. ....	315	Терещак Ю. В.....	37
Пастушенко В. А.....	295	Тиличко О.В. ....	297
Патласов О. М.....	159, 168	Титаренко В. В.....	237, 239
Пахомова В. М. ....	382, 383, 384	Тітов В. В.....	97
Перельотов А. В.....	394	Токарев С. О.....	164, 166
Пивоварова Г. Б. ....	259	Топоркова О. А. ....	263
Писаренко Г.М.....	265	Трохініна К. В. ....	200
Пікуз В. С. ....	217	Трубай Ю.С.....	248
Піценко І. В. ....	39	Тют'їн О. Л.....	192, 194
Плаксін С. В. ....	79	Узлов К. І. ....	233
Подосьонов Д. О. ....	38	Умеренко В. Л. ....	284, 299
Полішко Т.В. ....	247	Урсуляк Л. В.....	304, 320
Поляков В. О. ....	316	Устенко А. Б.....	369, 372
Пономаренко Л. В.....	45	Устименко Д. В.....	86
Профатилов В. І. ....	132	Фалендиш А. П. ....	100
Прудкогляд Ю. О.....	56	Федоренко Є. М. ....	168
Пуларія А. Л. ....	45, 47	Федоренко Н. В.....	253
Пушкар'єв Є. О. ....	389	Федоров Є. Ф.....	304, 307
Радзіховський К. С. ....	139	Федоряка А. В. ....	297

Філоненко Н. Ю.....	241	Чернова Н. С.....	257
Фокша Л. В.....	395	Чумаченко В. Р.....	380
Фомін О. В.....	312, 321	Шаповалов В. О. ....	379
Фон Прусс М. А. ....	216	Шаповалов О. С. ....	88
Хайдарова Г.Дж. ....	351	Шапошник В. Ю. ....	38, 42, 43
Халіпова Н. В. ....	104	Шапошник К. М.....	42
Хара М. В.....	346	Шаптала О. І.....	230, 295
Харін Р. О. ....	77	Шемет А. Я.....	55
Хмарський Ю. І.....	369	Шикунів О. А. ....	42, 43
Хмелевська Н. П. ....	156, 170, 173	Шинкаренко В. І. ....	377
Хміль В. В.....	301	Шкіль Ю. В.....	79
Ходаківський А. М. ....	16	Шнайдерман О. Ю.....	335
Хозя П. О. ....	84	Шозда І. В.....	394
Хорбенко Р. О. ....	70	Штапенко Е. П. ....	235
Хорсєв П. В. ....	244	Шульга Д. А. ....	173
Худайгульєв Н.....	362	Щебликіна О. В.....	385
Цейтлін С. Ю.....	142	Щека В. І.....	146
Цоцко І. В. ....	269	Щека І. М.....	213, 214, 215
Чабан О. В. ....	54	Юферов О. А. ....	141
Чаркіна Т.Ю. ....	253, 254	Юшко О. О. ....	84
Чарьєв А.....	323	Ямпольська Л. Є. ....	208
Чатырєв А.....	348	Ярбазова Г. М.....	365
Черкудінов В. Е.....	177	Яришкіна Л.О.....	203, 211
Чернов Д. М.....	257	Ящук К. І.....	146

## ЗМІСТ

### СЕКЦІЯ 1 «ЕКСПЛУАТАЦІЯ І РЕМОНТ ЛОКОМОТИВІВ»

#### ФОРМУВАННЯ ЛАТЕНТНИХ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВУЗЛІВ ЛОКОМОТИВІВ

Боднар Б.Є., Очкасов О.Б., Децюра О.Я. ....4

#### УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАВОДСЬКИХ ВИПРОБУВАНЬ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ТЕПЛОВОЗІВ

Красильников В.М., Мовчан С.М., Гладкий Д.В. ....6

#### ВИБІР РЕЖИМУ РОБОТИ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ ТЕПЛОВОЗА

Мартишевський М.І. ....7

#### ОБ'ЄКТИВНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ РОБОТИ ТРС ЗАЛІЗНИЦЬ

Мартишевський М.І. ....8

#### СИСТЕМА БЕЗПЕКИ ДВЕРЕЙ ПАСАЖИРСЬКОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Бобирь Д. В., Сердюк В. Н., Бронштейн Я. І. ....9

#### УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ СЕРВІСУ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКУ

Мацегора Д.О., Крашенінін О.С. ....11

#### ГІБРИДНА СИЛОВА УСТАНОВКА ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДА ЗІ ГІДРОПЕРЕДАЧОЮ ПОТУЖНОСТІ

Жалкін С.Г. ....13

#### СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД НОРМУВАННЯ ВИТРАТИ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ НА ТЯГУ ДЛЯ ЛОКОМОТИВІВ ТА МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Барибін М.А., Каращук В.О., Клецька О.В., Іванченко Д.А. ....14

#### ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЧАСОВОЇ ФОРМИ ВІБРАЦІЇ ТЯГОВИХ РЕДУКТОРІВ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ

Михалків С. В., Ходаківський А. М. ....16

#### ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ЛОКОМОТИВІВ НА ОСНОВІ ОДНОФАКТОРНОЇ РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ

Коваленко В.І., Жалкін Д.С. ....18

#### ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИСОКОШВИДКІСНОГО НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Сохацький А.В., Арсенюк М.С. ....19

#### УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИПРОБУВАНЬ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ ДИЗЕЛІВ ТЕПЛОВОЗІВ ПІСЛЯ РЕМОНТУ

Жалкін Д.С., Кушпіль Б-Я. І. ....21

#### АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО РОЗРОБКИ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПАРКАМИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Очкасов О.Б., Очеретнюк М.В. ....23

#### КАЛІБРУВАННЯ ТЕНЗОМЕТРИЧНИХ АВТОЗЧЕПЛЕНЬ

Олешко С. Б. ....25

## СЕКЦІЯ 2 «НОВІТНІ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ Й ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВАГОНІВ»

### РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНО-РОЗРАХУНКОВОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ АНАЛІЗУ МОРФОЛОГІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОТОКІВ РЕМОНТУ ВАГОНІВ

Мямлін В. В. ....27

### БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ З ДІАГНОСТИКОЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ГНУЧКОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Мямлін В. В. ....29

### НАПРЯМКИ СТВОРЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ СПАЛЬНИХ КУПЕЙНИХ ВАГОНІВ ВИСОКОЇ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТІ

Войтків С. В. ....31

### КОМПОНУВАЛЬНІ СХЕМИ ПЕРСПЕКТИВНИХ СПАЛЬНИХ КУПЕЙНИХ ВАГОНІВ ВИСОКОЇ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТІ СІМЕЙНОГО ТИПУ

Войтків С. В. ....33

### КОМПОНУВАЛЬНІ СХЕМИ ПЕРСПЕКТИВНИХ СПАЛЬНИХ ПЛАЦКАРТНИХ ВАГОНІВ ПІДВИЩЕНОЇ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТІ

Войтків С. В. ....35

### УДОСКОНАЛЕННЯ СХЕМ ОСВІТЛЕННЯ КУПЕ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

Терещак Ю. В. ....37

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ СПОЛУЧЕНИХ ПОВЕРХОНЬ П'ЯТНИКОВОГО ВУЗЛА ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю., Подосьонов Д. О. ....38

### ОСОБЛИВОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Мурадян Л. А., Піценко І. В. ....39

### DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF THE SPRING SUSPENSION OF WAGONS BY PARTICLE SWARM OPTIMIZATION

Reidemeister A. G., Dovhanyuk S. S. ....41

### DETERMINATION OF THE PRESENCE AND SIZE OF WHEEL SURFACE DEFECTS BY THE FORCES OF INTERACTION OF WAGONS WITH THE UPPER STRUCTURE OF THE TRACK

Reidemeister A. G., Nastavnyy V. O. ....41

### ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ УДАРНО-ТЯГОВИХ ПРИЛАДІВ

Шикунов О. А., Шапошник В. Ю., Шапошник К. М., Будній В. Н. ....42

### ЗУСИЛЛЯ НА ОРГАНАХ КЕРУВАННЯ ГАЛЬМІВНИМИ СИСТЕМАМИ ТРАМВАЙНОГО ВАГОНА ФІРМИ PESA МОДЕЛІ МОДЕЛЬ 71-414К

Шапошник В. Ю., Шикунов О. А., Довганюк С. С., Рижов С. В. ....43

### ПРОБЛЕМИ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ТА ПОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ СЛУЖБИ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

Пуларія А. Л., Донєв О. А., Пономаренко Л. В. ....45

### УДОСКОНАЛЕННЯ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЛИТИХ ДЕТАЛЕЙ

Пуларія А. Л., Безовська Л. П. ....47

## НОВІ МЕТОДИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ НА ІСНУЮЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Ориник Д. Р. ....50

## СЕКЦІЯ 3 «ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»

### ПРОБЛЕМАТИКА ТА МОЖЛИВІ ШЛЯХИ СТАБІЛІЗАЦІЇ РОБОТИ ЕНЕРГОСИСТЕМИ НА МІСЦЕВИХ РІВНЯХ

Антонов А. В., Бідноголовка В. Д. ....52

### CHOICE OF THE CONCEPT OF ELECTRIC ROLLING STOCK FOR HIGH- SPEED TRAFFIC ON THE RAILWAYS OF UKRAINE

Arpul S., Golik S., Voitenko M. ....53

### ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КОЛЕКТОРНОГО ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА НЕЗАЛЕЖНОГО ЗБУДЖЕННЯ

Афанасов А. М., Легка О. В., Чабан О. В. ....54

### ПЛАВНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПОСЛАБЛЕННЯ ПОЛЯ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ

Афанасов А. М., Шемет А. Я., Мацюк М. В. ....55

### АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОМИСЛОВИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

Балійчук О. Ю., Краснов Р. В., Прудкогляд Ю. О. ....56

### РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИ УПРАВЛІННІ ПОВОРОТОМ ВАЛУ ЕЛЕКТРОДВИГУНА НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Барсов В. І., Мірошніченко Г. А. ....57

### УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ РЕМОНТУ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ

Білухін Д. С., Марьук Н. І., Гончар Р. О. ....58

### ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВАРІАНТІВ ПРИЄДНАННЯ ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ДО СИСТЕМИ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ЗА СИСТЕМОЮ ЗМІННОГО СТРУМУ

Бондар О. І., Мася С. В. ....59

### МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ СИСТЕМ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ВЕЛИКИХ ДАНИХ

Босий Д. О., Земський Д. Р. ....61

### МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРИЛАДІВ ОСВІТЛЕННЯ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОДІОДІВ

Васильєв В. Є., Деменков Б. Ю. ....63

### ДІАГНОСТИКА ТЕПЛОВОГО СТАНУ АСИНХРОННИХ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ

Васильєв В. Є., Рожков М. М. ....64

### МОЖЛИВОСТІ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ГОЛОВНИХ КОРПУСІВ ДНУЗТА

Габрінець В. О. ....65

### ПРО ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ТЯГУ ПОЇЗДІВ

Гетьман Г. К., Бака Б. О., Горб О. О. ....67

КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РОЗРАХУНКАХ ТЯГОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ З АСИНХРОННИМ ТЯГОВИМ ПРИВОДОМ	
Гетьман Г. К., Васильєв В. Є. ....	68
ЗМЕНШЕННЯ ЧАСУ ВІДКЛЮЧЕННЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ШВИДКОДІЮЧИХ ВИМИКАЧІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ	
Данилов О. А., Сіксяєв В. О., Ісмагілов Є. В. ....	69
ПРОТИКОРОЗІЙНИЙ ЗАХИСТ МІСЦЕВИХ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД В РАЙОНІ ЕЛЕКТОРОФІКОВАНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ	
Дьяков В. О., Мітяєв Д. М., Хорбенко Р. О. ....	70
GASDYNAMICS OF THE SONIC JET FOR THE CONTINUOUS CASTING COOLING PROCESS	
Zhevzyk O. V., Pertsevyi V. O., Bilostotska K. V., Derii O. V. ....	71
ОЦІНКА ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ	
Кедря М. М., Карабут Ю. О. ....	72
СПОСІБ МОДЕРНІЗАЦІЇ АКУМУЛЯТОРНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	
Костира М. В., Корпач С. В., Герасіка Н. С. ....	73
ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ МАНЕВРОВИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ЛЕБІДОК	
Маренич О. Л., Карзова О. О. ....	75
СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ ДНІПРОВСЬКОГО МЕТРОПОЛІТЕНУ	
Михайленко Ю. В., Голік С. М., Василенко Д. О. ....	76
ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТ ЕНЕРГІЇ В СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА ТЯГОВІЙ ПІДСТАНЦІЇ	
Панченко В. В., Харін Р. О. ....	77
КОМБІНОВАНА СИСТЕМА РОЗГОНУ ДЛЯ ТЯГОВОГО ПРИВОДУ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ТРАНСПОРТУ	
Плаксін С. В., Шкіль Ю. В., Муха А. М. ....	79
ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ПОСТІЙНОЇ ЧАСУ ДОСЛІДНИХ ЗРАЗКІВ ПРИ СТЕНДОВИХ ВИПРОБУВАННЯХ СИЛЬНОСТРУМОВОГО КОНТАКТУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ	
Саїд Ахмад Мохаммад Діаб. ....	80
ЛІТІЙ-ПОЛІМЕРНИЙ АКУМУЛЯТОР ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ	
Скосар В. Ю., Бурилов С. В., Дзензерський В. О. ....	81
ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА НА ОСНОВІ МАГНІТНОЇ ЛЕВІТАЦІЇ, ЯКА ПРИЗНАЧЕНА ДЛЯ ЗАПУСКУ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ	
Скосар В. Ю., Ворошилов О. С., Комаров С. В. ....	82
АНАЛІЗ РІВНЯ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ НА ПОКАЗНИК ПИТОМИХ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ТЯГУ	
Сулим А. О., Хозя П. О., Мельник О. О., Юшко О. О. ....	84

**ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОБОТИ СИЛОВОГО КОВЗНОГО  
ЕЛЕКТРИЧНОГО КОНТАКТУ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЙОГО  
ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ**

Устименко Д. В. ....86

**ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН РУХОМОГО  
СКЛАДУ**

Шаповалов О. С. ....88

**СЕКЦІЯ 4 «ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ  
ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ»**

**ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ДОСТАВКИ  
ВАНТАЖІВ**

Бех П. В. ....90

**РОЗВИТОК ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖ НА ПРИКЛАДІ ISZTR**

Бех П. В. ....91

**УПРАВЛІННЯ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИМИ ЗАСОБАМИ НА  
КОНТЕЙНЕРНИХ ТЕРМІНАЛАХ**

Бех П. В. ....92

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНТРЕЙЛЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ  
В УКРАЇНІ**

Вернигора Р. В., Дорош А. С., Дьяченко В. О. ....93

**ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РИНКУ ТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ  
В УКРАЇНІ**

Джимай В. О., Назаров О. А. ....95

**ЗАСТОСУВАННЯ SWOT-АНАЛІЗУ З МЕТОЮ ВДОСКОНАЛЕННЯ  
РОБОТИ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЦЬ**

Журавель А. В., Журавель І. Л. ....96

**ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ КОНТЕЙНЕРИЗАЦІЇ НА СТАНЦІЯХ ДИРЕКЦІЇ  
ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ Д**

Журавель І. Л., Журавель А. В., Дудка А. С., Тітов В. В., Антоненко В. А. ....97

**ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ПРИПОРТОВОЇ ЗАЛІЗНИЧНОЇ  
ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ**

Золотаревська О. О., Вернигора Р. В. ....98

**ЛОГІСТИЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИБОРУ ВИДУ ТРАНСПОРТУ  
З ПЕРЕВЕЗЕНЬ МЕТАЛОПРОКАТУ**

Кіріцева О. В., Фалендиш А. П., Іванченко Д. А. ....100

**ІНТЕРЕСИ І РИЗИКИ СТЕЙКХОЛДЕРІВ У РОЗВИТКУ  
ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ РЕГІОНУ**

Кудряшов А. В., Мазуренко О. О. ....102

**ПЛАНУВАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ТРАНСПОРТНОЇ  
МЕРЕЖІ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ  
МАТРИЦІ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ**

Леснікова І. Ю., Халіпова Н. В., Зборщенко А. А. ....104

**АНАЛІЗ СТАНУ РУХОМОГО СКЛАДУ НА УКРЗАЛІЗНИЦІ**

Ляпіна А. Л., Назаров О. А. ....106

ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ГРУПОВИХ ПОЇЗДІВ ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ Мазуренко О. О., Бондаренко Ю. Д. ....	107
ПІДВИЩЕННЯ УЧАСТІ УКРАЇНИ У МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ Мазуренко О. О., Кудряшов А. В. ....	108
ЗАКОРДОННИЙ ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У БОРОТБІ З ПАНДЕМІЄЮ Назаров О. А. ....	109
РОЗВИТОК КОНТЕЙНЕРНИХ ТЕРМІНАЛІВ НА ЗАХІДНОМУ КОРДОНІ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНЗИТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ Окороков А. М., Золотаревська О. О. ....	111
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМНИХ ПИТАНЬ ВЗАЄМОДІЇ КЛІЄНТІВ ТА АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ» Окороков А. М., Павленко О. І. ....	112
ПРОБЛЕМИ ТА ТЕНДЕНЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ ПОСЛУГ У ПЕРІОД СВІТОВОЇ ПАНДЕМІЇ Павленко О. І. ....	113
<b>СЕКЦІЯ 5 «АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ»</b>	
МІЖНАРОДНІ НОРМИ З ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ РУХОМОГО СКЛАДУ З СИСТЕМАМИ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ Кальченко Б. Г., Гаврилюк В. І. ....	115
CHOICE OF FFT PARAMETERS TO IMPROVE THE ACCURACY OF TRACTION CURRENT SPECTRAL ANALYSIS Lupin I. A., Havryliuk V. I. ....	117
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЗАВАД ТЯГОВОЇ МЕРЕЖІ НА РЕЙКОВІ КОЛА Демідюк О. О., Гаврилюк В. І. ....	119
МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕЛЕЙНИХ СИСТЕМ НАПІВАВТОМАТИЧНОГО БЛОКУВАННЯ ДЛЯ ЇХ ІНТЕГРАЦІЇ В СИСТЕМУ ДИСПЕТЧЕРСЬКОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ Маловічко В. В., Маловічко Н. В., Рибалка Р. В. ....	120
УДОСКОНАЛЕННЯ ОБРОБЛЕННЯ СИГНАЛІВ КОНТРОЛЮ ПРИСТРОЇВ АВТОМАТИКИ НА ПЕРЕГОНІ В СИСТЕМІ АПК-ДК Маловічко В. В., Маловічко Н. В., Рибалка Р. В. ....	121
ЗАВАДИ СИГНАЛЬНОМУ СТРУМУ У РЕЙКОВОМУ КОЛІ Буряк С. Ю., Гололобова О. О. ....	122
АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ Лагута В. В. ....	124
ПІДВИЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ НАДІЙНОСТІ ІЗОЛЮЮЧИХ СТИКІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ Лагута В. В., Дайліденко І. С., Некур А. О. ....	125



УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ІНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛЮВАННЯ РУХУ ПОЇЗДІВ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИСТРОЇВ ЦИФРОВОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ	
Гончаров К. В., Коваленко А. О. ....	126
РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ІЄРАРХІЧНОГО НЕЧІТКОГО ЛОГІЧНОГО ВИВЕДЕННЯ	
Лазарева Н. М., Лазарєв В. О. ....	128
АДАПТИВНА МОДЕЛЬ КОРОТКОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ В КЕРУВАННІ ФАКТИЧНИМ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ	
Лазарєв О. В. ....	129
ВСТАНОВЛЕННЯ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГООБМІННИМИ ПРОЦЕСАМИ НА РУХОМОМУ СКЛАДІ МЕТРОПОЛІТЕНУ З ЄМНІСНИМИ НАКОПИЧУВАЧАМИ ЕНЕРГІЇ	
Сулим А. О. ....	130
ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ АПАРАТУРИ КОДОВОГО АВТОБЛОКУВАННЯ	
Профатилів В. І. ....	132
ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ СИСТЕМИ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ І ПРИСТРОЇВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ І ЗВ'ЯЗКУ	
Сердюк Т. М. ....	134
THE PROBLEM OF THE ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE INFLUENCE FROM ROLLING STOCK WITH INDUCTION TRACTION MOTOR ON TRACK CIRCUIT DEVICES	
Shcheka V. I., Zubko A.V., Zhuravlov A.U. ....	136
SOFTWARE FOR MODELING THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF A RAILWAY STATION	
Mailybayev Y. K., Isaikin D. V., Blozva A. I. ....	137
ВИПРОБУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ НА ЕЛЕКТРОМАГНІТНУ СУМІСНІСТЬ З КАБЕЛЬНИМИ ЛІНІЯМИ ЗВ'ЯЗКУ	
Павленко Р. А., Гаврилюк В. І. ....	138
ВИБІР ПАРАМЕТРІВ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЛЯ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ТЯГОВОГО СТРУМУ	
Радзіховський К. С., Гаврилюк В. І. ....	139
ОГЛЯД МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ СТРІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ	
Юферов О. А., Гаврилюк В. І. ....	141
ЄДИНА АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ, ЯК ВЗАЄМОДІЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УЧАСНИКІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	
Цейтлін С. Ю. ....	142
DESIGN OF AN AUTOMATED CCTV SYSTEM ARCHITECTURE FOR THE RAILWAY BASED ON A RASPBERRY PI MICROCOMPUTER	
Mailybayev Y. K., Isaikin D. V., Kasatkin D. Y. ....	144

AUTOMATION OF TEMPERATURE MEASUREMENT IN TRACK CAMERAS OF THE TECHNICAL MEANS COMPLEX KTSM Yashchuk K. I., Petrovskiy S. S., Zhuravlov A.U. ....	145
ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПІВ ТОКЕНІЗАЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ Щека В. І., Журавльов А. Ю., Ящук К. І. ....	146
<b>СЕКЦІЯ 6 «ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ»</b>	
АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПЕРЕХІДНИХ ДІЛЯНОК ПІДХОДІВ ДО МОСТІВ НА ВЗАЄМОДІЮ РУХОМОГО СКЛАДУ Й КОЛІЇ Курган А. М., Линник Г. О. ....	148
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЧОТИРИВІСНОГО ВАНТАЖНОГО ВАГОНА НА ТРЬОХЕЛЕМЕНТНИХ ВІЗКАХ, ЩО РУХАЄТЬСЯ ПО ПРЯМОМУ НАПРЯМКУ СУМІЖНИХ СТІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ Мойсеєнко К. В., Рейдемейстер О. Г. ....	150
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ВИКРИШУВАННЯ ПОВЕРХНІ КАТАННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ РЕЙОК Солтис І. Ф., Марченко Г. П. ....	152
СИСТЕМНИЙ ПІДХІД У ДОСЛІДЖЕННІ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В КОЛІЙНОМУ ГОСПОДАРСТВІ Курган М. Б., Курган Д. М., Новік Р. Б., Лужицький О. Ф. ....	153
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КОЛІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ Арбузов М. А., Гнатенко В. П., Губар О. В. ....	155
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ШВИДКІСНОГО РУХУ ПОЇЗДІВ В УКРАЇНІ Курган М. Б., Байдак С. Ю., Хмелевська Н. П. ....	156
ЩОДО МОЖЛИВОСТІ ЗМЕНШЕННЯ МІНІМАЛЬНО ДОПУСТИМОЇ ТОВЩИНИ ГРЕБЕНІВ КОЛІС ВАГОНІВ З УРАХУВАННЯМ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ З КОЛІЙНОЮ ІНФРАСТРУКТУРОЮ Патласов О. М., Ковтун П. В. ....	159
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОЗДОВЖНИХ СИЛ ДІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ НА СТІЙКІСТЬ ПЛІТЕЙ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ Маркуль Р. В., Савицький В. В. ....	160
ЕКСПРЕС-МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЗАБРУДНЕНOSTІ БАЛЛАСТУ Андрєєв В. С., Арбузов М. А., Губар О. В., Смок Г. О. ....	162
ВПЛИВ ПАРАМЕТРИЧНОЇ ЗМІНИ ПРИВЕДЕНОЇ МАСИ КОЛІЇ НА ВЕЛИЧИНУ ДОДАТКОВИХ ДИНАМІЧНИХ СИЛ МІЖ КОЛЕСОМ ТА РЕЙКОЮ Токарев С. О. ....	164
РЕЛАКСАЦІЯ ПРУЖНОЇ КЛЕМИ КП-5.2 Арбузов М. А., Токарев С. О. ....	166
ВИТРАТИ РОБОЧОЇ СИЛИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СТАНУ КОЛІЇ Патласов О. М., Федоренко Є. М. ....	168
КЛАСИФІКАЦІЯ ТА РІЗНОВИДИ БЕЗБАЛАСТНОЇ КОНСТРУКЦІЇ КОЛІЇ Курган Д. М., Ковальський Д. Л. ....	169

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ З ПЕРЕБУДОВИ ПЛАНУ ЗАЛІЗНИЦЬ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ ПОЇЗДІВ Курган М. Б., Байдак С. Ю., Гусак М. А., Хмелевська Н. П. ....	170
ІСНУЮЧІ КОНЦЕПЦІЇ ЩОДО ВИПРАВКИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ВІПР Гаврилов М. О., Хмелевська Н. П., Шульга Д. А. ....	173
УДОСКОНАЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ УЩІЛЬНЮЮЧИХ МАШИН ТА ТЕХНОЛОГІЇ УЩІЛЬНЕННЯ ГРУНТІВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЗАЛІЗНИЦЬ Главацький К. Ц. ....	175
ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ ДИНАМІЧНОГО УЩІЛЬНЕННЯ ГРУНТОВОГО НАСИПУ АВТОМОБІЛЬНИХ І ЗАЛІЗНИЧНИХ ДОРІГ З РЕЛЬЄФНИМИ РОБОЧИМИ ПОВЕРХНЯМИ Главацький К. Ц., Черкудінов В. Е. ....	177
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КОПАННЯ ГРУНТУ БУЛЬДОЗЕРНИМ НЕПОВОРТНИМ ВІДВАЛОМ З КОМБІНОВАНОЮ НОЖОВОЮ СИСТЕМОЮ ПРИ СПОРУДЖЕННІ ГРУНТОВОГО НАСИПУ ДОРІГ Главацький К. Ц., Горбенко Ю. О. ....	179
<b>СЕКЦІЯ 7 «ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО»</b>	
ВІДНОВЛЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ СПОРУД З ВИКОРИСТАННЯМ БАЛКИ ТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ (МОБІЛІЗАЦІЙНИЙ РЕЗЕРВ) Гернич М. В., Ключник С. В. ....	181
КОРОЗІЯ БЕТОНУ ТА ДОВГОВІЧНІСТЬ КОНСТРУКЦІЙ Дубінчик О. І., Кільдєєв В. Р., Нафікова Ф. М. ....	182
МЕТОДИ ОЦІНКИ НЕСНОЇ ЗДАТНОСТІ ТУНЕЛЬНОГО ШЛЯХОПРОВОДУ ПРИ ДІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ Ковальчук В. В. ....	183
МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ ГРУНТІВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА Кравець І. Б. ....	184
ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ ПРИ РЕМОНТІ ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ АВТОДОРОЖНИХ МОСТІВ Овчинников П. А., Алхімов О. О. ....	185
НОВА КОНСТРУКЦІЯ ПОНТОННОГО МОСТУ Овчинников П. А., Кузьмінський В. П., Овчинникова І. О. ....	187
АНАЛІЗ ПРОБЛЕМАТИКИ ТА СУЧАСНОГО ВІТЧИЗНЯНОГО ДОСВІДУ БУДІВНИЦТВА ТА КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ МОСТІВ Остапенко І. С. ....	189
ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ МОДИФІКОВАНОЇ ЦЕМЕНТНОЇ СИСТЕМИ НА РАННІХ СТАДІЯХ ТВЕРДНЕННЯ БЕТОНУ Руденко Д. В., Громова О. В. ....	191

**ОСОБЛИВОСТІ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ  
ПЕРЕГІННИХ ТУНЕЛІВ, ПРОЙДЕНИХ В СЛАБКИХ ШАРУВАТИХ  
ГРУНТАХ**

Тютюкін О. Л., Бондаренко Н. К., Ларіонова І. А. ....192

**ВИЗНАЧЕННЯ СИЛОВИХ ФАКТОРІВ В ОПРАВІ ЯК ПЕРВИННИЙ ЕТАП  
ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НАТМ**

Тютюкін О. Л., Купрій В. П., Белікова С. І. ....194

**СЕКЦІЯ 8 «ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА»**

**ЗМЕНШЕННЯ РИЗИКІВ ПОРУШЕННЯ ПРИРОДООХОРОННОГО  
ЗАКОНОДАВСТВА ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ**

Бойченко А.М., Заяць Ю.Л. ....196

**ПРОБЛЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ НАФТОПРОДУКТІВ  
ЗАЛІЗНИЦЬ**

Заєць К. О., Новікова К. Б., Зеленько Ю. В., Безовська М. С. ....197

**МОНІТОРИНГ ВМІСТУ АЛЬДЕГІДІВ У АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ  
МІСТА ДНІПРО**

Павлов Ю. В., Сорока М. Л. ....198

**ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС  
МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ**

Журавель І. Л., Журавель А. В., Трохініна К. В. ....200

**АНАЛІЗ ЗАКОРДОННОГО ДОСВІДУ ВИКОРИСТАННЯ ВАКЦИН  
ПРОТИ COVID-19**

Музикін М. І., Дрогобецька Д. В. ....201

**ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД СОЛЕЙ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ  
СОРБЦІЙНИМИ МЕТОДАМИ**

Коваленко А., Яришкіна Л.О. ....203

**ВИВЧЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ СМУГИ ВІДВОДУ ЗАЛІЗНИЦЬ ВАЖКИМИ  
МЕТАЛАМИ ЯКІСНИМ МЕТОДОМ В ГРУНТАХ НД ВУЗЛА  
ТА ПІВДЕННОГО ВОКЗАЛУ М. ДНІПРО**

Тарасова Л. Д., Розгон О. В., Зеленько Ю. В., Кравченко В. О. ....204

**ЩОДО ПРОБЛЕМИ ТЕПЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ**

Білошицька І. Е., Зеленько Ю.В. ....206

**ВИБІР МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ НАФТОПРОДУКТІВ У СТИЧНИХ  
ВОДАХ МАЛИХ ПІДПРИЄМСТВ АВТОМОБІЛЬНОГО СЕРВІСУ**

Ямпольська Л. Є., Стогул А. Б., Сорока М. Л. ....208

**ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ У ЛЕВІТАЦІЙНОМУ ПРОСТОРІ ПОЇЗДА  
НА МАГНІТНОМУ ПІДВІСІ**

Ляшенко В.І., Дзензерський В.О. ....209

**ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕРОБКИ ОСАДІВ, ЯК ЗАСІБ  
ЕКОЛОГІЗАЦІЇ РОБОТИ ВОДООЧИСНИХ СТАНЦІЙ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ВОДОПОСТАЧАННЯ**

Орішечко О., Яришкіна Л.О. ....211

## СЕКЦІЯ 9 «МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО У МАШИНОБУДУВАННІ»

### ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДРОЗДІЛІВ ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ

Богомаз В. М., Боренко М. В., Крамар І. Є., Щека І. М. ....213

### ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРЯМКІВ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЗБЕРІГАННЯ ТЕХНІКИ ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ

Богомаз М. М., Богомаз В. М., Боренко М. В., Щека І. М., Іванський В. М. ....214

### МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЧАСТИН І ПІДРОЗДІЛІВ ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ

Богомаз В. М., Боренко М. В., Щека І. М. ....215

### КОМПЛЕКСНЕ МОДИВІКУВАННЯ ЛИВАРНИХ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ AL-SI

Ворон М. М., Фон Прусс М. А. ....216

### ОСОБЛИВОСТІ ЗВАРЮВАНOSTІ МІДІ І СТАЛІ

Гавриш П. А., Білик О. Г., Пікуз В. С. ....217

### ПРОЦЕСИ КАРБІДОУТВОРЕННЯ В СИСТЕМІ NI-5CR-9CO-6AL-8,3W- 4RE-4TA -1MO-1,5NB-0,15C

Глотка О. А., Ольшанецький В. Ю. ....219

### MICROSTRUCTURE AND HARDNESS OF BORON-ALLOYED CHROMIUM-MOLYBDENUM CAST IRON SUBJECTED TO DESTABILIZING HEAT TREATMENT

Golinskyi M. A., malyshevskiy A. A., Chabak Yu. G., Efremenko V. G.,  
 Zurnadzgy A. I. ....221

### ОТРИМАННЯ АМОРФНИХ ПЛІВКОВИХ ПЕРСПЕКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ

Гулівець О. М., Баскевич О. С. ....222

### РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ НАПЛАВЛЕННЯ ТА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ФЛЮСУ ДЛЯ ПОРОШКОВИХ ДРОТІВ НА FE-CR-MN ОСНОВІ

Зусін А. М. ....223

### ЗМІЦНЮЮЧА ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ШВИДКОРІЗАЛЬНИХ СТАЛЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛА ЛИВАРНОГО НАГРІВУ

Кондратюк С. Є., Вейс В. І., Пархомчук Ж. В. ....224

### ІЗОТЕРМІЧНА ОБРОБКА РОЗПЛАВУ В ОБЛАСТІ ТЕМПЕРАТУР ТВЕРДО-РІДКОГО СТАНУ

Кондратюк С. Є., Пархомчук Ж. В., Вейс В. І. ....225

### EFFECT OF CHEMICAL COMPOSITION ON MECHANICAL PROPERTIES OF LOW-ALLOYED TRIP-ASSISTED STEEL

Kussa R. A., Efremenko V. G., Zurnadzhy V. I., Gavrilova V. G. ....226

### МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ В ОСНОВНОМУ МЕТАЛІ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ МЕХАНІЧНОГО КЕРУЮЧОГО ВПЛИВУ НА ЕЛЕКТРОД

Лаврова О. В., Іванов В. П. ....227

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ВИСОКОХРОМИСТИХ  
ЧАВУНІВ**

Нетребко В. В. ....229

**ОСОБЛИВОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ І ТЕХНІКИ,  
ЯКА ЗНАХОДИТЬСЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ У ВІЙСЬКОВИХ ЧАСТИНАХ  
ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ**

Остапенко І. С., Крамар І. Є., Шаптала О. І. ....230

**INFLUENCE OF THE SHAPE OF THE TOOL END ON THE WELDED JOINT  
QUALITY DURING FRICTION STIR WELDING**

Plitchenko S. O., Vakulenko I. O. ....232

**НОВИЙ СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ФОРМ ТА СТРИЖНІВ ДЛЯ  
ВИРОБНИЦТВА ВИЛИВКІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

Солоненко Л. І., Узлов К. І., Реп'ях С. І. ....233

**ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ АКТИВАЦІЇ ПОВЕРХНЕВОЇ ДИФУЗІЇ  
З ПОЗИЦІЙ ТЕПЛОВИХ КОЛИВАНЬ АТОМІВ**

Сироватко Ю. В., Штапенко Е. П. ....235

**ФОРМУВАННЯ МІКРОШАРУВАТОЇ СТРУКТУРИ ПРОГРАМНО-  
КЕРОВАНИМ СТРУМОМ**

Титаренко В. В., Заблудовський В. О. ....237

**КОМПОЗИЦІЙНІ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНІ НІКЕЛЕВІ ПОКРИТТЯ, ОТРИМАНІ  
ІМПУЛЬСНИМ СТРУМОМ**

Титаренко В. В., Заблудовський В. О. ....239

**СПІНОДАЛЬ СПЛАВІВ СИСТЕМИ FE-B-C**

Філоненко Н. Ю. ....241

**EFFECT OF CATHODE MATERIAL ON PULSE-PLASMA COATING  
STRUCTURE AND CRACKING BEHAVIOUR**

Chabak Yu. G., Efremenko B. V., Zurnadzhy V. I., Fedun V. I.,  
Dzherenova A. V., Efremenko V. G. ....243

**ОЦІНКА ТЕОРЕТИЧНОГО РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК ДВЗ**

Хорсєв П. В., Главацький К. Ц., Вовченко М. Д. ....244

**СЕКЦІЯ 10 «ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ  
ТРАНСПОРТНИМИ СИСТЕМАМИ»**

**УДОСКОНАЛЕННЯ МОТИВАЦІЇ ТА СТИМУЛЮВАННЯ ПРАЦІ  
ПЕРСОНАЛУ ДИРЕКЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

Гненний М.В., Богдан В.І. ....246

**ВИБІР ПРІОРИТЕТНИХ НАПРЯМІВ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

Полішко Т.В. ....247

**РОЗВИТОК ТРУДОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІДПРИЄМСТВ АВІАЦІЙНОЇ  
ГАЛУЗІ**

Головкова Л.С., Трубай Ю.С. ....248

**НАПРЯМИ ЕФЕКТИВНОЇ АДАПТАЦІЇ НОВОПРИЙНЯТИХ  
ПРАЦІВНИКІВ В УМОВАХ КАРАНТИННИХ ОБМЕЖЕНЬ**

Груздєв О.В. ....251

<b>СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМКИ АНТИКРИЗОВОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ПАСАЖИРСЬКИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ</b>	
Чаркіна Т.Ю., Казирод Г.Ю., Федоренко Н. В. ....	253
<b>НАПРЯМКИ УПРАВЛІННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЮ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ</b>	
Чаркіна Т.Ю., Панін Д. Д., Наволочка В.О. ....	254
<b>РОЗВИТОК МІЖНАРОДНОГО РИНКУ ТУРИСТИЧНИХ ПОСЛУГ В УМОВАХ ПАНДЕМІЇ</b>	
Задоя В. О. ....	256
<b>МОДЕЛЬ КОРПОРАТИВНИХ КОМПЕТЕНЦІЙ АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ»</b>	
Чернова Н. С., Чернов Д. М. ....	257
<b>ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ІНВЕСТИЦІЙ В УМОВАХ ЕКОНОМІЧНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ</b>	
Бобиль В. В., Гненний О. М., Пивоварова Г. Б. ....	259
<b>АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛІННЯ ЗМІНАМИ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В СФЕРІ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ</b>	
Матусевич О. О. ....	261
<b>ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ В УМОВАХ ВЕРТИКАЛЬНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ</b>	
Топоркова О. А. ....	263
<b>УДОСКОНАЛЕННЯ ПОДАТКОВОЇ ПОЛІТИКИ – ЯК ВАЖЕЛЬ ПОКРАЩЕННЯ ФІНАНСОВОГО СТАНУ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ</b>	
Ейтутіс Г.Д., Писаренко Г.М. ....	265
<b>МАРШРУТИЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ – ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ</b>	
Миронович А.В., Ейтутіс Г.Д. ....	267
<b>ВПЛИВ МІЖНАРОДНИХ ЕКОНОМІЧНИХ ВІДНОСИН НА СТАЛЕ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ</b>	
Музикін М. І., Кузьменко А. І., Бібік С. І., Цоцко І. В. ....	269
<b>РОЛЬ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ТОВАРООБМІННИХ ОПЕРАЦІЙ</b>	
Нестеренко Г. І., Музикін М. І., Клименко А. В. ....	271
<b>МИТНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ВАНТАЖОПОТОКАМИ</b>	
Стрелко О. Г., Нестеренко Г. І., Воронов Д. О. ....	273
<b>ЩО ПОТРІБНО ЗМІНИТИ В ЕКОНОМІЧНІЙ ТЕОРІЇ, ЩОБ ВОНА СТАЛА ПОТУЖНИМ ТВОРЧИМ ІНСТРУМЕНТАРІЄМ?</b>	
Мямлін В. В. ....	274
<b>ОПТИМАЛЬНИЙ ВИБІР ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ПРОДУКЦІЇ ДЕРЕВООБРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ</b>	
Сазонець О.М. ....	276
<b>СЕКЦІЯ 11 «ГУМАНІТАРИЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ»</b>	
<b>ІСТОРИЧНО-АНТРОПОЛОГІЧНІ СТУДІЇ МЕНТАЛЬНО-КУЛЬТУРНОГО ГОРИЗОНТУ МИНУЛОГО</b>	
Айтов С.Ш. ....	279

<b>СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ І СПОРТУ В УКРАЇНІ</b>	
Дорош В.А. ....	280
<b>ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРЕВАГИ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІН ГУМАНІТАРНОГО БЛОКУ ПІД ЧАС ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ В ПЕРІОД КАРАНТИННИХ ОБМЕЖЕНЬ</b>	
Євсєєва Г.П., Бабенко В.А. ....	282
<b>ОРГАНІЗАЦІЯ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ПРОФЕСІЙНО- ПРИКЛАДНОЇ ФІЗИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ У ЗВО</b>	
Коваленко Л.М., Умеренко В.Л. ....	284
<b>ПИШАТИСЯ ТРУДОВОЮ ЗВИТЯГОЮ ПРАЦІВНИКІВ</b>	
Кривчик Г.Г. ....	286
<b>ПІДВИЩЕННЯ МОВНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ СТУДЕНТІВ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ «УКРАЇНСЬКА МОВА (ЗА ПРОФЕСІЙНИМ СПРЯМУВАННЯМ)»</b>	
Лагдан С. П. ....	288
<b>СИСТЕМА ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ СТУДЕНТІВ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ ВАЛЕОЛОГІЧНОЇ КУЛЬТУРИ ОСОБИСТОСТІ</b>	
Лутаєва Н.В. ....	290
<b>ВИХОВАННЯ СТУДЕНТІВ НА ГЕРОЇЧНИХ ТРАДИЦІЯХ УКРАЇНСЬКОГО КОЗАЦТВА</b>	
Михайлова Л. В. ....	291
<b>НАДАВАТИ ОСВЯЧЕННЯ ЖИТТЮ МОЛОДОЇ ЛЮДИНИ</b>	
Мірошніченко О.В. ....	293
<b>“ПРИЩЕПЛЕННЯ” ПРИНЦИПІВ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ СТУДЕНТАМ</b>	
Накашидзе І.С. ....	294
<b>МЕТОДИ ВИХОВАННЯ ВОЇНІВ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ</b>	
Пастушенко В.А., Шаптала О.І. ....	295
<b>РОЗВИТОК КООРДИНАЦІЙНИХ ЗДІБНОСТЕЙ У ДІВЧАТ 18-20 РОКІВ, ЩО ЗАЙМАЮТЬСЯ ФІГУРНИМ КАТАННЯМ НА КОВЗАНАХ В ГРУПАХ ОЗДОРОВЧОЇ СПРЯМОВАНOSTІ</b>	
Тиличко О.В., Федоряка А.В., Бондаревський А.Г. ....	297
<b>ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ЗАНЯТЬ ВАЖКОЮ АТЛЕТΙΚΟЮ НА ФІЗИЧНУ ПІДГОТОВЛЕНІСТЬ СТУДЕНТІВ</b>	
Умеренко В.Л. ....	299
<b>ЕКЗИСТЕНЦІЙНА КОНОТАЦІЯ ЛЮДСЬКОЇ ГІДНОСТІ</b>	
Хміль В.В. ....	301
<b>СЕКЦІЯ 12 «ДИНАМІКА РУХОМОГО СКЛАДУ ТА БЕЗПЕКА РУХУ ПОЇЗДІВ»</b>	
<b>ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЗНИЖЕННЯ ШУМУ НА ЗАЛІЗНИЦІ</b>	
Зеленько Ю. В., Зеленько Д. М., Недужа Л. О. ....	303



РЕЗУЛЬТАТИ ПРИЙМАЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ ПО ВПISУВАННЮ В ГАБАРИТ, ХОДОВИХ ДИНАМІЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ ТА ВИПРОБУВАНЬ НА МІЦНІСТЬ ДИЗЕЛЬ -ПОЇЗДА ДПКР-3 Костриця С. А., Урсуляк Л. В., Федоров Є. Ф., Болотов О. О., Єгоров Д. О. ....	304
ХОДОВІ ДИНАМІЧНІ ТА МІЦНОСНІ ВИПРОБУВАННЯ ВАГОНА- ПЛАТФОРМИ МОДЕЛІ 13-7133 НА ВІЗКАХ З КОВЗУНАМИ ЗАЗОРНОГО ТИПУ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ КРУПНОТОНАЖНИХ КОНТЕЙНЕРІВ Костриця С. А., Федоров Є. Ф., Болотов О. О., Грановська Н. Й. ....	307
ОСОБЛИВОСТІ СТЕНДОВИХ ВИПРОБУВАНЬ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІСНИХ ПАР Куроп'ятник О. С., Ракша С. В., Анофрієв П. Г. ....	309
ВИКОРИСТАННЯ ЗАПИСІВ КОЛІЄВИМІРЮВАЛЬНОГО ВАГОНА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЗБУРЕНЬ, ЩО ДІЮТЬ З БОКУ КОЛІЇ НА ШВИДКІСНИЙ ЕКІПАЖ Лапіна Л. Г. ....	311
ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ ВАГОНА- ПЛАТФОРМИ ЗЧЛЕНОВАНОГО ТИПУ З КРУГЛИХ ТРУБ, ЗАВАНТАЖЕНОГО КОНТЕЙНЕРАМИ-ЦИСТЕРНАМИ Ловська А. О., Фомін О. В. ....	312
ОЦІНКА СТІЙКОСТІ РУХУ ЗЧЛЕНОВАНОГО І СТАНДАРТНОГО ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ Маркова О. М., Ковтун О. М., Малий В. В. ....	314
РОЗРОБКА ПРОФІЛЮ ОБОДІВ КОЛІС ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ З ПІДВИЩЕНИМ ОСЬОВИМ НАВАНТАЖЕННЯМ Мокрій Т. Ф., Малишева І. Ю., Пасічник С. С., Безрукавий Н. В. ....	315
РАЦІОНАЛЬНА МЕТОДИКА ПОБУДУВАННЯ РУХУ МАГНІТОЛЕВІТУЮЧОГО ПОЇЗДА Поляков В. О. ....	316
ПАСИВНИЙ ЗАХИСТ МОТОРВАГОННОГО ПОЇЗДА ПРИ ЙОГО ЗІТКНЕННІ З ВЕЛИКИМ ТРАНСПОРТНИМ ЗАСОБОМ НА ПЕРЕЇЗДІ Соболевська М. Б., Горобець Д. В. ....	318
ВИЗНАЧЕННЯ СИЛОВОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЗАЄМОДІЇ ГОЛОВНОГО ВАГОНА З СИСТЕМОЮ ПАСИВНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ВЕЛИКОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ПРИ ЗІТКНЕННІ НА ПЕРЕЇЗДІ Соболевська М. Б., Горобець Д. В. ....	319
ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РОЗСЛІДУВАННЯ СХОДІВ РЕЙКОВИХ ЕКІПАЖІВ У ПОЇЗДАХ Урсуляк Л. В., Железнов К. І. ....	320
ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ КРИТОГО ВАГОНА З ПРУЖНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ В ХРЕБТОВІЙ БАЛЦІ Фомін О. В., Ватуля Г. Л., Ловська А. О. ....	321

## СЕКЦІЯ 13 «ІНЖИНІРИНГ КРИЗ ТА РИЗИКІВ У СФЕРІ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ»

### ABOUT THE PROBLEM OF DECISION MAKING UNDER UNCERTAINTY

Amangeldiyeva G. ....323

### ЗНАЧЕНИЕ УСТАНОВКИ СИСТЕМЫ GPS/ГЛОНАСС В ПАССАЖИРСКИХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНТЕРНЕТ-УСЛУГ

Атанепесов Б., Чарыев А. ....323

### АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ РИЗИКІВ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ У ЗАЛІЗНИЧНО-ВОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ НА ЕКСПОРТ

Вернигора Р. В., Огороков А. М., Золотаревська О. О. ....325

### HAZARD ANALYSIS METHODOLOGY

Voropai V. ....327

### ОЦІНКА РИЗИКІВ ЗАТРИМКИ ВАНТАЖІВ НА МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПУНКТАХ ПРОПУСКУ

Демченко Є. Б., Дорош А. С. ....328

### ОЦІНКА ПЕРЕРОБНИХ СПРОМОЖНОСТЕЙ ГАРАЖІВ РОЗМОРОЖУВАННЯ І ТРАНСПОРТНО-ВАНТАЖНОГО КОМПЛЕКСУ АГЛОМЕРАЦІЙНОЇ ФАБРИКИ

Дженчако В. Г. ....329

### ВДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ТРАНСПОРТУВАННЯ СИРОВИНИ НА ПРОМИСЛОВІ ПІДПРИЄМСТВА У ПЕРІОД НЕГАТИВНИХ ТЕМПЕРАТУР

Дженчако В. Г. ....331

### SWOT-АНАЛІЗ ПОСЛУГ МІЖНАРОДНОЇ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

Дорош А. С., Демченко Є. Б. ....332

### METHOD FOR THE EARLY EVALUATION OF PRODUCTION LOSSES IN THE SOCIO TECHNICAL SYSTEM

Kosolapov A. A., Ivin P. V. ....333

### ОЦІНКА РИЗИКІВ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ВИКИДАМИ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА, ЯК ЕТАП РОЗРОБКИ КОМПЕНСАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ

Лисенко М. А., Зеленько Ю. В., Шнайдерман О. Ю. ....335

### СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Мурадов М. ....337

### ТРАНСПОРТ И ЛОГИСТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ: НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Непесова Х. Х., Аннаниязова Г. А. ....339

### ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМНИХ ПИТАНЬ ТА РИЗИКІВ ЛОГІСТИКИ ВАКЦИНИ ВІД COVID-19 З УРАХУВАННЯМ СПЕЦИФІКИ ТРАНСПОРТУВАННЯ

Огороков А. М., Вернигора Р. В., Золотаревська О. О. ....342

ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТАННЯ АНАЛІЗУ ТА УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ  
 ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ АВТОМОБІЛЬНИМ  
 ТРАНСПОРТОМ

Окороков А. М., Дьяченко В. О. ....343

ВИБІР ЛОГІСТИЧНОЇ КОНЦЕПЦІЇ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ  
 МАТЕРІАЛОРУХУ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ  
 ДИНАМІКИ ВИРОБНИЧО-ТРАНСПОРТНОГО СЕРЕДОВИЩА

Парунакян В. Е., Маслак Г. В. ....344

ВПЛИВ РИЗИК-ФАКТОРІВ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ УМОВИ  
 ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Хара М. В. ....346

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ

Чатырев А., Атанепесов Б. ....348

ASSESSMENT OF THE RESTORATION PROCESS EFFICIENCY  
 OF THE "ENVIRONMENT-EMERGENCY OBJECT" SYSTEM SECURITY

Shalabayeva M. H., Kasatkin D. Y. ....350

РАЗВИТИЕ ЭКОЛОГИИ В ТУРКМЕНИСТАНЕ

Бердыева А.Н., Хайдарова Г.Дж., Аширова Ш.А. ....351

ДЕЯКІ КРИЗИ РИНКУ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ

Бех П. В., Лашков О. В. ....353

ЗАСТОСУВАННЯ КРОС-ДОКІНГУ В ЛОГІСТИЧНОМУ  
 ОБСЛУГОВУВАННІ НА ТРАНСПОРТІ

Бех П. В., Лашков О. В. ....354

ЗМЕНШЕННЯ РИЗИКІВ ВІД ЯКОСТІ ІНФОРМАЦІЇ У ПРОЦЕСАХ  
 ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ

Бех П. В., Лашков О. В. ....355

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Бяшимова С. ....356

АКТУАЛЬНІСТЬ ВІРНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ РИЗИКІВ ПІД ЧАС  
 МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ

Журавель І. Л., Журавель А. В., Волошановська Ю. О., Бевз І. А. ....358

ДОСЛІДЖЕННЯ МИТНИХ РИЗИКІВ НА ТРАНСПОРТІ

Музикін М. І., Бібік С. І., Нестеренко Г. І. ....359

РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНО-КОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ  
 ТУРКМЕНИСТАНА

Кемалова Д., Гочмырадова М. ....361

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ ТРАНЗИТНЫЕ КОРИДОРЫ –  
 ФАКТОР СТАБИЛЬНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Кулиев Н. Валиева С., Худайгулыев Н. ....362

РАЗВИТИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ТУРКМЕНИСТАНА

Ярбазова Г. М. ....365

ТРАНСПОРТ И АТМОСФЕРА

Байрамов С. А., Гарадурдыев М. Дж., Мурадов М. М. ....366

## **СЕКЦІЯ 14 «ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КІБЕРБЕЗПЕКА НА ТРАНСПОРТІ»**

РОЗВИТОК ТЕОРІЇ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ НАУКОВОЮ ШКОЛОЮ ПРОФЕСОРА ШАФІТА Є. М. ДО 100-РІЧЧЯ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ ЄВГЕНА МИРОНОВИЧА ШАФІТА Жуковицький І. В., Хмарський Ю. І., Косолапов А. А., Устенко А. Б.....	369
PRINCIPLES OF OPTIMIZING THE HYPERPARAMETERS OF AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK IN THE PROBLEM OF DETECTING NETWORK INTRUSION Zhukovyts'kyi I. V., Tsykalo I.D. ....	371
АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДИНАМІКИ ОБ'ЄКТІВ УПРАВЛІННЯ НА АВТОМАТИЗОВАНИХ ГІРКАХ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ Жуковицький І. В., Устенко А. Б., Дзюба В. В.....	372
ЗАВДАННЯ ТА ПРОЦЕДУРИ УПОРЯДКУВАННЯ МУЛЬТИ- ПОСЛІДОВНОСТЕЙ З НЕЧІТКИМИ ПАРАМЕТРАМИ Скалозуб В. В., Мурашов О. В. ....	373
ПРО ЗАСТОСУВАННЯ ОНТОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ Лобода Д. Г.....	375
ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ ПОДАТКОВИХ НАДХОДЖЕНЬ З УРАХУВАННЯМ РИЗИКУ Михайлова Т. Ф., Максименкова Ю. А., Нечай І. В.....	376
АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ОНТОЛОГІЙ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ Шинкаренко В. І., Іванов О. П., Жучий Л. І.....	377
МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПЛІС ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ Шаповалов В. О. ....	379
СИСТЕМА АВТЕНТИФІКАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕНЕРАТОРІВ ОДНОРАЗОВИХ ПАРОЛІВ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ Остапець Д. О., Чумаченко В. Р., Дзюба В. В. ....	380
ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МУРАШИНОГО АЛГОРИТМУ НА СТВОРЕНІЙ ПРОГРАМНІЙ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТУ В КОМП'ЮТЕРНІЙ МЕРЕЖІ Пахомова В. М., Опрятний А. О. ....	382
ПРОГНОЗУВАННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОГО ТРАФІКУ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ Пахомова В. М., Скабалланович Т. І., Бондарева В. С. ....	383
ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ БАГАТОШАРОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ КАТЕГОРІЇ МЕРЕЖЕВИХ АТАК Пахомова В. М., Видиш А. Д. ....	384

ПЕРСПЕКТИВИ ЦИФРОВІЗАЦІЇ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ РУХОМ ПОЇЗДІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ Мойсеєнко В. І., Каменєв О. Ю., Лапко А. О., Щебликіна О. В., Каменєва Н. В. ....	385
УПРАВЛІННЯ РЕЖИМАМИ РОБОТИ ЕЛЕКТРОТЯГОВИХ МЕРЕЖ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОГО ОПISУ ЇХ СТАНУ Васенко В. О. ....	387
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ РЕЙКОВИХ КІЛ З СИСТЕМОЮ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ Сердюк Т. М., Сердюк К. М., Пушкарьов Є. О., Борякін А. О. ....	389
МОНІТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРИ, ВОЛОГОСТІ ТА ВІБРАЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ СИЛОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ Горпинич О. В., Стружко І. С., Сердюк Т. М. ....	391
ДІАГНОСТУВАННЯ ПОТУЖНИХ ТРИФАЗНИХ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ Сердюк Т. М., Сердюк К. М., Ботнаревская Р. В. ....	392
МЕТОД ДІАГНОСТУВАННЯ ДВИГУНІВ СТІЛОЧНИХ ПРИВОДІВ Сердюк Т. М., Сердюк К. М., Шозда І. В., Перельотов А. В., Карлюкова А. Ю. ....	394
ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ СВІТЛОФОРНИМИ ОБ'ЄКТАМИ Панік Л. О., Фокша Л. В., Литвиненко К. В. ....	395
МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ПРОЦЕСІВ ШЛЯХОМ ДЕКОМПОЗИЦІЇ ТА ПОЕТАПНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСОВОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ Горбова О. В., Муркович М. С. ....	396
ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ НАВАНТАЖЕНОСТІ МЕРЕЖЕВИХ СИСТЕМ Горбова О. В., Медведєва К. В. ....	397
ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ПОТОКІВ Горбова О. В., Мерзлий О. Д. ....	398
PHISHING ATTACKS Domanska H., Yehorov O., Kulyk V., Troshin E. ....	399
ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК .....	401

**Instytut Kolejnictwa (IK)** – Railway Research Institute is a modern research institute with a 70-year long tradition. We have our own test track, innovative research equipment and facilities necessary to carry out scientific tests and studies in the rail transport area.

We are the first and the only body in Poland authorized by the Polish Centre for Accreditation to perform full conformity assessment and certification of all railway subsystems and interoperability constituents, according to all conformity assessment modules - as a body authorized to certify products (AC 128), research body (AB 310, AB 369, AB 742), calibration body (AP 024), type A inspection body A (AK 029).

The Railway Research Institute is a Notified Body **NB 1467** under the Directive 2016/797 on the interoperability of the rail system within the Community. We hold an unlimited validity notification to certify all interoperability constituents and all railway subsystems in compliance with all modules of conformity assessment procedures, in accordance with 2010/713/UE Commission Decision and all Technical Specifications for Interoperability (TSIs).

Pursuant to the Regulation of the Minister of Infrastructure and Development of 13 May 2014 on placing into service and admission for operation specific kinds of structures, equipment and railway vehicles, as well as PCA accreditations that we held, we are a body authorized to carry out technical tests necessary to issue certificates of placing into service, type attestations and certificates of conformity with a type of all constructions, equipment and railway vehicles mentioned in this Regulation.

As an accredited inspection body, we issue safety assessment reports in compliance with Commission Implementing Regulation No 402/2013 of 30 April 2013 on the common safety method for risk evaluation and assessment. Our customers are the major product suppliers and service providers on the railway market.



AC 128



AP 024



AB 310



AB 369



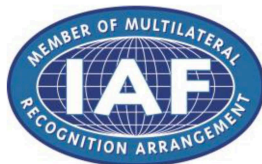
AB 742

Instytut Kolejnictwa  
ul. Chłopickiego 50  
04-275 Warszawa  
POLAND

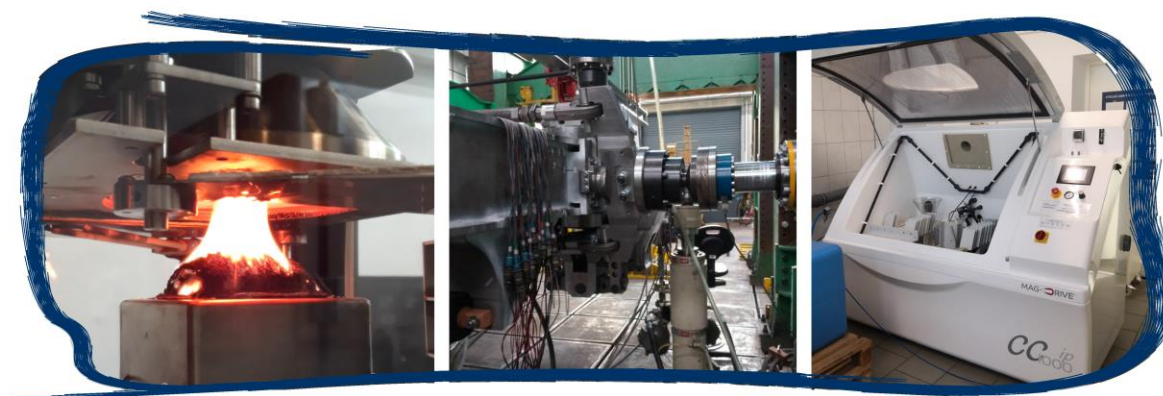
tel. +48 22 610 08 68

fax. +48 22 610 75 97

[ikolej@ikolej.pl](mailto:ikolej@ikolej.pl)



AK 029



## MATERIALS & STRUCTURE LABORATORY



AB 369





## **MATERIALS & STRUCTURE LABORATORY**

**NON-METALLIC MATERIAL SECTION**

### Fire safety in railway vehicles:



Evaluation of compliance with fire safety requirements according to PN-EN 45545-1-7 and TSI SRT, TSI LOC&PAS, TSI WAG for rail vehicles.

Evaluation of electrical and electrotechnical equipment on or in a railway vehicle.

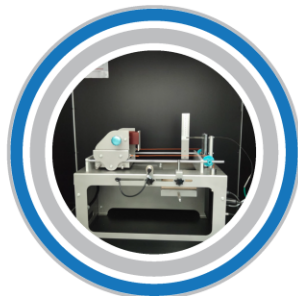


### Laboratory tests of inflammability and smoke properties, as well as toxicity of the combustion products

concerning the materials intended for the use in construction, equipment and repair of the rolling stock in accordance with the requirements of PN-EN 45545-2, tests to related standards:

- PN-EN ISO 9239-1 (CHF, HF-X),

- ISO 5658-2 (CFE),
- ISO 5660-1 (MARHE),
- PN-EN ISO 11925-2 (flame spread),
- PN-EN ISO 4589-2 (OI),
- PN-EN ISO 5659-2 (Ds max, Ds(4), VOF<sub>4</sub>),
- PN-EN 45545-2+A1 Annex A



**Advice and expertise** in the field of proper selection of structural and fitting materials as well as consumables for the rolling stock to enhance safety and to reduce losses resulting from the fires.



## MATERIALS & STRUCTURE LABORATORY

### METALLIC MATERIAL SECTION



**Measurements of strength of metal elements and concrete structures used in the rolling stock and the railway infrastructure with multiaxial load and with uniaxial load, among others:**

- PN-EN 13230 (strength of prestressed concrete sleepers and bearers),
- PN-EN 13674-1, PN-EN 14587-1 i PN-EN 14587-3 (fatigue strength of rails and welded rails),
- PN-EN 13749, UIC Code 510-3, UIC Code 515-4, UIC Code 615-4 (strength testing of the bogies frame structures),
- PN-EN 13146 (testing methods for fastening systems),
- PN-EN 15566 (testing of draw gears and screw couplings),
- PN-88/M-80700 and PN-81/K-88171 (testing of helical and cylindrical springs),
- PN-EN 13674-1 and PN-EN 13 261 (testing of residual stress measurements and stress analysis with the use of strain gauge methods).

**Tests of mechanical properties of materials, among others:**

- PN-EN ISO 6892-1 (tensile testing),
- PN-EN ISO 148-1 (Charpy pendulum impact test),
- PN-EN ISO 6506-1 (Brinell hardness test),
- PN-EN ISO 6507-1 (Vickers hardness test),
- PN-EN ISO 6508-1 (Rockwell hardness test).



**Microscopic and macroscopic tests of metal materials:**

- PN-66/H-04505 (microstructure of steel metallurgical products)
- PN-EN ISO 945 (microstructure of cast irons),
- ISO 4967 (determination of content of non-metallic inclusions),
- DIN 50 602 (microscopic examination of special steels using standard diagrams to assess the content of non-metallic inclusions),
- PN-EN ISO 3887 (determination of the depth of decarburization),
- PN-57/H-04501 (attempt of deep digestion),
- PN-87/H-04514 i ISO 4968:1979 (Baumann method).

**Mechanical tests of trolley wires, according to:**

PN-ISO 7800 (simple torsion test), PN-ISO 7801 (reverse bend test), PN-ISO 7802 (wrapping test).

**Evaluation of mechanical parameters of materials**

(tests of elements made of plastic and rubber as well as textiles intended for the rolling stock or permanent way);

**Post-accidents reasons expert opinions;**

**Training Centre for operators of ultrasonic inspection in railway maintenance sector.**

**Flaw detection:**

- Ultrasonic:  
PN-EN ISO 16810,  
PN-EN ISO 16811,  
ISO 5948,  
PN-EN ISO 17640,  
PN-EN 13261+A1,  
PN-EN 13262+A2,  
PN-EN 14730+A1,  
PN-EN 14587-3.
- Magnetic particle:  
PN-EN ISO 9934-1,  
PN-EN ISO 17638,  
PN-EN 1369,  
PN-EN 10228-1.



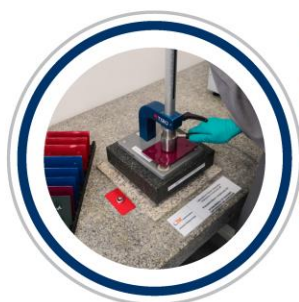
## MATERIALS & STRUCTURE LABORATORY

### CHEMISTRY AND ANTICORROSION SECTION



#### Tests of paint and anti-corrosion coatings, among others, according to:

- PN-EN ISO 2808 – thickness by magnetic-inductive method (7B.2) on ferrous substrate, by eddy-current method (7C) on non-ferrous substrate and by wedge cut method (6B),
- PN-EN ISO 1519 – bend test (cylindrical mandrel),
- PN-EN ISO 6272-1 – rapid-deformation (impact resistance) tests,
- PN-EN ISO 1520 – cupping test,
- PN-EN ISO 15184 – determination of film hardness by pencil test,
- PN-EN ISO 2409, PN-EN ISO 16276-2 – determination of adhesion/cohesion (fracture strength) of a coating by cross-cut and X-cut test,
- ASTM D6578 - determination of graffiti resistance,
- PN-EN ISO 2812 part 1 & 3 – determination of resistance to liquids by immersion and using an absorbent medium methods,
- PN-EN ISO 9227, ASTM B117 – corrosion tests in neutral salt spray test,
- PN-EN ISO 16474 part 1 & 2 – exposure to laboratory light sources (xenon-arc lamps),
- PN-EN ISO 6270-2 – determination of resistance to humidity,
- PN-EN ISO 2813 – determination of gloss value at 20°/60°/85°,
- PN-EN ISO 7724 part 1, 2, 3 - determining colour co-ordinates and differences of paint films (spherical geometry d/8°),
- PN-EN ISO 4628 parts 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 – evaluation of degradation of coatings (blistering, rusting, cracking, flaking, chalking, delamination and corrosion around a scribe),
- Methods developed by the Institute and other standardized methods.



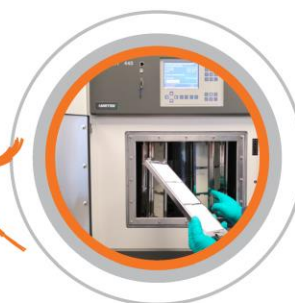
#### Tests of wooden elements of the railway line according to:

- PN-EN 13145+A1 (harmonised with the TSI INF),
- PN-D-95006,
- PN-D-95013,
- PN-D-95014,
- DIN 68811,
- and documents related to standards.



#### Evaluation of consummables for compliance with normative documents developed by the Institute, such as:

- cleaning agents (influence on train equipment),
- lubricant products (for compliance with the requirements of PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.),
- herbicides for weeding of the railway line (influence on infrastructure and effectiveness in weeding on railway tracks).





## MATERIALS & STRUCTURE LABORATORY

Materials & Structure Laboratory **Notified Body No. 1467** conducts research and development work as well as provides services in the following areas:

### Fire protection of the rolling stock:

- laboratory tests of inflammability and smoke properties, as well as toxicity of the combustion products concerning the materials intended for the use in construction, equipment and repair of the rolling stock in accordance with the requirements of PN-EN 45545-2, including elements of the electrical installation;
- evaluation of electrical and electrotechnical equipment on or in a railway vehicle;
- evaluation of compliance with fire safety requirements for rail vehicles according to PN-EN 45545-1-7 and TSI SRT, TSI LOC&PAS, TSI WAG.



### Evaluation of physical and mechanical parameters of non-metal materials and consumables:

- tests of elements made of plastic and rubber as well as textiles intended for the rolling stock or permanent way,
- research work on impact of subfreezing temperatures, high temperatures, and chemical agents on the above mentioned properties,
- tests of paint and anti-corrosion coatings,
- tests of wooden elements of the railway line,
- tests of physical properties of chemical products such as: cleaning agents, lubricants, herbicides for weeding of the railway line;



### Tests of materials and elements of metal and concrete structures used in the rolling stock and the railway infrastructure:

- measurements of strength of elements and structures on a test stand with multiaxial load and with uniaxial load,
- measurements and stress analysis with the use of strain gauge methods,
- mechanical tests of materials (including trolley wires);
- ultrasonic and magnetic-particle defectoscopy,
- microscopic and macroscopic tests of metal materials.

### Consultancy and expert opinions concerning:

- proper selection of structural and fitting materials as well as consumables for the rolling stock to enhance safety and to reduce losses resulting from the fires, as well as increased expenditures connected with the operation costs,
- post-accident reasons.

**Training Centre for operators of ultrasonic inspection in railway maintenance sector.**



**Materials & Structure Laboratory has an implemented quality system and PCA accreditation (certificate AB369).**

The implementation of works, tests and expert opinions is always carried out in accordance with standard methods and, at the same time, in a way that guarantees meeting the requirements set by the clients. The quality policy implemented in our Laboratory is to ensure a high level of services. We maintain independence, objectivity and confidentiality during the execution of a given order and after its completion. We constantly improve the effectiveness of the management system and meet the requirements of accreditation and certification bodies, related to contract agreements. Accreditation of the Laboratory is an objective proof that we operate in accordance with the best practice, which affects the high quality of services and staff competence.

The current scope of accreditation of the Laboratory can be found on the pages: [www.ikolej.pl](http://www.ikolej.pl) and [www.pca.gov.pl](http://www.pca.gov.pl)

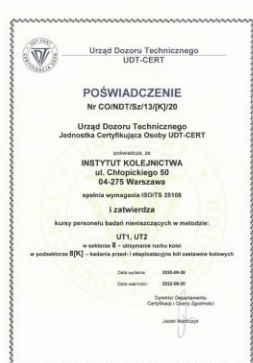
The up-to-date list of tests approved by CERTIFER is available at [www.certifer.fr](http://www.certifer.fr)



AB 369



Training Centre for operators of ultrasonic inspection in railway maintenance sector.



**INSTYTUT KOLEJNICTWA**  
(The Railway Research Institute)

50 Chłopskiego Józefa Street,  
PL 04-275 Warsaw, Poland

NIP 113 22 57 883  
REGON 016382785  
KRS 0000021539

**MATERIALS & STRUCTURE LABORATORY**

Head of Materials & Structure Laboratory  
Jolanta Maria Radziszewska-Wolińska, PhD., Eng.

Tel.: + 48 22 47 31 370  
Fax.: + 48 22 61 07 597  
e-mail: jradziszewska-wolinska@ikolej.pl

**www.ikolej.pl**

Наукове видання

## **ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

### **МАТЕРІАЛИ 81 МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

Українською, англійською та російською мовами

*Текст тез доповідей учасників Конференції подано мовою оригіналу в редакції авторів.*

*Точка зору редакції та організаторів конференції може не співпадати з точкою зору авторів тез доповідей. Редакція та організатори конференції не несуть відповідальності за достовірність інформації, наданої авторами у тезах доповідей.*

Відповідальні за випуск *А. В. Радкевич, Р. В. Рибалка*  
Комп'ютерна верстка *Р. В. Рибалка, О. О. Золотаревська, О. М. Гончаренко*

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 25,11. Обл.-вид. арк. 25,13.

Тираж 30 пр. Зам. №

Дніпровський національний університет  
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1315 від 31.03.2003

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:  
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010



ABSTRACTS  
of the 81 International Scientific and Practical Conference  
PROBLEMS AND PROSPECTS OF THE RAILWAY TRANSPORT  
DEVELOPMENT

У збірнику тез доповідей розглянуто питання, присвячені вирішенню актуальних проблем і перспектив розвитку залізничної галузі.

Матеріали подано в рамках 81 Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту», яку проведено 22-23 квітня 2021 р. у Дніпровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010