



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Дніпровський національний університет  
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

---

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ  
79 ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, МАГІСТРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ

## **НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ПРОГРЕС НА ТРАНСПОРТІ**

СЕКЦІЯ «МЕХАНІКА»

25–31 березня 2019 р.

Дніпро  
2019

Науково-технічний прогрес на транспорті [Текст] : Тези доповідей 79 Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, магістрантів та студентів / друкується в авторській редакції ; Дніпровський нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро : Дніпровський нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2019. – 111 с.

У збірнику представлені матеріали наукових досягнень з питань поліпшення конструкції, раціоналізації технологій використання, технічного обслуговування та ремонту піднімально-транспортних, будівельних, дорожніх машин і комплексів та залізничного транспорту.

## ЗМІСТ

<b>Підсекція «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання».....</b>	<b>9</b>
Дослідження процесу копання ґрунту бульдозерним обладнанням з неповоротним відвалом та об'ємною ножовою системою (ОНС) <i>Горбенко Ю. О., Ракша С. В., Главацький К. Ц.</i> .....	9
Дослідження процесів утворення технологічних порожнин у ґрунті під короткі фундаменти із застосуванням буро-ущільнюючого робочого органа <i>Гуденко А. М., Главацький К. Ц.</i> .....	12
Залучення студентів молодших курсів до лабораторних досліджень процесу копання ґрунту неповоротним бульдозерним відвалом з комбінованою ножовою системою <i>Стешин В. І., Главацький К. Ц.</i> .....	15
Дослідження процесу взаємодії з ґрунтом тризубого розпушника <i>Василенко І. В., Главацький К. Ц.</i> .....	17
Дослідження ефективності роботи підшипникових вузлів будівельних та колійних машин <i>Бондарєв Б. В., Главацький К. Ц.</i> .....	18
Організація процесу технічного обслуговування та поточного ремонту <i>Вовченко М. Д., Хорсєв П. В.</i> .....	19
Застосування системного підходу при розробці моделей функціонування екскаваторного комплексу <i>Бабій В. М., Щєка І. М.</i> .....	20
Методика оцінки ефективності екскаваторів <i>Нетяга В. О., Щєка І. М.</i> .....	21
Розрахунок та проектування зварновальцьованих канатних блоків <i>Петров М. І., Рубан В. М., Василенко В. М.</i> .....	22
Прямолінійно напрямні стрижньові механізми захватних пристроїв маніпуляторів <i>Нікулін О. Д., Погребняк Р. П.</i> .....	23
Дослідження впливу проектних параметрів інерційних конвеєрів на їх технічні характеристики <i>Паляниця Д. В., Богомаз В. М.</i> .....	24
Аналіз впливу проектних характеристик на потужність приводу крутопохилого стрічкового конвеєру з притискною стрічкою <i>Мартиненко В. В., Богомаз В. М.</i> .....	25
Розробка алгоритму прискореного розрахунку потужності стрічкового ковшового елеватору <i>Гута С. С., Богомаз В. М.</i> .....	26
Деякі питання динаміки вантажотранспортуючих установок, що несуть розподілене і зосереджене масове навантаження <i>Тертишна В. О., Каряченко Н. В.</i> .....	27
Дослідження і вибір параметрів та форми шнека гвинтового конвеєра <i>Курманов В. О., Ракша С. В.</i> .....	28

<b>Підсекція «Вагони та вагонне господарство» .....</b>	<b>29</b>
Поглиблена розробка системи резервування електроживлення від сусіднього вагона <i>Біршацька О. В., Вислогузов В. Т. ....</i>	29
Дослідження стійкості руху швидкісних пасажирських вагонів <i>Бойко В. В., Рейдемейстер О. Г. ....</i>	30
Дослідження впливу показників надійності на систему технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів <i>Бондаренко А. С., Мурадян Л. А. ....</i>	31
Дослідження можливості заміни систем електропостачання старотипних вагонів на сучасні <i>Бордичев В. Д., Вислогузов В. Т. ....</i>	32
Аналіз парку вантажних вагонів АТ «Українська залізниця» <i>Дибченко В. А., Шатунов О. В. ....</i>	33
Аналіз транспортування вантажів з метою модернізації універсальної платформи для впровадження ресурсозберігаючих технологій <i>Казанюк П. В., Шатунов О. В. ....</i>	34
Дослідження граничного стану кузовів вантажних вагонів та визначення терміну їх експлуатації <i>Лагутенко О. О., Рейдемейстер О. Г. ....</i>	35
Оцінка показників надійності піввагонів зі збільшеною вантажопідйомністю <i>Ласкаржевський А. В., Мурадян Л. А. ....</i>	36
Дослідження ресурсу залізничних коліс в експлуатації <i>Піценко О. В., Мурадян Л. А. ....</i>	37
Удосконалення кузовів вантажних вагонів з використанням зйомних кузовів <i>Покутня В. В., Мурадян Л. А. ....</i>	38
Теоретичне дослідження можливості ремонту декількох типів спеціалізованих вантажних вагонів в умовах потокової сіті <i>Сахно М. О., Мямлін В. В. ....</i>	39
Дослідження можливості деповського ремонту піввагонів та платформ на сумісних позиціях гнучкого технологічного потоку <i>Суханов М. С., Мямлін В. В. ....</i>	40
Аналіз конструкцій нагрівальних елементів та можливості їх впровадження на залізничному транспорті <i>Руденко Г. Г., Пуларія А. Л. ....</i>	41
Впровадження полікарбонатів на залізничному транспорті <i>Мирошниченко О. С., Пуларія А. Л. ....</i>	42
Аналіз сучасних альтернативних джерел живлення та можливості їх використання <i>Пасько С. І., Пуларія А. Л. ....</i>	43
<b>Підсекція «Теоретична та будівельна механіка» .....</b>	<b>44</b>
Розрахунок на стійкість підпорних просторових ферм з використанням формули Ейлера <i>Шибасєва А. В., Васильченко М. В., Костриця С. А. ....</i>	44

Вплив початкової нерівності осі стиснутого стержня на величину критичної сили <i>Платонов Ю. Ю., Драган В. Ю., Костриця С. А.</i> .....	45
Моделювання пневматичного гальмування в вантажних поїздах різної довжини <i>Поставний М. Р., Урсуляк Л. В.</i> .....	46
Застосування принципу можливих переміщень для аналізу безпеки від сходу колісної пари з рейок <i>Янковий А. С., Янгулова О. Л.</i> .....	47
Економічні методи по оцінці ризиків безпеки руху поїздів <i>Лукашенко А. М., Янгулова О. Л.</i> .....	48
Дослідження руху одиниці рухомого складу як одномасової системи з використанням ПЕОМ <i>Кільчінський Д. С., Лантух В. А., Татарінова В. А., Даценко В. М.</i> .....	50
Теоретичні та з використанням сучасного програмного комплексу дослідження руху електровоза як двомасової системи <i>Приймаченко К. В., Ботін О. В., Татарінова В. А., Недужа Л. О.</i> .....	51
До питання підвищення безпеки на транспорті в умовах мегаполіса <i>Чернявська О. Є., Недужа Л. О.</i> .....	52
Гнучкі нитки, як необхідна розрахункова модель в проектуванні <i>Антохов Р. О., Грановська Н. Й.</i> .....	53
Фактори, які перешкоджають наростоутворенню при різанні металів <i>Попов Р. О., Грищенко М. М.</i> .....	54
Безшовні труби і приклади їх застосування в промисловості <i>Васюченко Д. А., Грищенко М. М.</i> .....	55
<b>Підсекція «Локомотиви та локомотивне господарство»</b> .....	<b>56</b>
Дослідження технічної структури та економічних параметрів елементів системи «розумний будинок» для виробничих приміщень локомотиворемонтного підприємства <i>Вергелюк О. А., Шибка О. С., Довгаль О. С.</i> .....	56
Застосування полімерних матеріалів для ремонту дизелів 211ДЗ і ПД1М <i>Білик О. Є., Мальцев С. О.</i> .....	57
Система відеореєстрації на тяговому рухомому складі залізниць <i>Малинка А. В., Ярмошенко М. В.</i> .....	58
Модульна система тягового рухомого складу залізниць <i>Мозговий В. П., Ярмошенко М. В.</i> .....	59
Застосування технології QR-кодів для контролю за рухомим складом залізничного транспорту <i>Кіндратишин О. Й., Ярмошенко М. В.</i> .....	61
Перспективні методи оперативного контролю технічного стану колісних пар швидкісного рухомого складу <i>Саркісян К. М., Дацун Ю. М.</i> .....	62
Інноваційні технології для залізничного транспорту <i>Гаркуша А. В., Сохацький А. В.</i> .....	63

Hyperloop – інноваційний прорив <i>Лило С. В., Леснікова І. Ю.</i> .....	64
Легке метро як альтернативний вид пасажирського транспорту <i>Лило С. В., Леснікова І. Ю.</i> .....	65
Перспективи використання MagLev технологій для вантажних перевезень <i>Осіпенко К. А., Сохацький А. В.</i> .....	66
Перспективи розвитку контрейлерних перевезень <i>Поліщак Н. О., Сохацький А. В.</i> .....	67
Розв’язання транспортної задачі на базі реальних даних коопераційних зв’язків виробничих підприємств <i>Редькіна А. С., Разгонов С. А.</i> .....	69
Удосконалення стендових випробувань дизельних паливних насосів високого тиску <i>Кострикін С. О., Боднар Б. Є.</i> .....	70
Модернізація тепловозу ЧМЭЗ шляхом використання гібридної силової установки <i>Сало О. І., Боднар Б. Є.</i> .....	71
Модернізація передачі потужності тепловоза серії 2ТЭ116 <i>Марченко О. А., Боднар Б. Є.</i> .....	72
Перспективи розвитку високошвидкісних магістралей України <i>Шевченко Є. О., Боднар Б. Є.</i> .....	73
Розробка заходів з економії енергоресурсів на залізницях <i>Драган Р. Ю., Капіца М. І.</i> .....	74
Підвищення надійності та ресурсу підшипників ковзання локомотивів під час експлуатації <i>Завгородний О. Б., Капіца М. І.</i> .....	75
Підвищення надійності електричного обладнання електровозів під час експлуатації <i>Зуєв Є. С., Капіца М. І.</i> .....	76
Підвищення надійності гідропередач тепловозів під час експлуатації та при ремонті <i>Казьмин А. С., Капіца М. І.</i> .....	77
Визначення оптимального напрацювання корпусної ізоляції ТЕД локомотивів з врахуванням ступені її відновлення <i>Козік Ю. Г., Капіца М. І.</i> .....	78
Модернізація системи автоматичного регулювання температури дизеля <i>Прокопенко А. І., Капіца М. І.</i> .....	79
Підвищення рівня механізації та автоматизації ремонту пружного підвішування тепловозів <i>Пустовой А. А., Капіца М. І.</i> .....	80
Перспективи застосування бортових систем діагностування <i>Богомолів А. Р., Капіца М. І.</i> .....	81
Модернізація системи охолодження ТЕД локомотивів <i>Мокієнко Т. В., Капіца М. І.</i> .....	82
Поліпшення характеристик ходової частини локомотива <i>Щичко Д. І., Бобирь Д. В.</i> .....	83

Підвищення надійності системи повітропостачання дизеля 10Д100 <i>Корнієнко О. В., Бобирь Д. В.</i> .....	84
Визначення технічного стану тягових двигунів локомотивів <i>Орленко В. Е., Бобирь Д. В.</i> .....	85
Перспективи використання багатодизельної установки на маневрових локомотивах <i>Земцов О. С., Бобирь Д. В.</i> .....	86
Перспективи впровадження комбінованих силових установок на маневрових локомотивах <i>Горбачов П. А., Бобирь Д. В.</i> .....	87
Удосконалення випробувань дизелів маневрових тепловозів <i>Назаренко М. С., Очкасов О. Б.</i> .....	88
Шляхи зменшення витрат палива магістральними тепловозами в експлуатації <i>Птахін В. Ю., Очкасов О. Б.</i> .....	89
Перспективи впровадження технологій 3D-друку при виготовленні деталей локомотива <i>Жовніренко О. С., Очкасов О. Б.</i> .....	90
Обґрунтування вибору типу рухомого складу для виконання маневрової роботи <i>Федорова М. В., Очкасов О. Б.</i> .....	91
Удосконалення методів діагностування тягових електричних машин <i>Євтухов А. А., Очкасов О. Б.</i> .....	92
Перспективи розвитку водневих силових установок на локомотивах України <i>Потась Н. А., Довбня М. П.</i> .....	93
Удосконалення перетворювачів частоти тепловозів з електричною передачею змінного струму <i>Москаленко А. О., Красильников В. М.</i> .....	94
Особливості електричних передач сучасних тепловозів з машинами змінного струму <i>Сидоренко Ю. О., Ярема І. О., Красильников В. Н.</i> .....	95
Перспективи розвитку залізничного транспорту в Україні <i>Бабченко Є. К., Шепотенко А. П.</i> .....	97
Оцінка та перспективи розвитку залізничної галузі в Україні <i>Колісник Д. І., Шепотенко А. П.</i> .....	98
Особливості ТЕЗЗАС в експлуатації <i>Кравченко В. С., Шепотенко А. П.</i> .....	99
Переваги та недоліки потягів на магнітній подушці (Maglev) <i>Винник Д. В., Шепотенко А. П.</i> .....	100
Модернізація тепловоза 2ТЭ116 <i>Бабенко Я. В., Шепотенко А. П.</i> .....	101
Удосконалення утримання та ремонту теплообмінників допоміжних систем тепловоза <i>Соловєєнко А. О., Мартишевський М. І.</i> .....	103
Удосконалення тягових розрахунків для поїздів ВШМ <i>Швідь М. М., Кислий Д. М.</i> .....	104
Оптимізація режимів роботи дизеля 16ЧН26/26 <i>Тимченко Д. О., Кислий Д. М.</i> .....	105

Модернізація системи охолодження води та масла на тепловозі 2ТЭ116 <i>Ботін О. В., Децюра О. Я.</i> .....	106
Застосування діагностичних пристроїв при ремонті електровозів <i>Неведров О. В., Горобченко О. М.</i> .....	107
Удосконалення автоматичного вимірювального комплексу тягового електродвигун <i>Юрченко В. В., Горобченко О. М.</i> .....	108
Діагностування циліндрово-поршневої групи локомотивних поршневих компресорів за допомогою математичного моделювання <i>Кислий Д. М., Десяк А. Є., Каница М. І.</i> .....	109



**Підсекція «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання»**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КОПАННЯ ҐРУНТУ БУЛЬДОЗЕРНИМ ОБЛАДНАННЯМ З НЕПОВОРТНИМ ВІДВАЛОМ ТА ОБ'ЄМНОЮ НОЖОВОЮ СИСТЕМОЮ (ОНС)**

Автор – Горбенко Ю. О., пошукач

Наукові керівники: д. т. н., професор Ракша С. В.,

к. т. н., доцент Главацький К. Ц.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Доцільність проведення досліджень обумовлена тим, що в наш час велику увагу приділяють модернізації існуючих або розробці нових машин для земляних робіт та підвищення їх енергоефективності. На сьогоднішній день відомі дослідження і конструктивні рішення плоских ножових систем (НС): традиційного типу із розміщенням ріжучих країв ножів на одній лінії; з виступаючим середнім ножом (ВСН); з виступаючими ножами і бічними косинками (ВН і БК), а також просторових НС з розміщенням ножових пластин по прямокутному профілю, а також НС з ножовими пластинами трапецієподібної форми. Їх проведення на рівні наукових робіт свідчить про актуальність розробки нових видів НС для бульдозерів.

Актуальність досліджень бульдозерного обладнання полягає у тому, щоб підвищити ефективність та продуктивність використання неповоротного бульдозерного відвала за рахунок використання у ньому НС нового типу, а саме, об'ємної ножової системи (ОНС).

Оскільки запропоновані варіанти використання НС на бульдозерах у науково-технічній літературі відсутні, то запропоновані технічні рішення запатентовані. Таким чином запропонована тема досліджень є актуальною. Крім того, актуальність підтверджується широким використанням бульдозерів у будівництві при створенні різноманітних ґрунтових споруд (доріг, насипів, дамб, тощо).

Метою роботи є розробка ефективної конструкції ОНС для неповоротного бульдозерного відвала на основі застосування косоного різання, яку можна використовувати і на інших машинах групи ЗТМ.

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, що вирішується ОНС, 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 косоного 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.

Бульдозери застосовують для зведення насипів із ґрунтів бічних резервів, розробки виїмок, грубого планування поверхонь земляних споруджень, для засипання ровів, траншей, обвалування споруджень, а також для підготовчих робіт – валки окремих дерев, зрізки чагарнику, корчування окремих пнів і каменів. Бульдозери використовують також для розподілу ґрунтових відвалів при роботі екскаваторів і землевозів, утворення штабелів сипучих матеріалів (піску, щебню) і їхньої подачі до переробних агрегатів, для снігоочищення, формування терас на косогорах, виробництва розкривних робіт у кар'єрах.

Ножові системи. Ефективність бульдозерного обладнання підвищується при використанні накопичувальних відкрилків (некеровані та керовані), створенні відповідної форми відвалів у плані (сферична і напівсферична), застосуванні адаптованого відвала, що забезпечує зміну кутів різання, перекидання, кривизни, конфігурації ріжучого ножа та ін.

Ножові системи при цьому забезпечують зниження енергоємності копання ґрунту і виконання супутніх робіт.

Запропонована ОНС бульдозера. Відвал бульдозера з ОНС 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  $A$ ,  $B$ ,  $C$  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. Відвал з ОНС має перевагу тому, що при його роботі створюється безступінчасте розподілення зусиль в межах фрагменту НС. ОНС включає в себе фрагмент, що складається з пари зустрічно направлених ножів.

Конструктивно ОНС можна розмістити з боку лобової площини відвала бульдозера, що характеризується висотою відвала  $H_B$ , не враховуючи висоту козирка  $H_K$ .

При цьому розміщення ОНС з боку лобової площини відвала бульдозера характеризується розмірами  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$ .

Розміри  $H_1$  і  $H_2$  характеризують пропорційний розподіл загальної товщини стружки  $H_{\text{коп}}$ , вирізаної виступаючими точками  $A$  і  $B$  вперед на величину  $L$  і вище на величину  $H_2$  точки  $C$  ріжучого краю ОНС. Розмір  $H_3$  характеризує розміщення точок  $A$  і  $B$  попереду і нижче точки  $C$ .

Сутність процесу різання і копання ґрунту відвалами з ОНС. При необхідності копання ґрунту з утворенням плоскої поверхні після проходу відвала бульдозера можна застосовувати потрібну його комплектацію ОНС. Тобто, точки  $A$ ,  $B$ ,  $C$ , що характеризують ріжучий край, розміщені в одній горизонтальній площині.

При необхідності створити профільну поверхню ґрунту після проходу відвала бульдозера з ОНС, в якій точки  $A$ ,  $B$  і  $C$  розміщені в одній горизонтальній площині, нахилом відвала вперед чи назад можна створити їх вертикальне зміщення, відповідно  $H_3$  і  $H_2$ . Аналогічно вказаному, при необхідності створити плоску поверхню ґрунту після проходу відвала бульдозера з ОНС, в якій точки  $A$ ,  $B$  і  $C$  мають вертикальне зміщення  $H_2$  і  $H_3$ , нахилом відвала відповідно вперед чи назад можна їх розмістити в одній площині. Також регулюванням кута нахилу відвала вперед чи назад, тобто зміною кута копання можна регулювати висоту профілю ґрунту після проходу відвала бульдозера.

При цьому, подовжня відстань  $L$  між точками  $A$ ,  $B$  і точкою  $C$  вибирається за умови заміни блокованого копання напіввільним чи вільним.

При необхідності копання ґрунту з утворенням профільної поверхні після проходу відвала бульдозера можна застосовувати його комплектацію ОНС. Залежно від типу ліній ріжучого краю ОНС відвала бульдозера розділені на ті, в яких він являє собою ламану лінію, що складається з прямолінійних ділянок, та з криволінійним ріжучим краєм у вигляді дуг кола певного радіуса.

У даному випадку тип лінії ріжучого краю впливатиме на енергоємність процесу копання ґрунту. Очікується відносно менша енергоємність копання ґрунту ОНС з криволінійним ріжучим краєм.

Планування експериментальних досліджень на фізичних моделях відвала бульдозера з ОНС. З метою виявлення взаємного впливу параметрів робочого обладнання (РОБ) експе-

риментальні дослідження проводилися на підставі теорії планування експериментів, а результати оброблялися методами теорії ймовірності та математичної статистики.

Основні параметри РОб бульдозера з ОНС, що оптимізуються і змінювані в ході експериментів:

- подовжня відстань між точками  $A-B-C$ , зміна якого характеризує на яку відстань  $L$  будуть віддалені точки  $A$  і  $B$  від точки  $C$  в горизонтальній площині;
- вертикальна відстань між точками  $A-B-C$ , зміна якого характеризує на яку величину  $H_2$  чи  $H_3$ , будуть зміщені точки  $A$  і  $B$  відносно точки  $C$  у вертикальному напрямку;
- товщина стружки  $h$ ;
- кількість пар ножів, зміна якого забезпечувало варіювання кількості пар ножів від однієї до шести.

Для теоретичного визначення питомого коефіцієнта опору ґрунту копанню ОНС використано рівняння тягового балансу бульдозера.

Визначення довжини ріжучого краю ножа для ОНС з ламаною лінією лез ножів. Теоретичний розрахунок проведений для горизонтального та вертикального зміщення точок  $A-B-C$  ОНС на базі фізичної моделі відвала бульдозера ДЕТ-250, у масштабі 1:10 де:

- максимальна дотична складова опору різання ґрунту  $P_{01} = 149,4$  кН;
- максимальна товщина стружки  $h_{max} = 0,450$  м;
- ширина секції  $c$ , що залежить від кількості пар ножів: для однієї пари ножів ширина секції  $c = 454$  мм; для двох пар  $c = 257$  мм; для трьох пар  $c = 151$  мм; для чотирьох пар  $c = 114$  мм; для п'яти пар  $c = 91$  мм; для шести пар  $c = 76$  мм.

Для розрахунку параметрів для горизонтального зміщення країв ножів визначена довжина ріжучого краю ножа для горизонтального зміщення (точки  $A-B-C$  у одному рівні) та вертикального зміщення (точки  $A-B-C$  вище або нижче рівня), а також питомий коефіцієнт опору копанню для ОНС.

Побудований графік залежності питомого коефіцієнта опору різанню від довжини ріжучої частини ножів та постійної подовжньої відстані точок  $A-B-C$ .

Для розрахунку параметрів для вертикального зміщення країв ножів (точок  $A-B-C$ ) визначена довжини ріжучого краю ножів та коефіцієнта питомого опору копанню для вертикального зміщення (точки  $A-B-C$  вище або нижче рівня).

Визначено довжину ріжучого краю ножів для усіх випадків вертикального зміщення точок  $A-B-C$ .

При кожному зміщенні точок ріжучого краю визначено питомий коефіцієнт опору копанню для довжин ріжучого краю ножів.

Отриманий графік залежності питомого коефіцієнта опору різання від довжини ріжучого краю ножів та постійного вертикального зміщення точок  $A-B-C$ .

Лабораторне дослідження процесу копання ґрунту бульдозерним відвалом із ОНС. Запропонована схема роботи відвала від початку роботи до повного набору призми ґрунту. Спочатку відвал знаходиться у початкову положенні; потім відбувається опускання РО до поверхні ґрунту. Після цього спостерігаємо етап заглиблення НС на максимальну глибину заглиблення. Пройшовши певний відрізок шляху на довжині набору призми, відвал повністю заповнює ґрунтову призму ґрунтом, що відповідає положенню максимального заповнення об'єму ґрунтової призми відвала.

Отримана фотограма процесу копання ґрунту бульдозерним відвалом з ОНС з характерними положеннями робочого обладнання і, зокрема, відвала. При цьому слід звернути увагу на характерні зсуви ґрунту у призму, що сприяє зменшенню його втрат та на довжину шляху набору ґрунту у призму. Ці особливості процесу копання сприяють зменшенню питомої енергоємності та підвищенню продуктивності.

Слід зазначити, що збільшення призми волочіння ґрунту перед відвалом відбувається у тому числі і за рахунок встановлення бічних косинок відвала збільшених розмірів.

Загальне зменшення питомої енергоємності процесу копання ґрунту відбувається і за рахунок заміни блокованого копання ґрунту напіввільним.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ УТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОРОЖНИН У ҐРУНТІ ПІД КОРОТКІ ФУНДАМЕНТИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БУРО-УЩІЛЬНЮЮЧОГО РОБОЧОГО ОРГАНА**

Автор – Гуденко А. М., пошукач

Науковий керівник – к. т. н., доцент Главацький К. Ц.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Певні технологічні процеси проведення земляних робіт передбачають утворення в них технологічних порожнин для прокладання комунікацій, влаштування фундаментів на буронабивних палях та забивних блоках, фундаментів-оболонок, встановлення опор ліній електропередач, і т. ін. Утворення технологічних порожнин у масиві ґрунту (ТПГ) можливе бурінням, ущільненням (трамбуванням, проколом) чи комбінованим способом. Кожен із даних способів має свої переваги і недоліки.

З точки зору утворення заданого ущільненого об'єму ґрунту навколо ТПГ доцільно максимально використати для цього частково чи повністю ґрунт з технологічної порожнини, тобто перемістити його в бічні сторони відносно її подовжньої осі. При цьому ступінь і об'єм ущільненої зони залежатиме від розмірів і об'єму ТПГ.

Найбільш поширеними видами дії робочого органа на ґрунт є статика, вібрація, віброудар і удар. Але динамічні дії не завжди можна використати в умовах ведення робіт в зоні об'єктів з відповідними обмеженнями. Статика ж передбачає значне збільшення маси машини (в тому числі, за рахунок її привантаження), влаштування допоміжних технологічних опор для домкратів (при проколі чи протисканні ґрунту), використання потужних енергоустановок.

Для виключення залежності зусиль, діючих від робочих органів на ґрунт при його статичному ущільненні, від вищезазначених характеристик йдуть шляхом створення замкнених силових контурів між робочим обладнанням, робочим органом і ґрунтом, а робоче обладнання і робочі органи виконують секційними з шарнірно з'єднаними елементами, керованими важільними механізмами з механічним, пневмо-, гідро- чи комбінованим приводом. Актуальною задачею при цьому є розробка ефективних, багатофункціональних, простих, компактних і технологічних схем робочого обладнання та робочих органів, а на їх основі – відповідних конструктивних рішень модульного типу на базі існуючих шасі будівельних чи дорожніх машин.

Для цього необхідною умовою є теоретичне дослідження процесу ущільнення ґрунту без його виїмки у бічні сторони ТПГ з мінімальними енерговитратами при умові досягнення максимально можливої щільності ґрунту. При цьому слід врахувати, що розмір ТПГ у загальному випадку може складатися з двох об'ємів, а саме: з об'єму видаленого і ущільненого ґрунту.

Автором запропоновані принципові схеми ґрунтоущільнюючого робочого органа, робоча поверхня якого виконана ступеневою з циліндричних і конічних поверхонь.

Складені співвідношення між розмірами окремих елементів робочого органа за умови постійності об'єму ґрунту, який ущільнюється в бічні сторони ТПГ. На основі відповідних баз даних розмірів елементів робочих органів складені рівняння для співвідношень між параметрами робочих органів.

Запланована серія перспективно-пошукових досліджень на лабораторному стендовому обладнанні кафедри із спрощеними монолітними моделями робочих органів з метою уточнення діапазону раціональних параметрів форми і розмірів їх зовнішньої поверхні та їх узгодження з фізико-механічними характеристиками моделі ґрунту.

Дані дослідження необхідні для розробки обладнання і відповідних робочих органів з гідро- чи електромеханічним гвинто-важільним приводом, призначеного для утворення ТПГ, глибиною до 3 м та середнім діаметром до 1,5 м.

Робота є актуальною з точки зору розробки нових пристроїв для утворення ТПГ на місці будівництва під короткі буронабивні фундаменти.

Певні технологічні процеси проведення земляних робіт передбачають утворення в них технологічних порожнин для прокладання комунікацій, влаштування фундаментів на буронабивних палях та забивних блоках, фундаментів-оболонок, встановлення опор ліній електропередач, і т. ін.

Утворення ТПГ можливе бурінням, ущільненням (трамбуванням, проколом) чи комбінованим способом. Кожен із даних способів має свої переваги і недоліки.

З точки зору утворення заданого ущільненого об'єму ґрунту навколо ТПГ доцільно максимально використати для цього частково чи повністю ґрунт з технологічної порожнини, тобто перемістити його в бічні сторони відносно її подовжньої осі. При цьому ступінь і об'єм ущільненої зони залежатиме від розмірів і об'єму ТПГ.

Найбільш поширеними видами дії робочого органа на ґрунт є статика, вібрація, віброудар і удар. Але динамічні дії не завжди можна використати в умовах ведення робіт в зоні об'єктів з відповідними обмеженнями. Статика ж передбачає значне збільшення маси машини (в тому числі, за рахунок її привантаження), влаштування допоміжних технологічних опор для домкратів (при проколі чи протисканні ґрунту), використання потужних енергоустановок.

Для виключення залежності зусиль, діючих від робочих органів на ґрунт при його статичному ущільненні, від вищезазначених характеристик йдуть шляхом створення замкнутих силових контурів між робочим обладнанням, робочим органом і ґрунтом, а робоче обладнання і робочі органи виконують секційними з шарнірно з'єднаними елементами, керованими важільними механізмами з механічним, пневмо-, гідро- чи комбінованим приводом.

Актуальність роботи. Актуальною задачею при цьому є розробка ефективних, багатофункціональних, простих, компактних і технологічних схем робочого обладнання та робочих органів для утворення ТПГ, а на їх основі – відповідних конструктивних рішень модульного типу на базі існуючих шасі колійних, будівельних чи дорожніх машин.

Мета і задачі досліджень. Метою досліджень є визначення раціональних і оптимальних параметрів робочих органів для утворення ТПГ заданої несучої здатності залежно від її технологічного призначення при відповідній енергоємності процесу.

Поставлена мета досягається вирішенням наступних задач:

- обґрунтування доцільності виконання ТПГ для влаштування фундаментів, опор і прокладання комунікацій безтраншейним способом;
- формування моделей робочих органів;
- виготовлення фізичних моделей робочих органів для утворення ТПГ;
- проведення серій експериментальних досліджень на моделях робочих органів для виконання ТПГ;
- опрацювання результатів експериментальних досліджень;
- формування висновків для подальшого використання результатів проведених лабораторних досліджень.

Об'єкт дослідження – процес утворення ТПГ.

Предмет дослідження – раціональні параметри робочих органів для утворення ТПГ.

Методами досліджень є дослідно-аналітичний підхід до встановлення раціональних діапазонів значень параметрів робочих органів для утворення ТПГ, фізичне моделювання, математичне моделювання, статистичний аналіз.

Необхідною умовою виконання лабораторних досліджень є теоретичне дослідження процесу ущільнення ґрунту без його виїмки у бічні сторони ТПГ з мінімальними енерговитратами при умові досягнення максимально можливої чи мінімально достатньої щільності ґрунту. При цьому слід врахувати, що розмір ТПГ у ґрунті в загальному випадку може складатися з двох об'ємів, а саме: з об'єму видаленого і ущільненого ґрунту.

На першому етапі досліджень автором запропоновані принципові схеми ґрунтоущільнюючого робочого органа, робоча поверхня якого виконана ступеневою з циліндричних і конічних поверхонь.

Складені співвідношення між розмірами окремих елементів робочого органа за умови постійності об'єму ґрунту, який ущільнюється в бічні сторони ТПГ, на основі яких виготовлені комплекти фізичних моделей збірних робочих органів.

На основі відповідних баз даних розмірів елементів робочих органів складені рівняння для співвідношень між їх параметрами.

Складені плани серій перспективно-пошукових досліджень на лабораторному стендовому обладнанні із спрощеними фізичними моделями робочих органів для утворення ТПГ з метою уточнення діапазону раціональних параметрів форми і розмірів їх зовнішньої поверхні та їх узгодження з характеристиками моделі ґрунту.

За результатами досліджень визначені залежності між енергоємністю утворення і несучою здатністю ТПГ та елементами робочих органів.

На другому етапі досліджень запропоновані ряд схем робочих органів-трансформерів, здатних збільшуватися в об'ємі щодо поперечного перерізу ТПГ з метою формування вимог до конструювання і напрацювання підходів до створення такого робочого органа, щоб при деформації ґрунту він не потрапляв у середину конструкції робочого органа і не заважав її роботі.

Практичне значення очікуваних результатів. Виконані дослідження і розробка принципів схем і робочих органів машин для утворення ТПГ з вібростемами модульного типу будуть використані при конструюванні натурних зразків відповідних робочих органів, які у перспективі можуть бути використані при утворенні ТПГ у будівництві споруд та при прокладанні комунікацій.

З точки зору залучення студентів і пошукачів до наукових досліджень виконана робота може бути зразком алгоритму виконання наукової роботи, створює базу для уточнення напрямків досліджень і дає можливість уявити комплекс взаємопов'язаних питань щодо цілісності наукової роботи дисертаційного типу.

Особистий внесок здобувача. Всі теоретичні та експериментальні дослідження, заплановані у роботі, а також обґрунтування параметрів для виготовлення комплектів моделей робочих органів виконуються автором самостійно, а заявка на патент України на винахід і наукова стаття виконані у співавторстві.

Автором запропонований ряд удосконалень до базової конструкції лабораторного стенда для прискорення проведення досліджень при незмінно високій достовірності отриманих результатів та стабільності умов досліджень.

Апробація результатів дипломної магістерської роботи. Основні положення роботи повідомлені та обговорені на студентській конференції університету.

Публікації. За результатами роботи підготовлена до публікації стаття та оформлена заявка на патент України на винахід.

**ЗАЛУЧЕННЯ СТУДЕНТІВ МОЛОДШИХ КУРСІВ ДО ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ  
КОПАННЯ ҐРУНТУ НЕПОВОРТНИМ БУЛЬДОЗЕРНИМ ВІДВАЛОМ  
З КОМБІНОВАНОЮ НОЖОВОЮ СИСТЕМОЮ**

Автор – Стешин В. І., студент групи ПМ 18130

Науковий керівник – к. т. н., доцент Главацький К. Ц.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Науково-дослідницька діяльність випускових кафедр університету із залученням бажаючих займатися такою роботою найбільш підготовлених студентів є запорукою їх зацікавленого ставлення до навчання.

Приймаючи участь у наукових дослідженнях, студент відчуває себе частиною наукового колективу кафедри і може наглядно побачити всю багатогранність творчого процесу пошуку нового технічного рішення у заданій галузі знань.

Розробка нових комбінованих ножових систем (КНС), які направлені на зниження енергоємності копання ґрунту за рахунок поліпшення накопичення і переміщення ґрунту по відвалу і зменшення втрат ґрунту в бокові валики на сьогодні є актуальним напрямком створення нових видів енергоефективних бульдозерів та скреперів.

Мета роботи – розробка високоефективної КНС шляхом проведення досліджень процесу взаємодії робочих органів (РО) бульдозерів з ґрунтом, які повинні призвести до спільного результату – зниження енергоємності і підвищення продуктивності процесу копання ґрунту відвалом з КНС за рахунок зменшення коефіцієнта питомого опору копанню і втрат ґрунту у бічні валики.

Бульдозер є однією з основних машин, що використовуються у промисловому, цивільному, військовому та дорожньому будівництві, оскільки його конструкція проста, універсальна та має низьку собівартість виконання роботи. Удосконалення конструкції РО бульдозера є одним із основних напрямів підвищення його продуктивності.

Підвищення продуктивності та ефективності роботи бульдозера можливо за рахунок надання ножовій системі РО таких геометричних параметрів, при яких зусилля копання ґрунту буде мінімальним, а траєкторія переміщення вирізаної стружки ґрунту і її компоновка сприятиме ефективному збільшенню призми волочіння. Таким чином потрібно витрачати мінімальне питома зусилля на переміщення ґрунту по ґрунту і по відвалу та зменшити втрати ґрунту у бічні валики.

Різання ґрунтів являється ведучим процесом при механічному способі їх розробки. Сутність процесу різання полягає у відокремленні ґрунту від масиву за допомогою РО, який звичайно нагадує форму клина. Основними параметрами клина є ширина його леза, кут різання, задній кут, кут загострення, форма, профіль та довжина передньої грані. Основною характеристикою процесу різання є режим різання, який визначається товщиною шару ґрунту, що відокремлюється, та швидкістю руху РО у масиві ґрунту. При відомому режимі процесу різання ґрунту клином, який має задані параметри, найбільш важливим питанням є прогнозування величини питомого опору ґрунту різанню. Але оскільки при роботі РО бульдозера досягти чистого різання практично неможливо, то слід використовувати термін копання ґрунту і визначити коефіцієнт питомого опору копанню для запропонованої КНС, встановленої на неповоротному відвалі.

Для перевірки результатів теоретичних розрахунків в лабораторних умовах розроблені і виготовлені масштабні моделі бульдозерного неповоротного відвала і комплекту КНС для нього, розроблена лабораторна установка для проведення досліджень, а також складений трифакторний план експериментальних досліджень. Під час проведення експериментальних досліджень особливу увагу слід звернути на процес формування призми волочіння перед відвалом, величину шляху наповнення призми, виміряти силу сумарного опору

копанню, з якої виділити дотичну силу опору копанню з метою уточнення коефіцієнта питомого опору копанню ґрунту.

У процесі лабораторних досліджень здійснюється візуалізація процесу копання ґрунту бульдозерним відвалом з КНС, і, зокрема, процесу набору призми ґрунту.

Наглядність процесу копання ґрунту бульдозерним відвалом з КНС дозволила зробити ряд висновків, характерних для даного процесу, на основі яких можна внести уточнення до запропонованих технічних рішень.

Так, при наборі призми ґрунту перед відвалом частина ґрунту втрачається у бічні валики обабіч відвала протягом усього шляху копання. Об'єм втраченого ґрунту у бічних валиках поступово збільшується, а потім стабілізується, що свідчить про те, що призма ґрунту перед відвалом набула максимального об'єму і об'єм втрат ґрунту дорівнює об'єму вирізаного ґрунту.

Об'єм втрат ґрунту у бічні валики до моменту стабілізації свідчить про необхідність змін параметрів КНС, зокрема кута нахилу ріжучих країв бічних ножів щодо напрямку руху відвала, тобто потрібно змінити параметри КНС так, щоб втрат ґрунту у бічні валики до моменту набору повної призми ґрунту перед відвалом не було.

Під час копання ґрунту бульдозерним відвалом з набором змінних КНС здійснюються вимірювання: сили копання ґрунту, часу копання, довжини копання при наборі максимального об'єму призми ґрунту перед відвалом, щільності ґрунту, глибини копання. На основі цих вимірювань можна підрахувати продуктивність і потужність копання, та зробити оцінку енергоефективності процесу шляхом визначення співвідношення потужності до продуктивності копання, яке для найбільш вдалого конструктивного рішення повинно бути мінімальним.

Важливим етапом лабораторних досліджень є коректна підготовка моделі ґрунту щодо його профілю та ступеня ущільнення, правильне налаштування лабораторно-дослідницького устаткування, зокрема, правильне встановлення моделі відвала відносно ґрунту з урахуванням його лінійних і кутових характеристик.

Слід звернути особливу увагу на величину відносної вологості моделі ґрунту, як ключову його характеристику, від якої залежить ефективність його розробки РО бульдозерів та скреперів.

Стосовно конструктивного рішення стану і його приводу слід зауважити, що для забезпечення надійності зчеплення ходових коліс з основою ходу у раніше запропоновану конструкцію внесені відповідні зміни, а саме: встановлена відкрита ланцюгова передача між приводним колесом та ходовою основою а також відкрита ланцюгова передача на останній тихохідній ступені, які виключають можливе пробуксовування ходових коліс.

Висновок. Для підвищення ефективності і зниження енергоємності процесу копання ґрунту неповоротним відвалом бульдозера запропонована принципово нова конструкція КНС, яка ґрунтується на реалізації косоного різання і копання ґрунту парами ножів, розміщених в межах традиційної ножової системи неповоротного відвала бульдозера, леза яких розміщені під кутом у плані, а площини їх розміщення знаходяться під заданим кутом до горизонталі.

На основі результатів лабораторних досліджень шляхом визначення мінімальної питомої енергоємності процесу копання ґрунту буде визначено кращий варіант КНС, який буде базовим для уточнення його геометричних параметрів з метою усунення втрат ґрунту у бічні валики до моменту набору повної призми ґрунту перед відвалом.



## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ З ГРУНТОМ ТРИЗУБОГО РОЗПУШНИКА

Автор – Василенко І. В., студент групи ПМ 1821

Науковий керівник – к. т. н., доцент Главацький К. Ц.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Актуальність роботи пояснюється необхідністю підвищення ефективності застосування розпушників при підготовці мерзлих і міцних ґрунтів до розробки машинами для земляних робіт.

Об'єкт дослідження – процес розпушення ґрунту тризубим розпушником.

Предмет дослідження – встановлення раціональних параметрів тризубого розпушника та режиму його застосування.

Мета роботи – розробка багатофункціональної конструкції тризубого розпушника з точки зору спектру підготовчих робіт на будівельному майданчику для створення нормальних умов роботи для екскаваторів, бульдозерів, скреперів і автогрейдерів.

Розпушувальні роботи з використанням начіпного розпушувального обладнання дуже поширені у зв'язку з найнижчою витратою енергії та значним різноманіттям мало об'ємних робіт, що передбачають не тільки розпушення мерзлого ґрунту, як основного виду робіт, але й руйнування асфальто-бетонних покриттів і затверділих будівельних матеріалів, а також використання розпушувального обладнання як маніпуляційного, зокрема для ліквідації наслідків стихійних лих і аварій. Таким чином актуальність даної роботи з одного боку пов'язана із створенням розпушувального начіпного обладнання модульного типу, та раціональним використанням при цьому тягових можливостей базової машини, а з іншого – з врахуванням фізико-механічних характеристик ґрунту, які дозволяють його ефективно руйнувати з мінімальними витратами енергії на ущільнення ґрунту.

Пропозиція, обґрунтована в роботі стосується удосконалення одного з елементів начіпного розпушувального обладнання, а саме – робочої балки, та відповідних уточнень інших елементів розпушувального обладнання на основі модульного принципу проектування. Такий підхід дозволить використати запропоноване технічне рішення і на інших типах базових машин.

Технологічно запропонований варіант конструктивного рішення повинний передбачати легку його реалізацію в умовах машинних станцій і інших ремонтних підрозділах заводського типу. В той же час окремі пропозиції можна рекомендувати і для серійного виготовлення.

Враховуючи низьку оснащеність учбового процесу наглядними посібниками у вигляді моделей у тому числі і робочого розпушувального обладнання, на основі запропонованого розрахунку виготовлена діюча модель для проведення лабораторних досліджень і наглядного показу взаємодії розпушника з ґрунтом. Модель тризубого розпушника складається з пари передніх розпушувальних зубів, встановлених паралельно шарнірно симетрично на спільній осі з можливістю бічного нахилу, та заднього вертикального зуба, встановленого у вертикальній площині симетрії передніх розпушувальних зубів з можливістю осьового повороту на  $360^{\circ}$ .

Моделлю мерзлого ґрунту є парафін, фізико-механічні характеристики якого найбільш відповідають заданим умовам моделювання.

У результаті досліджень очікується отримання результатів, на основі яких можна запропонувати раціональні параметри та режими застосування тризубого розпушника для практичного застосування при розробці натурного зразка даного робочого обладнання.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПІДШИПНИКОВИХ ВУЗЛІВ БУДІВЕЛЬНИХ ТА КОЛІЙНИХ МАШИН

Автор – Бондарєв Б. В., студент групи ПМ 1821

Науковий керівник – к. т. н., доцент Главацький К. Ц.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Робота є актуальною з точки зору розробки нових видів підшипникових вузлів будівельних та колійних машин. Суттєвою особливістю підшипникових вузлів деяких машин є великі навантаження на підшипники, а, отже, і значні розміри при невеликій частоті їх обертання. В результаті цього маса підшипників в, наприклад, масі вузла кранових коліс складає більш як 5 % при не меншій їх вартості.

Тому, на наш погляд, підшипники кочення для вантажопідйомних машин (а можливо і для інших тихохідних) повинні вироблятися спеціально і бути значно дешевшими за серійні, що виробляються „на усі випадки”.

Поставлені питання можуть бути вирішені при наявності аналітичної залежності, яка б встановлювала зв'язок між опором кочення та геометричними розмірами контактуючих тіл.

Велика кількість формул, які були запропоновані після отримання Герцом (1881-1882 рр.) аналітичних залежностей для визначення контактних напружень і деформацій були не придатні для практичного використання, бо містили один, а то і два коефіцієнти, визначення яких вимагало порівняно більших витрат, чим самого коефіцієнта тертя кочення в формулі Кулона.

Відома аналітична залежність для визначення коефіцієнта тертя кочення, яка не вимагає знання будь-яких додаткових даних, крім загальноприйнятих.

Треба вирішити такі питання: чи повинні в шарикових підшипниках бути однаковими радіуси бігових доріжок на зовнішньому і внутрішньому кільцях; чи повинні бути однаковими матеріали кілець?

Об'єкт дослідження – процес кочення у підшипниковому вузлі машини.

Предмет дослідження – раціональні параметри підшипникового вузла машини.

Мета дослідження – напрацювання нових конструктивних рішень підшипникових вузлів машин, зокрема знайти такі співвідношення між допустимими контактними напруженнями матеріалів внутрішнього і зовнішнього кілець підшипника, або між радіусами доріжок кочення, при яких довговічність кілець буде однаковою..

Робота сил тертя кочення шарика або ролика по зовнішньому і внутрішньому кільцях підшипників за строк їх служби суттєво різні. Це не може не впливати на строк служби підшипника взагалі. Задачу по зрівнянню робіт сил тертя вирішимо спочатку для роликів, як більш просту з точки зору математичного апарату, а потім для шарикового підшипників.

Для роликів підшипника при відомому радіусі ролика і ширині підшипника, радіус бігової доріжки внутрішнього кільця і зовнішнього кільця знайдемо із теорії контактних напружень радіус ролика. При умові, що коефіцієнт Пуассона матеріалів ролика і кілець дорівнює 0,3, а модулі пружності при втискуванні матеріалів однакові.

Аналогічну задачу вирішимо для шарикопідшипника при заданих розмірах.

Слід звернути увагу на економію енергії від застосування запропонованих теоретичних і технічних рішень вузлів із шариковими і роликівими підшипниками кочення, яка, наприклад, для сорока вагонів на шляху 100 км складе близько 270 кВт\*год.

Отже запропонований напрям досліджень є перспективним, особливо враховуючи велику кількість вузлів будівельних і колійних машин з підшипниками кочення.

## ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ

Автор – Вовченко М. Д., студент групи АГ1611

Науковий керівник – к. т. н., доцент Хорсев П. В.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Під час перевезення пасажирів та вантажів або експлуатації будь-якого виду транспорту або техніки необхідно проводити технічне обслуговування або поточний ремонт тих чи інших вузлів та механізмів. Для цього необхідні пункти прийому та обслуговування транспорту або окремих механізмів.

У цій роботі я розглянув окремий вид, так званих, станцій технічного обслуговування які надають свої послуги виключно для автомобільного транспорту малого та середнього класу. Я розглянув яка повинна бути структура станції технічного обслуговування для максимальної ефективності та продуктивності роботи майстрів на ній, з чим на даний час на станціях технічного обслуговування автомобілів виникають досить великі проблеми, щоб уникнути їх, процес проведення технічного обслуговування та поточного ремонту автомобілів та окремих вузлів, а також проведення після ремонтного діагностування автотранспортних засобів та окремих вузлів, повинен бути налагоджений та діяти згідно установлених норм.

Для підвищення ефективності та продуктивності праці на станціях технічного обслуговування повинні бути окремі зони для різного роду робіт, на яких бути спеціальне або спеціалізоване обладнання для обслуговування різних марок автомобілів та окремих вузлів.

Також для проведення первинної та вторинної діагностики автомобіля та окремого вузла повинні бути окремі авто-місце для проведення таких робіт. На цих місцях повинні бути спеціальні діагностичні стенди які дадуть можливість для проведення перед ремонтну діагностику та після ремонтну діагностику автомобіля або окремого вузла.

Мета цієї роботи – засвоїти теоретичні данні про те, як повинен бути організовано технологічний процес технічного обслуговування та поточного ремонту автомобільних засобів пересування.

Також для забезпечення ефективності роботи на кожній зі станції технічного обслуговування та поточного ремонту необхідно мати достатньо інструментів та спеціального обладнання, таких як станцій до ремонтного діагностування та станцій після ремонтного діагностування, необхідна кількість гідравлічних або інших пресів, необхідну кількість вимірювальних приладів для забезпечення максимально ефективного та точного проведення ремонтних робіт.

Але недостача необхідних інструментів та діагностичних стендів – не єдина проблема, яка існує на станціях технічного ремонту та поточного ремонту. На більшій кількості станції технічного ремонту не має забезпечення літературою та нормативними документами, в яких буде описаний увесь процес ремонту будь якого механізму.

Для вирішення цих двох проблем у наш час є декілька рішень. По-перше, для забезпечення станції технічного обслуговування необхідною літературою та нормативними документами необхідне сховище даних, яким може стати любий комп'ютер, уся нормативна документація є у відкритому доступі або за незначну плату у підприємства, яке виготовило цю деталь, та є також більш складний вихід з цієї ситуації, як наприклад довірити написання цієї літератури виробничому майстру. А для вирішування проблеми з інструментом, то його можна купити або виготовити за нормативними документами.

## ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ПРИ РОЗРОБЦІ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕКСКАВАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ

Автор – Бабій В. М., студент групи ПМ1416

Науковий керівник – к. т. н., доцент Щека І. М.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

З позицій організації та управління робочими процесами екскаватор, що працює спільно з автотранспортними засобами при доставці ґрунту споживачеві, розглядається як елемент системи, яка представляє собою сукупність навантажувальних і розвантажувальних пунктів, місць розробки ґрунту (корисних копалин), засобів і шляхів сполучення, підрозділів планування, аналізу та управління процесами розробки і доставки ґрунту споживачам.

Подано класифікацію систем, де провідною ланкою є екскаватор (екскаватори) в залежності від таких ознак як склад системи, т е індивідуальна робота екскаватора або спільно з транспортними машинами, які доставляють ґрунт, кількості працюючих екскаваторів і транспортних машин, закономірностей впливу зміни величин техніко-експлуатаційні показників на ефективність екскаваторів і систем в цілому, кількості обслуговуваних споживачів і їх розташування, необхідності врахування послідовності входження транспортних засобів в систему, можливості застосування різного математичною апарату і відповідно до їх ієрархічним розташуванням згідно поведінки.

У наведеній класифікації систем, в яких функціонує одноковшевий екскаватор, кожен наступний клас включає в себе попередній і при цьому вказується, що однотипні властивості проявляються у більш складних систем в якісно новій формі. Наприклад, якщо в системі «екскаватор – відвал» експлуатаційна продуктивність екскаватора повністю визначає ефективність системи, то в системі «екскаватор – автомобілі – споживач» експлуатаційна продуктивність потенційно формує тільки процес «розробка ґрунту» і витрати часу на завантаження транспортних машин. Таким чином, елемент «екскаватор» повністю входить до складу системи більш високого рівня, і його експлуатаційна продуктивність супроводжується новою якістю навантаження. Сама ж продуктивність екскаватора стає залежною від наявності та роботи автотранспортних засобів

Системи, де провідною ланкою є екскаватор (екскаватори) пропонується розділити на декілька систем. Системи першого рівня – «екскаватор – ґрунт» – екскаватор працює незалежно від інших екскаваторів і транспортних машин. Ефективність системи повністю визначається властивостями ґрунту і продуктивністю екскаватора. Системи другого рівня – один екскаватор працює спільно з транспортними машинами, які здійснюють доставку розробленого і відвантаженого екскаватором «ґрунту» споживачам. Провідною ланкою в цій системі є екскаватор, від якого залежить обсяг ґрунту, що розробляється, а обслуговуючою – автомобіль. Системи третього рівня – екскаватор працює в складі групи екскаваторів спільно з групою транспортних машин (автомобілів) Це найбільш складна система і знаходиться на більш високому ієрархічному рівні.

Експлуатаційна продуктивність екскаватора, який працює в системах з автомобілями при доставці ґрунту в пункт розвантаження, визначається в кожній системі по-різному, в залежності від рівня складності системи і дорівнює сумарній продуктивності всіх автомобілів, що працюють в системі. Процес функціонування системи екскаватора і автомобілів є дискретним, а не безперервним.

Застосування системного підходу при розробці моделей функціонування екскаваторного комплексу системи «екскаватор – автомобілі» дозволяє врахувати безліч учасників процесу та факторів взаємодії елементів системи.

## МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСКАВАТОРІВ

Автор – Нетяга В. О., студент групи ПМ1416

Науковий керівник – к. т. н., доцент Щека І. М.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Показник приведених витрат, віднесений до одиниці продукції виробленої в одиницю часу, називається показником приведених питомих витрат (ППВ), який за своєю структурою відображає витрати на одиницю продукції, і є ефективною системою оцінки параметрів конструкції машини. Визначивши математичні моделі, які будуть використовуватися при розрахунку величини критерію ППВ, можна скласти список вихідної інформації, необхідної для розрахунку.

Вихідні дані до розрахунку: тривалість перестановок, втрати часу на здійснення управління, технічна продуктивність, простої машини з технічних причин, організація роботи машини, експлуатаційні витрати.

Використовую отримані і вже наявні математичні моделі була складена програма ПТК Advisor розрахунку ППВ. Розрахунку передують введення вихідних даних, список яких представлений вище. З використанням інформації про потужності силової установки визначається час, який витрачається на підйом робочого обладнання і поворот платформи на вивантаження і назад в забій. Далі з урахуванням витрат часу на перестановки, що залежать від величини радіуса дії екскаватора  $R_{\max}$  і інших його характеристик, глибини і ширини котловану, міцності ґрунту, коефіцієнта використання змінного часу, здійснюється розрахунок експлуатаційної змінної продуктивності. Після чого з використанням економічних показників, зазначених у вихідних даних до розрахунку, здійснюється розрахунок величини питомих приведених витрат  $Z$ , а також часу виконання робіт  $T_{\text{вр}}$ .

Знання величини питомих приведених витрат для однієї машини не дозволить оцінити її ефективність. Її величину необхідно визначити для декількох екскаваторів, і в результаті порівняння можна буде вибрати екскаватор найбільшої ефективності. Тому процедура оцінки ефективності передбачає проведення розрахунку за алгоритмом для декількох екскаваторів з подальшим порівнянням отриманих результатів.

Для оцінки ефективності екскаваторів, за допомогою розрахункової програми, необхідно послідовно для кожного з екскаваторів обчислити значення питомих приведених витрат  $Z$  і часу виконання робіт  $T_{\text{вр}}$ . В результаті будуть отримані ряди значень  $Z$  та  $T_{\text{вр}}$  для  $j$  оцінюваних екскаваторів. Використовуючи інформацію про допустимий термін виконання робіт  $T_{\text{врдоп}}$  видалити зі списку екскаватори, для яких має місце умова  $T_{\text{вр}j} > T_{\text{врдоп}}$ . Потім з отриманого списку екскаваторів вибрати машину, у якій має місце мінімальне значення ППВ, це і буде екскаватор максимальної ефективності. Однак, ряд даних вихідної інформації невідомий, в той час, як в дійсності ці дані мають конкретні значення. В таких умовах провести об'єктивну оцінку ефективності не є можливим. Якщо здійснити варіювання невідомих аргументів вихідної інформації в певному діапазоні, то можна скласти уявлення про інтервали зміни факторів, які не призводять до суттєвих змін в конкурентоспроможності. та буде отримано інформацію, яку згодом можна буде використовувати для оцінки ефективності досліджуваних екскаваторів, вже не вдаючись до розрахунку.

Таким чином оцінку ефективності доцільно розбити на два етапи. У першому етапі здійснити розрахунок величини ППВ і періоду проведення робіт  $T_{\text{вр}}$  послідовно для кожного з досліджуваних екскаваторів. На другому етапі провести пошук мінімального значення ППВ серед екскаваторів, які виконають роботу в заданий термін. Якщо ряд аргументів вихідної інформації невідомий, то доцільно здійснити варіювання величин даних аргументів, і оцінити ступінь їх впливу на ефективність.

## РОЗРАХУНОК ТА ПРОЕКТУВАННЯ ЗВАРНОВАЛЬЦОВАНИХ КАНАТНИХ БЛОКІВ

Автор – Петров М. І., студент групи МБ01-16-2  
Наукові керівники: старший викладач Рубан В. М.,  
старший викладач Василенко В. М.

*Національна металургійна академія України (м. Дніпро)*

Канатні блоки, вживані в поліспастих системах сучасних підйомно-транспортних машин (ПТМ) виконуються зварновальцьованими, з вальцьованого обода, маточини і спиць, зварених між собою. У ПТМ, виготовлених раніше, застосовуються канатні блоки литої конструкції. Досвід виготовлення і експлуатації зварновальцьованих канатних блоків показав їх переваги в порівнянні з литими [1]. Виникає необхідність розробки зварновальцьованих канатних блоків, взаємозамінних з литими, основні розміри яких визначаються чинними нормативними документами [2, 3].

Аналіз конструкції зварновальцьованого блоку показав, що дослідження напружено-деформованого стану (НДС) його елементів являються просторовою задачею теорії пружності. Розрахунок на міцність блоку ускладнюється наявністю зварних з'єднань.

Рішення тривимірної задачі теорії пружності для тіла кінцевих розмірів складної форми є досить складним і трудомістким завданням навіть при використанні сучасних чисельних методів теорії пружності. Тому для НДС корпусу блоку доцільно використати інженерні методики.

Проведений аналіз літератури [4] показав, що аналогічні конструкції розраховують на основі методів будівельної механіки стержневих систем. Якщо поперечні розміри обода і спиць колеса в три рази і більше менше їх подовжніх розмірів, то колесо зі спицями з достатньою для практичних цілей точністю можна розглядати як стержневу рамну систему.

При роботі блоку можлива девіація каната, тому при визначенні ПДВ корпусу блоку необхідно враховувати вигин обода і спиць з площини, а також їх кручення. Для визначення ПДВ стержневої системи, вибраної в якості розрахункової схеми, використовуватимемо метод скінчених елементів.

Проведені розрахунки показали, що найбільш несприятливим положенням блоку, що має вісім спиць, є положення, зображене на рис 3. Максимальні напруження в спицях виникають в перерізі I – I спиці №1 і в перерізі II – II спиці №4.

Максимальна напруга в ободі виникає в перерізах III – III, IV – IV. Найбільш навантаженими зварними з'єднаннями є з'єднання маточини зі спицями №1 і №4. Вчислена максимальна напруга порівнювалася з тими, що допускаються для вибраних матеріалів.

Висновки. Розрахунки напружено-деформованого стану зварновальцьованих канатних блоків доцільно проводити методом скінчених елементів.

Список використаних джерел

1. Василенко В. Н. Сварновальцьованні канатні блоки. Конструкція і технологія виготовлення. *Підйомно-транспортна техніка*. 2010. № 1. С. 56–61.
2. РТМ 24.090.64-81. Блоки канатні мостових і козлових кранів. Вибір общих технічних вимог. Офіційне видання.
3. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. Харьков, 2007. 256с.
4. Василенко В. Н., Рубан В. Н. Расчет и проектирование сварновальцьованных канатных блоков. *Теория и практика металлургии*. 2013. №1-2 (90-91). С. 24–27.

## ПРЯМОЛІНІЙНО НАПРЯМНІ СТРИЖНЬОВІ МЕХАНІЗМИ ЗАХВАТНИХ ПРИСТРОЇВ МАНІПУЛЯТОРІВ

Автор – Нікулін О. Д., студент групи МБ01-16

Науковий керівник – к. т. н., доцент Погребняк Р. П.

*Національна металургійна академія України (м. Дніпро)*

До захватних пристроїв маніпуляторів, як до окремих механізмів з індивідуальним приводом, висуваються різноманітні вимоги щодо їх функціональності, простоти, енергоефективності, надійності та ін. Однією з найбільш вагомих вимог є універсальність, як здібність затискати та утримувати різні об'єкти за розмірами, вагою і конфігурацією без переналадки та заміни робочих елементів. При цьому сила затиску об'єктів різних розмірів повинна бути достатньою і сталою для надійного утримування об'єкта маніпулювання під час перехідних режимів роботи руки маніпулятора.

Ще одна важлива вимога конструювання механізмів захватів – забезпечення прямолінійного руху затискних елементів у всьому діапазоні їх переміщення. Така траєкторія руху забезпечує співпадіння центру захвата з центром робочих елементів у всьому діапазоні товщин затискаємих деталей і гарантує їх високу точність базування. Зазвичай кінематичні схеми таких захватів, де затискні елементи здійснюють точний прямолінійний рух, більш складні.

При конструюванні захватів що реалізують умову прямолінійного руху затискних елементів можливо використання схем прямолінійно напрямних механізмів. Такі стрижньові механізми використовують для відтворення на окремій ділянці руху точки ланки траєкторії близької до прямої лінії. Ця ланка утворює кінематичні пари тільки з рухомими ланками механізму.

Найвідоміші та найпоширеніші напрямні механізми запропоновані та розроблені давно. Відомі прямільні кулісні конхоїдальні механізми, еліптичні та  $\lambda$ -видні прямилі, чотириохланкові прямилі Рело, Дежонжа, Уатта, Чебишева, Робертса, Еванса, Скотта, Рассела та ін. Прямолінійний рух певної точки шатуна в цих механізмах можливий тільки на обмеженій ділянці траєкторії та за визначеними відношеннями довжин ланок. З різних причин не всі вони підходять для використання в механізмах захватів. Теоретично доведено, що точний рух по прямій лінії будь якої точки шатуна шарнірного механізму можливий тільки для не менш ніж шестиланкової схеми. Для здійснення прямолінійного руху усього затискного елемента захвата до механізму додають діаду, що утворює паралелограм.

Оскільки у чотириохшарнірного механізму траєкторія руху лише наближена до прямої, то геометричний синтез таких механізмів зводиться до визначення відносних розмірів ланок і їх розташування за умови найменшого і симетричного відхилення дійсної траєкторії руху від прямолінійної. Як показує досвід такого проектування зменшення такого відхилення відбувається за рахунок зменшення довжини ділянки прямолінійного руху. Відоме аналітичне визначення відносних розмірів ланок, що забезпечує мінімальне симетричне відхилення дійсної траєкторії руху точки шатуна від прямолінійної яке здійснене Чебишевим для його чотириохшарнірного  $\lambda$ -подібного прямилі:  $2\lambda=3-\rho$ , де  $\lambda=l/a$ ,  $\rho=r/a$ ,  $l$  – довжина шатуна і коромисла,  $a$  – довжина станини (Баранов Г.Г. Курс теорії механізмів і машин. Машгиз. М., 1958, 488с.). Можливе визначення довжини прямолінійної ділянки й величини відхилення від прямолінійної траєкторії точки шатуна, значення якого може бути виключно незначним.

Слід зауважити, що для уникнення додаткових динамічних навантажень кінематичний синтез напрямних механізмів захватів потрібно вести у напрямку пошуку сталої швидкості затискних елементів на ділянці прямолінійного руху.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРОЕКТНИХ ПАРАМЕТРІВ ІНЕРЦІЙНИХ КОНВЕЄРІВ НА ЇХ ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Автор – Паляниця Д. В., студент групи ПМ1821

Науковий керівник – к. ф.-м. н, доцент Богомаз В. М.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Хитний конвеєр (коливальний) є відкритим або закритим герметичним жолобом або трубою, підвішеною на опорній конструкції. Жолоб скоює зворотньо-поступальні рухи, в результаті яких вантаж, що знаходиться всередині, скоює короткі переміщення вперед і поступово пересувається по всій довжині транспортування. Хитні конвеєри використовують на підприємствах хімічної і металургійної промисловості, при виробництві будівельних матеріалів (для забезпечення герметичного транспортування гарячих, газуючих, отруйних, хімічно агресивних вантажів). Горизонтальні хитні конвеєри переміщують чавунну і виту сталеву стружку в механічних цехах, гарячу вибиту землю, дрібне литво на машинобудівних підприємствах, гарячі вироби в металургійному виробництві. Вертикальні хитні конвеєри використовують у вигляді бункерів-накопичувачів при переміщенні дрібних деталей (гвинтів, заклепок і ін.) на лініях механічної обробки і збирання. Хитні конвеєри мають горизонтальну, пологонахилену (з підйомом вгору або ухилом вниз під кутом до  $15^\circ$ ) та вертикальну трасу з переміщенням вантажу вгору по внутрішній гвинтовій поверхні.

Хитні конвеєри класифікують на інерційні, в яких вантаж ковзає по жолобу під дією сили інерції, та вібраційні, в яких вантаж відривається від жолоба і рухається всередині нього мікрокидками. Перевагами хитних конвеєрів є простота конструкції, герметичність, можливість поєднання процесу транспортування з технологічними операціями (грохочення, сушка, охолодження), невисока витрата енергії, мале зношування жолоба вібраційних конвеєрів. До недоліків відносяться: неможливість переміщення липких вантажів, передача вібраційних навантажень на опорні конструкції, невисокий термін служби пружних елементів і підшипників, інтенсивне зношування жолоба, зниження швидкості і продуктивності при переміщенні дрібнодисперсних вантажів.

Одним з основних елементів хитних конвеєрів є його привід. Отже, важливою технічною характеристикою конвеєрів такого типу є потужність приводу.

Вихідними даними для проектування хитних конвеєрів з постійним тиском є продуктивність, довжина, коефіцієнт тертя вантажу об жолоб в процесі руху, тип транспортованого вантажу, висота шару матеріалу, коефіцієнта заповнення жолобу, шлях руху вантажу за один оберт кривошипу приводу, радіус кривошипу. Для хитних конвеєрів зі змінним тиском, крім того, необхідно знати кут нахилу пружних стояків.

Аналіз сучасних публікацій показав, що для визначення величини потужності приводу хитних конвеєрів потрібно провести розрахунки, які стосуються визначення середньої швидкості руху вантажу, ширини та висоти борту прямокутного жолобу, ваги вантажу на конвеєрі і т. і.

Отже, для обох типів хитних конвеєрів проведено аналіз залежності всіх елементів розрахунку від вихідних параметрів для проектування. Побудовано аналітичну залежність потужності електродвигуна приводу конвеєру від вищеперелічених вихідних даних. Розглянуто приклад застосування отриманих залежностей для конкретного прикладу при розрахунку хитних конвеєрів як зі змінним, так і постійним тиском на дно жолобу. Залучаючи побудовані аналітичні залежності, проведено графічний аналіз зміни величини потужності приводу конвеєру при варіюванні значень проектних параметрів хитних конвеєрів.



## АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПРОЕКТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ПОТУЖНІСТЬ ПРИВОДУ КРУТОПОХИЛОГО СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРУ З ПРИТИСКНОЮ СТРІЧКОЮ

Автор – Мартиненко В. В., студент групи ПМ1826

Науковий керівник – к. ф.-м. н., доцент Богомаз В. М.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Для інтенсифікації та збільшення ефективності багатьох виробничих процесів в промисловості та сільському господарстві використовуються транспортуючі машини, які в свою чергу поділяються на машини періодичної дії та безперервної дії. Машини безперервного транспорту в свою чергу поділяються на три основні групи: конвеєри, пристрої гідравлічного та пневматичного транспорту. Найбільш розповсюдженою є перша група, одним з представників якої є стрічкові конвеєри різних конструкцій.

Стрічкові конвеєри застосовуються для транспортування насипних та штучних вантажів у виробництві. Під час транспортування на них вантаж може проходити інші технологічні операції, пов'язані з термообробкою, сушінням, фарбуванням. При цьому є дуже важливим забезпечення стійкого положення вантажу на стрічці. Для його досягнення необхідно враховувати, що кут нахилу конвеєра повинен бути на  $10\text{--}15^\circ$  менше кута тертя вантажу об стрічку у спокої, оскільки під час руху стрічка на роликкоопорах струшується і вантаж сповзає вниз. Але в сучасних умовах виникає потреба в більших кутах нахилу траси транспортування.

Для збільшення кута нахилу траси та забезпечення ефективного транспортування при цьому є декілька шляхів: збільшення коефіцієнта тертя вантажу об поверхню рухомої стрічки; підвищення тиску між вантажем і стрічкою; устрою на стрічці поперечних перегородок; створення магнітного тяжіння.

Одним з типів спеціальних стрічкових конвеєрів є вертикальні та крутопохилі двохстрічкові конвеєри з вантажонесучою і притискною стрічками.

В якості прикладу необхідності застосування таких конвеєрів розглядається вертикальний двохстрічковий конвеєр призначений для переміщення граніту після вторинного дроблення.

Для збільшення коефіцієнта тертя вантажу поверхню стрічки виконують з насічками. Найбільше розповсюдження мають рифлені стрічки з шевронним розташуванням рифлених поверхонь. Для дрібнокускових вантажів застосовують стрічки з рифлені поверхні лопатеподібного контуру. Основна перевага рифленої стрічки – можливість використання на тому ж устаткуванні, що і стрічки з гладкою поверхнею.

Вихідними даними для проектування таких конвеєрів є: висота підйому, кут нахилу конвеєру, необхідна продуктивність, транспортований вантаж (щільність, максимальний розмір куска, кут внутрішнього тертя), коефіцієнт тертя вантажу об поверхню стрічки та борти завантажувального пристрою.

Для зазначеного типу стрічкового конвеєру приведено типовий алгоритм розрахунку потужності його приводу. Проведено аналіз залежності розрахункових величин від кожного проектного параметру. Складено блок-схему розрахунку потужності приводу конвеєру. Побудовано аналітичну залежність величини потужності приводу від всіх проектних параметрів. Залучаючи побудовано залежність, проведено графічний аналіз залежності величини потужності приводу від проектних параметрів конвеєру.

## РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ПРИСКОРЕНОГО РОЗРАХУНКУ ПОТУЖНОСТІ СТРІЧКОВОГО КОВШОВОГО ЕЛЕВАТОРУ

Автор – Гута С. С., студент групи ПМ1826

Науковий керівник – к. ф.-м. н., доцент Богомаз В. М.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Транспортуючі машини сьогодні широко використовуються в будь-якій галузі промисловості. Машини безперервного транспорту, як різновид транспортуючих машин, є одним із засобів комплексної механізації навантажувально-розвантажувальних робіт виробничих процесів, які суттєво підвищують продуктивність, ефективність та рентабельність виробництва. Одним з видів машин безперервного транспорту з гнучким тяговим органом є ковшові стрічкові елеватори.

Елеватори за своєю конструкцією та призначенням є підйомниками вертикальної дії і використовуються для вертикального та крутопохилого переміщення насипних і штучних вантажів без проміжного завантаження і розвантаження. Такі типи машин застосовуються на підприємствах хімічної, металургійної, машинобудівної промисловості, у виробництві будівельних матеріалів, на вуглезбагачувальних фабриках, на харчових комбінатах, в зернохосвищах. Елеватори поділяються на швидкохідні та тихохідні. В роботі розглядаються перші з них, які характеризуються відцентровим розвантаженням. На таких елеваторах використовують лише глибокі та мілкі ковші.

Привід відноситься до основних елементів стрічкових ковшових елеваторів. Аналіз сучасних публікацій показав, що для визначення параметрів приводу конвеєру, зокрема його потужності, потрібно провести розрахунок його барабанів, тягового органу (стрічки), тяговий розрахунок та виконати підбір основних елементів приводу. Але при залученні традиційної методики розрахунку приводу елеваторів витрачається досить великий час.

Метою роботи є дослідження впливу проектних характеристик ковшових стрічкових елеваторів на параметри його приводу, зокрема потужність, а також – побудова прискореного алгоритму визначення потужності приводу елеватору по його проектним характеристикам, який враховує тип вантажу, висоту підйому, необхідну продуктивність, стандартні параметри ковшів та стрічки.

Для швидкохідних ківшевих стрічкових елеваторів побудовано аналітичну залежність потужності приводу від проектних параметрів. На основі побудованої залежності проведено графічний аналіз залежності величини потужності приводу елеватору від проектних параметрів.

Залучаючи існуючу традиційну методику розрахунку складено блок-схему розрахунку потужності елеватору розглянутого типу. Побудовано алгоритм прискореного розрахунку орієнтовного значення потужності приводу від його проектних характеристик, що дає можливість досить швидкого отримання значення потужності приводу із врахуванням типу та фізико-механічних властивостей вантажів, величини висоти підйому та проектної продуктивності.

Для прикладу залучення отриманих в роботі результатів розглянуто алгоритм визначення величини потужності приводу елеватору, призначеного для транспортування цементу. Для такого елеватору також побудовано графічні залежності потужності приводу від проектної продуктивності та висоти підйому вантажу.

**ДЕЯКІ ПИТАННЯ ДИНАМІКИ ВАНТАЖОТРАНСПОРТУЮЧИХ УСТАНОВОК, ЩО НЕСУТЬ  
РОЗПОДІЛЕНЕ І ЗОСЕРЕДЖЕНЕ МАСОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ**

Автор – Тертишна В. О., студентка групи АВ-01-17

Науковий керівник – к. т. н., доцент Каряченко Н. В.

*Національна металургійна академія України (м. Дніпро)*

У різних галузях народного господарства застосовуються вантажотранспортуючі пристрої, такі як, канатні піднімальні установки, підвісні канатні дороги, елеватори люлечного і поличного типів та ін., призначені для транспортування штучних вантажів, дискретно закріплених на гнучкому тяговому органі, виконаному у вигляді одного чи декількох паралельних канатів, ланцюгів, стрічок, розташованих горизонтально, вертикально чи похило. Спільною характерною рисою є те, що в них досить протяжні, прямолінійно орієнтовані ділянки гнучкого тягового органа, із закріпленими на ньому декількома штучними вантажами, спираються в поперечному напрямку на дискретно розташовані проміжні опори. Під час роботи установок на ділянках між опорами одночасно може розташовуватися від одного до чотирьох-шести і більш рухомих зосереджених вантажів, що здійснюють поперечні коливання разом з тяговим органом. Математична модель, що описує рух робочих органів таких установок, аналогічна математичній моделі, що описує поперечні коливання канатів вантажотранспортуючих канатних пристроїв, які несуть рухоме розподілене і дискретне масове навантаження. У зв'язку з тим, що поперечні коливання канатів дуже впливають на динаміку вантажотранспортуючих канатних пристроїв з рухомих інерційним навантаженням, їх дослідження дозволяє виявити закономірності зміни основних динамічних параметрів, необхідні для правильного проектування і безпечної експлуатації таких пристроїв.

Розробка технічних заходів, що забезпечують стійку роботу таких установок, вимагає розкриття закономірностей протікання динамічних процесів, що відбуваються в тягових органах з повним урахуванням їх характерних особливостей.

Для вирішення задач динаміки конструкцій і споруд з рухомих масовим навантаженням застосовуються різні наближені методи, які ґрунтуються на основі представлення рішень розв'язуваних рівнянь у вигляді однієї групи стоячих хвиль. Задача про вивчення поперечних коливань канатів з рухомих розподіленим і зосередженим інерційним навантаженням зводиться до розв'язання лінійних диференціальних рівнянь гіперболічного типу зі змішаною похідною. При цьому застосовується класична схема розділення змінних у дійсній області шуканих функцій, що призводить не тільки до кількісних, але й до якісних помилкових результатів. Враховуючи, що процеси, які відбуваються в таких системах мають двоххвильовий характер, треба для їх дослідження застосовувати відповідний математичний апарат. Одним з таких методів, що дає можливість отримати точний розв'язок деяких задач у вигляді дійсних функцій в рівнянні коливань пружних систем з рухомих масовим навантаженням, є метод, який ґрунтується на виборі розв'язку у вигляді спеціального двочленного подання. Коливання таких систем здійснюються у вигляді суперпозиції двох груп стоячих хвиль з однаковими частотами, але різними формами і фазами коливань. Ці групи коливань мають назву власних і „супровідних”.

У роботі на підставі результатів уточнених аналітичних розв'язків диференціального рівняння коливань канату між двома проміжними опорами проведено аналіз поперечних коливань канатів вантажотранспортуючих канатних установок з рухомих розподіленим і дискретним масовим навантаженням на всьому циклі руху та досліджений вплив дискретний розташованих зосереджених вантажів на частоти і форми поперечних коливань вантажотранспортуючих установок в залежності від характеру та розташування рухомого навантаження.

## ДОСЛІДЖЕННЯ І ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ТА ФОРМИ ШНЕКА ГВИНТОВОГО КОНВЕЄРА

Автор – Курманов В. О., студент групи ПМ1821

Науковий керівник – д. т. н, професор Ракша С. В.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

З розвитком вітчизняної промисловості дуже гостро постало питання щодо високоякісного і економічно обумовленого обладнання, в тому числі підйомно-транспортних машин. Для ефективної роботи машин безперервного транспорту велике значення мають параметри та характеристики органу для переміщення вантажу. Зокрема, не є виключенням гвинтові конвеєри, у яких форма шнеку має принципове значення з точки зору забезпечення продуктивності. Найбільшого застосування гвинтові конвеєри зазнали у хімічній та аграрній промисловості, а також широко застосовуються при виготовленні будівельних матеріалів та на електростанціях. Для задоволення вимог, які широко варіюються залежно від галузі застосування, існує декілька найбільш розповсюджених варіантів виконання шнека: суцільний, лопатевий, стрічковий та фасонний. Всі вони отримали широке використання в промисловості, проте найбільш універсальною і поширеною є суцільна схема.

Очевидними перевагами застосування гвинтових конвеєрів (шнеків) є простота виконання та технічного обслуговування, невеликі габаритні розміри, зручність проміжного завантаження і розвантаження, герметичність (особливо важливо при переміщенні пилоутворюючих, гарячих та токсичних вантажів). Актуальність дослідження форми шнеку обумовлена необхідністю нівелювання відомих недоліків такого типу машин, а саме: велика питома витрата енергії, значне стирання та подрібнення вантажу, підвищене зношення гвинта та жолоба, а також чутливість до перевантажень.

Форма гвинта може змінюватись як у поперечній так і в повздовжній проекціях. Проте, слід враховувати також інші (крім форми) параметри та варіанти виконання шнеків. Гвинтові конвеєри бувають: з горизонтальним або пологим жолобом, з постійним або змінним діаметром гвинта, з постійним або змінним кроком гвинта, з однозаходним чи двозаходним гвинтом, з правим, лівим або комбінованим напрямком спіралі гвинта. Також гвинтові конвеєри розрізняють за взаємодію гвинта з вантажем. Залежно від приводу вони бувають швидкохідні та тихохідні.

Визначними параметрами гвинтового конвеєра, які суттєво впливають на продуктивність є: частота обертів гвинта, діаметр жолобу, діаметр гвинта, діаметр вала, до якої кріпиться гвинт, кут нахилу та довжина конвеєра.

Оскільки переміщувані вантажі є дуже різноманітними, необхідно одразу враховувати властивості вантажу, для якого призначений конвеєр. Так для дрібнозернистих і порошкових вантажів (цементу, крейди, гіпсу, золи, сухого піску, зерна тощо) застосовують транспортери з суцільним гвинтом, для насипних дрібнокускових (гравія, піщаника, вапняку) – стрічкові, для тістоподібних – фасонні. У випадку, коли необхідно транспортувати тістоподібний вантаж і одночасно його перемішувати застосовують лопатеве виконання гвинта.

Так, виходячи зі всіх вихідних даних, виконується розрахунок гвинтового конвеєра. При цьому для конструктора залишається певна свобода вибору параметрів, так як, змінюючи одні характеристики шнека можна корегувати інші. Наприклад, із зміною частоти обертів гвинта можна змінити діаметр, залишаючи незмінною продуктивність. Однак, є певні рекомендації щодо деяких основних параметрів конвеєра, від яких не варто відходити і які суттєво впливають на подальше конструювання машини. Призначенням раціональних параметрів гвинтового конвеєра можна максимально ефективно використати переваги та нівелювати недоліки даного класу машин безперервного транспорту.

## Підсекція «Вагони та вагонне господарство»

### ПОГЛИБЛЕНА РОЗРОБКА СИСТЕМИ РЕЗЕРВУВАННЯ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ВІД СУСІДНЬОГО ВАГОНА

Автор – Біршацька О. В., студентка групи ВГ1821

Науковий керівник – к. т. н., доцент Вислогузов В. Т.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Система резервування електроживлення включає в себе системи – управління, освітлення, опалення і вентиляції. Ця система найбільш важлива в комплексі електрообладнання вагону, тому що є основою забезпечення життєстійкості вагона – здатності чинити опір несприятливим обставинам.

У систему входять джерела електроенергії і споживачі, з'єднані в вагоні бортовою електропроводкою і між вагонами низьковольтною (аварійною) магістраллю.

Від аварійної магістралі повинно бути забезпечено живлення наступних частин системи електропостачання аварійного вагона: аварійного освітлення; системи контролю нагрівання букс (СКНБ); системи контролю замикання на корпус (СКЗК); системи управління високовольтним опаленням; системи пожежної і викличної сигналізації; сигнальних ліхтарів.

В сучасних умовах експлуатації вагонного парку все більше значення отримують поїзда постійного формування. Такі поїзди давно і з успіхом експлуатуються на коліях західної Європи. Сформовані з вагонів одного типу і отримують електропостачання від високовольтної магістралі такі поїзди розвивають більшу швидкість ніж класичні склади. Також можливості формування поїзда з вагонів одного типу дозволяють організувати як централізоване управління електроспоживачами (наприклад дверима прислонно-зсувного типу) так і додатково до основних магістраль організувати додаткову магістраль для забезпечення повної роботи системи життєзабезпечення на вагонах у яких вийшли з ладу високовольтні блоки перетворювача ПВС-40.

Високовольтна частина перетворювача ПВС-40 отримує електроживлення від магістралі за допомогою високовольтного ящика, в якому відбувається комутація ланцюгів магістралі з вхідними ланцюгами ПВС-40. Далі блок вибору в ПВС-40 визначає який вид напруги надійшов на високовольтний вхід і перемикає роботу перетворювача в залежності від напруги і струму. Вихідною напругою високовольтної частини перетворювача, а відповідно і вхідною низьковольтної частини ПВС-40, є 450 – 550 В постійного струму, яке використовується для забезпечення бортових споживачів і заряду батареї (канал до 150А), і 400В постійного струму, що використовується для забезпечення роботи кондиціонера (Канал до 50А). Тобто, забезпечивши електроживленням канал 400В 50А постійного струму ми забезпечуємо можливість запуску кондиціонера. Таким чином ми отримали вхідні дані для організації додаткової магістралі аварійного резервування електроживлення кондиціонера повітря.

Архітектура аварійної магістралі для забезпечення повної роботи системи життєзабезпечення на вагоні із високовольтним блоком перетворювачем, що вийшов з ладу ПВС-40 повинна дозволити роботу СКВ в штатному режимі і в режимі обмеження на випадок роботи в якості донора або аварійного споживача. Це досягнуто введеним до складу магістралі як силових провідників, так і ланцюгів обміну діагностичною інформацією між перетворювачами ПВС-40. Як варіант можливе використання магістральних систем контролю і діагностики поїзда для обміну даними. Всі вагони з'єднуються в магістраль як паралельні джерела постійного струму.

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ РУХУ ШВИДКІСНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

Автор – Бойко В. В., студент групи ВГ1821

Науковий керівник – к. т. н., доцент Рейдемейстер О. Г.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

В наш час дуже важливим є питання підвищення швидкості руху на залізничному транспорті. Але при підвищенні швидкості руху погіршується стійкість руху, що призводить до виляння вагонів. У своїй доповіді я зупинюсь на історичному огляді досліджень стійкості руху.

Поняття стійкості можна пояснити за допомогою руху однієї колісної пари з конічним профілем поверхні катання. Рух є стійким, якщо при невеликому боковому зміщенні або куті повороту колісна пара повертається в своє центральне положення з затухаючими коливаннями. Рух колісної пари вважається нестійким, якщо через деякі незначні збурення виникає вібрація та зміщення, амплітуда яких збільшується, призводячи до виникнення контакту гребня колеса з рейкою. Дане явище руху однієї колісної пари було описано Стівенсоном. З рівнянь руху однієї колісної пари та деяких перетворень було отримано рівняння для колісної пари у візку з первинним (буксовим) підвішуванням та без врахування деяких побічних ефектів. Отримано характеристичне рівняння, яке можна проаналізувати, а потім після громістких перетворень було отримано формулу для критичної швидкості.

В Німеччині схожий опис був наведений в монографії Редтенбахера 1855 року. Він застосував свої знання для опису руху двохосьового візка. Майже тридцять років потому в 1883 року Клінгель опублікував своє дослідження на тему: «Рух залізничних транспортних засобів на прямій ділянці колії», в якій було зазначено, що колісні пари, які вільно кочуться, описують синусоїдальну траєкторію.

Бедекер першим проаналізував і виразив те, що двохосьовий транспортний засіб не може рухатись за умови відсутності проковзування, адже завжди є відносний рух між колесом та рейкою, тому важливо враховувати тангенціальні сили. Він ввів закон Кулона і, нехтуючи ефектами інерції, сформулював рівняння руху. Аналіз Бедекера в основному кінематичний і не містить аргументів, чому можна нехтувати силами інерції. Довжина хвилі, вказана Бедекером, була вірною, як і твердження, що рух нестійкий.

40 років потому Картер представив свою статтю *On the action of locomotive driving wheel* всього на 6 сторінках, в якій було проаналізовано стійкість руху. Припущення, які він представив для транспортного засобу, загалом схожі на ті, що представлені в книзі Бедекера. Основні відмінності полягають в тому, що сили інерції були прийняті до уваги і замість закону Кулона був використаний лінійний закон для розрахунку сил кріпу. Це призвело до двох зв'язаних диференціальних рівняння другого порядку. Ці рівняння більш менш такі, як і сформульовані в наш час. Основними висновками Картера були:

- двохосьовий візок з жорсткою рамою без тяги поїзда завжди нестабільний;
- існує можливість стабілізувати рух, через вторинну підвіску.

Отже, проблема стійкості руху на залізничному транспорті розглядалась вже дуже давно і завжди є актуальною. Підвищення швидкості руху, вимагає від нас приділяти особливу увагу стійкості руху, адже від вирішення пов'язаних з нею задач безпосередньо залежить можливість ефективної експлуатації рухомого складу при великих швидкостях руху.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ НА СИСТЕМУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Автор – Бондаренко А. С., студентка групи ВГ1821

Науковий керівник – к. т. н., доцент Мурадян Л. А.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Вагонне господарство є однією з найважливіших галузей залізничного транспорту. На його частку припадає близько 20% експлуатаційних витрат і майже одна шоста частина контингенту працівників залізничного транспорту. Основні фонди вагонного господарства становлять одну п'яту частину основних фондів галузі, а ефективність роботи залізниць значною мірою залежить від структури вагонного парку, техніко-економічних параметрів вагонів, технічного стану вагонного парку.

У теперішній час особлива увага приділяється оптимізації термінів служби вантажних вагонів, підвищення якості ремонтних робіт, впровадження нових удосконалень існуючих форм організації виробництва. Значення транспортної системи країни визначає необхідність підтримки високого рівня безпеки руху.

На забезпечення нормованого рівня безпеки руху величезний вплив справляє технічний стан рухомого складу, що експлуатується на мережі доріг. Безсумнівно, при виконанні перевезень вантажні вагони повинні надійно працювати в заданому режимі експлуатації протягом встановленого часу і ресурсу. Процес виникнення несправностей вагонів є випадковим, і властиві йому закономірності вивчаються із застосуванням імовірнісних методів, широко застосовуваних у теорії надійності і масового обслуговування.

Для забезпечення безпеки руху в умовах переходу на нову систему планово- попереджувального ремонту і збільшення міжремонтного ресурсу вантажних вагонів необхідно не просто усувати причини допущених порушень безпеки, але створювати ефективну систему попередження на основі глибокого аналізу статистичної інформації про відмови. Для цього необхідно створити управлінські інструменти і механізми, які дозволять своєчасно вжити заходів щодо виявлення можливих ризиків і впливати на них до настання відмови.

Мета дослідження полягає у визначенні чисельних значень показників надійності і безпеки та оцінки їх впливу на параметри системи технічного-обслуговування і ремонту вантажних вагонів.

Наукова новизна даної роботи полягає в тому, що при оптимізації системи технічного обслуговування враховувався такий параметр безпеки, як живучість вантажного вагона, та ряду критеріїв пов'язаних з розгляданням і дослідженням поліпшення умов експлуатації.

Для досягнення мети даного дослідження вирішено ряд основних задач, таких як: визначення переліку несправностей відповідно до чинного класифікатора, за яким проводиться основна частина відчеплення вантажних вагонів в поточний ремонт; визначення основних причин відмов вантажних вагонів.

На практиці результати досліджень може бути використано в якості довідково-аналітичного і методичного матеріалу, необхідного для аналізу і оцінки експлуатаційної надійності та безпеки вантажних вагонів, а також прогнозування їх технічного стану в міжремонтний період служби.

В роботі проведено дослідження різних методик аналізу і моделювання процесу функціонування вантажного вагона у міжремонтний період і протягом призначеного терміну служби.

В подальшому треба визначити ймовірність безвідмовної роботи вантажного вагона по міжремонтним періодам протягом призначеного терміну служби.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАМІНИ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СТАРОТИПНИХ ВАГОНІВ НА СУЧАСНІ

Автор – Бордичев В. Д., студент групи ВГ1821

Науковий керівник – к. т. н., доцент Вислогузов В. Т.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Електричне обладнання в пасажирських вагонах застосовують для освітлення, опалення, вентиляції приміщення, підігріву повітря, що подається в вагон взимку і охолодження його влітку, охолодження продуктів харчування і питної води, приготування їжі та кип'яченої води, радіомовлення і телефонного зв'язку, полегшення праці поїзної бригади, забезпечення безпеки руху поїзда.

Підвищення вимог до комфорту і безпеки перевезень призвело до значного зростання встановлених потужностей електроустаткування і споживаної електричної енергії в пасажирських вагонах. Вартість електрообладнання стала досягати третини від вартості вагона, а поточні витрати на його використання до 45% від загальних витрат на технічну експлуатацію вагона. В останні десятиліття, у зв'язку з науковим прогресом, назріла необхідність в перегляді застосовуваних та створення нових систем електрообладнання вагону для підвищення комфорту пасажирів та економії на обслуговуванні вагонного парку.

В період з 04.10.2018 р. по 15.12.2018 р. на території Харківського пасажирського вагонного депо (ПКВЧД-5) та шляху прямування дослідного зчепу за маршрутом Київ – Яготин були проведені випробування системи електропостачання пасажирського купейного вагона (збудований заводом Аммендорф), який пройшов КВР згідно ТУ У 30.2-16296913-057:2015 в ПКВЧД-5 31.08.2018 р. Вагон обладнано комбінованою системою електропостачання:

– низьковольтні споживачі 110 В постійного струму отримують живлення від підвагонного генератора DCG 4435 (Німеччина) або від гелевої кислотної акумуляторної батареї (завод «Владар», м. Харків). Передбачена можливість живлення низьковольтних споживачів від стаціонарної колонки 3-фазного змінного струму 380 В 50 Гц ;

– високовольтні споживачі – високовольтні нагрівачі водяного опалювального котла – від контактної мережі через електровоз, міжвагонні високовольтні з'єднання, підвагонну високовольтну магістраль, високовольтний ящик.

Управління роботою системи електропостачання здійснюється за допомогою шафи розподільчої (ШР) ПKE-32 АТОР.667527.005 виробництва фірми «А.Т.О.Р.».

До складу системи входять також даховий моноблочним кондиціонером АВК-25 виробництва заводу «Екватор» (м. Миколаїв), пожежна сигналізація ПС-1 (м. Буча), статичний перетворювач напруги –110/~220 ELPO мод. ET.187.00.000.

За результатами вище вказаних випробувань працівники кафедри «Вагони та вагонне господарство» Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна зробили певні висновки, які повинні вплинути на подальшу установку нового електрообладнання на вагонах.

Питання можливості заміни електрообладнання в старих вагонів на нове завжди буде актуальним. У зв'язку з цим потрібно зробити аналіз ефективності заміни різних видів електроустаткування в пасажирських вагонах.



## АНАЛІЗ ПАРКУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ АТ «УКРАЇНСЬКА ЗАЛІЗНИЦЯ»

Автор – Дибченко В. А., студент групи ВГ1821

Науковий керівник – к. т. н., доцент Шатунов О. В.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Після розпаду СРСР незалежній Україні залишився другий за кількістю парк вантажних вагонів загальною кількістю 278665 вагонів.

Станом на 13.12.2017 вагонний парк вантажних вагонів залізниць України та підприємств що їй підпорядковані становить 171422 вагони, тобто за 24 роки парк вантажних вагонів скоротився приблизно на 39%.

Розподіл вагонів по типах виглядає наступним чином: найбільшу частку складають напіввагони – це 56%, на другому місці розташовані цистерни – 12%, на третьому зерновози – 11%. Кількість вагонів інших типів складає від 1 до 4 відсотків.

Середній відсоток зносу вантажних вагонів України складає 77,6%. Найнижчий рівень зносу мають напіввагони – це 68,3 %, цю цифру можна пояснити тим, що цей тип вагонів є наймолодшим серед усіх типів, середнім роком побудови напіввагонів є 1998, на другому місці з великою різницею йдуть зерновози з рівнем зносу 82,5 %. Найбільший рівень зносу мають вагони типу думпкар, це 98,7 %.

Виходом з ситуації нестачі рухомого складу, по причині закінчення встановленого терміну служби, стало продовження терміну служби за результатами технічного діагностування вагону та проведення капітального ремонту з продовженням терміну служби. Це дозволяє підтримувати парк вантажних вагонів на встановленому рівні з урахуванням потреб перевезень. Загалом таким методом було продовжено термін служби 72846 вагонам, з яких 27947 вагонів вже вичерпали цей термін.

Закінчення терміну служби вагонів, знос яких досягає 90 % призведе в найближчі роки до значної нестачі рухомого складу, що матиме значні негативні наслідки для економіки України. Програма оновлення парку вантажних вагонів Укрзалізниці передбачає закуплю 35 тисяч нових вагонів до 2021 року. Також Укрзалізниця планує вийти на програму ремонту 50 тисяч вантажних вагонів щорічно.

Окрім закупівлі нових вагонів розглядається можливість введення нових технологій, наприклад були розглянутий та протестований інноваційний тип підшипників типу «дуплекс». Проте результати свідчать про необхідність вдосконалення корпусу буксового вузла для збільшення його довговічності. З часом, завдяки нововведенням планується взагалі позбутися відділень з ремонту підшипників у вагонних депо.

Другим важливим кроком для Укрзалізниці є впровадження сучасних типів візків для вагонів, у тому числі із підвищенням навантаження – 25 т/вісь. Підраховано, що продуктивність таких вагонів вище на 7 – 10 % за рахунок збільшення міжремонтного пробігу та зменшення витрат із розрахунку на перевезення однієї тони вантажу. Недоліком можна було б рахувати більш інтенсивний знос залізничної колії, але виробник запевняє, що вплив на колію у цього візка навіть менше, ніж у класичної моделі 18-100.

Проте одним із проблемних моментів для інновацій є відсутність в Україні металопрокату відповідної якості.

## АНАЛІЗ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖІВ З МЕТОЮ МОДЕРНІЗАЦІЇ УНІВЕРСАЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Автор – Казанюк П. В., студент групи ВГ1821

Науковий керівник – к. т. н., доцент Шатунов О. В.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Залізничні перевезення – це один з найдешевших, надійних та безпечних способів перевезення вантажів. На сьогоднішній день, в світі прокладено понад 1 мільйон кілометрів рейкових шляхів і за обсягом вантажів, що транспортуються, залізниця займає друге місце, поступаючись лише автомобілям.

Перевезення металу залізницею – це дорогий й часом небезпечний вид діяльності, а також одне з важливіших напрямків на залізниці. Метал – один з найбільш поширених промислових вантажів і його транспортування залізничним транспортом вимагає дотримання особливих правил. Перевагою перевезення металу залізничним транспортом є низька вартість, особливо на великих відстанях.

Для залізничного перевезення металу використовуються універсальні (платформи, півагони, криті вагони) та спеціалізовані вагони. Останні дозволяють досягти високих стандартів перевезення різних типів вантажів. Перевезення яких, потребує значну кількість реквізитів, для кріплення, які наведені в розділі 3 «Технічні умови розміщення і кріплення вантажів. Додаток 3 до СМГС».

Для забезпечення безпеки руху вагона, вантаж, який розміщений на платформі, повинен бути надійно закріплений як в повздовжньому так і в поперечному напрямку. Для цього використовується дерев'яні бруски, дошки, а також цвяхи і дротові розтяжки. Так як торцеві і повздовжні борти платформи не сприймають повздовжні і поперечні переміщення і зміщення в повних обсягах для цього необхідно їх закріплювати. При цьому кожні секції повздовжніх бортів і торцевих бортів сприймають всього лише до 3 т. При повздовжніх і поперечних зусиллях до 40 т. Тому застосовується велика кількість реквізитів та відбуваються значні затрати праці на його закріплення вантажу.

Для прискорення навантажувальних та розвантажувальних робіт, а також установку реквізитів кріплень пропонують універсальну платформу модернізувати. Модернізація має мету виключити реквізити, які застосовуються при транспортуванні вантажів.

Платформа має пересувні торці з кріпленням у підлозі. Крок пересування складає 100 мм, це дозволить в залежності від довжини транспортованого вантажу встановити упори на відповідну відстань.

Торцеві упори мають підкладний лист товщиною 16 мм на якому з одного боку закріплений торцевий упор, який має вертикальний лист з ребрами жорсткості, а з другого боку дві стіни, які встановлюються в отвори плити товщиною 60 мм, ці плити приварені до верхнього поясу хребтової балки.

Зі сторони торцевого упору підкладний лист має кріплення, які ззовні охоплюють раму платформи, це забезпечує її ефективність. У цій платформі в зчеплених скобах встановлені 8 (по 4 з кожної сторони) механічних стійок.

Модернізована платформа має таку ж тару, як і універсальна за рахунок відсутності повздовжніх і торцевих бортів.

Існують платформи заводського виготовлення, які мають переставні торцеві упори. Дані платформи мають пересувні упори 520 мм і тару 26 т.

Таким чином, при порівнянні універсальних платформ з відповідним навісним обладнанням, універсальні платформи із спеціальним обладнанням мають наступні переваги: можливість транспортування листових, смугових і сталевих стрічок, продукції довжиною до 12 метрів без необхідності використання додаткового кріплення вантажу; більш зручні

умови роботи для кранівника і працівників, що беруть участь в обробці вагонів; менша ймовірність пошкодження вагона під час виконання вантажно-розвантажувальних операцій; повне використання площі підлоги та вантажопідйомності платформи.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ГРАНИЧНОГО СТАНУ КУЗОВІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНУ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Автор – Лагутенко О. О., студентка групи ВГ182

Науковий керівник – к. т. н., доцент Рейдемейстер О. Г.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

В даний час вантажний рухомий склад, який експлуатується на залізницях України, в значній мірі зношений. Термін експлуатації багатьох вагонів перевищує призначений строк служби. Ця ситуація збережеться як в найближчій, так і в середньостроковій перспективі, оскільки заміні вагонів перешкоджають як міркування економічної доцільності, так і фізичні обмеження продуктивності вагонобудівної галузі. Як наслідок, потрібно буде експлуатувати вагони, що пропрацювали кілька десятиліть (понад 30 років). Багато з них мають цілком достатній запас міцності кузова, потрібно лише розробити порядок, який дозволяє в процесі експлуатації виявити і виключити вагони з вичерпаним ресурсом.

В якості факторів, що обмежують ресурс, розглядають корозійні та втомні пошкодження. Корозійні пошкодження простіше діагностувати. Крім того, втомні тріщини в кузові вагона, як правило, розвиваються на ослаблених корозією ділянках. Тому в якості діагностичної ознаки, яка свідчить про вичерпання ресурсу, приймемо таку комбінацію товщин несучих елементів, при якій міцність кузова стає незадовільною, тобто напруження перевищують допустимі. Відповідні комбінації товщин можна призначати різними способами, але для забезпечення більш ефективної експлуатації вагонів краще вибрати такий, при якому допустимий корозійний знос максимальний.

В якості критеріїв міцності прийняті значення розрахункових напружень в кузові вагона за I та III (опір втомі) режимами відповідно до ДСТУ ГОСТ 33211:2017 «Вагони вантажні. Вимоги до міцності та динамічних якостей». Їх визначають за допомогою скінченно-елементної моделі, в якій кузов представлено як пружну систему, що утворена сукупністю пластин (стінки та полки несучих балок, обшивка, стінки котлів та бункерів). Для визначення граничного стану модель розбита на ділянки, що відповідають окремим несучим елементам або їх частинам, на яких спостерігаються помітні корозійні пошкодження. Товщини пластин на зазначених ділянках  $h_j$  розглядають як змінні, значення яких потрібно визначити як рішення задачі оптимізації (пошуку максимуму) з цільовою функцією, що є зваженою сумою  $h_j$ , тобто визначають граничний стан, який відповідає найбільшим допустимим корозійним пошкодженням. В якості обмежень застосовують умови неперевіщення розрахунковими напруженнями допустимих. Така задача є нелінійною, для її розв'язання використовують метод послідовного лінійного програмування (SLP), коли цільову функцію та обмеження лінеарізують, апроксимуючи їх градієнти скінченними різницями, розв'язують отриману задачу лінійного програмування та повторюють ці процедури до досягнення задовільної збіжності.

Методика застосована для розрахунку граничного стану вагона для цементу моделі 17-932.

## ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ПІВВАГОНІВ ЗІ ЗБІЛЬШЕНОЮ ВАНТАЖОПІДЙОМНІСТЮ

Автор – Ласкаржевський А. В., студент групи ВГ1611

Науковий керівник – к. т. н., доцент Мурадян Л. А.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Програма розвитку залізничного транспорту України передбачає вирішення наступних завдань: збільшення пропускної спроможності, збільшення провізної здатності і зменшення собівартості перевезень. Одним із способів вирішення перерахованих проблем може стати збільшення навантаження на одну вісь колісної пари (осьового навантаження), яка зараз становить 23,5 тс. Перед залізницями України гостро постає питання про необхідність збільшення осьових навантажень, а перед вагонобудівними заводами – в створенні нових вантажних вагонів підвищеної вантажопідйомності з задовільними показниками надійності.

У даній роботі були проведені попередні результати обробки статистичних даних підконтрольної експлуатації інноваційних вагонів з підвищеним осьовим навантаженням, які курсують в замкнутих маршрутах залізниць Республіки Казахстан. Результати досліджень допоможуть визначити ефективність застосування подібних технічних рішень на залізницях України.

Мета роботи – визначення експлуатаційних характеристик напіввагонів на основі реальних даних.

В рамках цієї роботи був проведений аналіз підконтрольної експлуатації напіввагонів моделей 12-9920 – виробництво Китай з осьовим навантаженням 25 тс / вісь, і напіввагонів моделей 12-9941 – виробництво республіка Казахстан з осьовим навантаженням 23,5 тс/вісь.

В процесі обробки експериментальних даних були отримані характеристики показників надійності в експлуатації ресурсовизначальних деталей та вузлів дослідних вагонів на підставі побудованих залежностей зношення від пробігу, а саме: розподілу сумарних поздовжніх зазорів в буксових отворах, виступів фрикційних клинів, що контактують з фрикційною планкою, графіки зміни товщини гребенів суцільнокатаних коліс, зміни діаметрів коліс. При цьому графічні залежності з поточними експериментальними даними побудовані в порівнянні з початковими вимірами.

Підконтрольна експлуатації проведена за період від побудови вагона до першого деповського ремонту. В результаті досліджень сформовані висновки про рівень надійності інноваційних вагонів з осьовим навантаженням 25 тс на вісь:

- ковзуни, зазори в буксових отворах, стан автозчіпного обладнання, гальмової важільної передачі в межах норми;
- показники, що впливають на відмову вагонів в експлуатації, в межах норми;
- потреби в деповському ремонті, вузлів і деталей, що впливають на безпеку руху, на момент огляду вагонів не встановлені;
- технічний стан оглянутих вагонів задовільний.

До недоліків слідус віднести вузол кріплення гальмових башмаків до триангеля, та якість пружин ресорного підвішування

Результати досліджень можуть бути використані для конструкторів, власників вагонів та ремонтних підприємств.

Підвищення осьового навантаження дозволяє істотно знизити собівартість перевезень і одночасно вирішити проблему пропуску та провізної здатності. У вантажних вагонах, це збільшить рентабельність перевезень і дозволить перевозити більше вантажу меншою кількістю вагонів. Саме з цього, даний напрямок є перспективним і вимагає більш детального вивчення.

## ДОСЛІДЖЕННЯ РЕСУРСУ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІС В ЕКСПЛАНТАЦІЇ

Автор – Піценко О. В., студентка групи ВГ1611

Науковий керівник – к. т. н., доцент Мурадян Л. А.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Ефективність роботи залізничного транспорту (ЗТ) визначається його надійністю. Одним з найбільш відповідальних елементів рухомого складу є колесо. Як показує аналіз статистичних даних залізниць різних держав, пошкодження саме цього елемента ходової частини рухомого складу викликають значну кількість аварій з важкими наслідками. Суцільнокатані колеса є найбільш навантаженими елементами рухомого складу. Вони в експлуатації схильні до дії значних статичних і динамічних навантажень, а також теплового впливу при гальмуванні. Постійне зростання вантажообігу, швидкостей руху поїздів визначає необхідність забезпечення безпеки руху і експлуатаційної надійності колісної пари. Саме тому залізничному колесу слід приділяти особливу увагу.

Особливу загрозу для безпеки руху представляють пошкодження залізничних коліс по такому небезпечному дефекту як тріщини. Якщо вчасно не виявити тріщину це може привести до її подальшого зростання, аж до руйнування всього колеса. Також, на якості міцності колеса впливають виробничі (частіше металургійного походження) дефекти коліс: неметалеві включення, раковини, газові бульбашки та ін.

Метою цієї роботи є дослідження довговічності залізничних коліс та способи їх збільшення.

В рамках цієї роботи проведено аналіз дефектів залізничних коліс різних видів на основі статистичних даних, що були отримані під час експлуатаційних випробувань. Також проведено розрахунок довговічності суцільнокатаного колеса з використанням програмного комплексу MSC.Fatigue.

Для оцінки показників надійності залізничних коліс вантажних вагонів було проведено збір статистичних даних про відмови при проведенні підконтрольних експлуатаційних випробувань. Перед проведенням випробувань були обрані дослідні маршрути ДПТУ. При цьому розглядалися колеса різні за технологією виготовлення (литі і суцільнокатані), а суцільнокатані різної твердості: тверді КПТ і серійні КП2.

Аналізуючи результати обробки статистичних даних проглядається особливість: суцільнокатані колеса частіше бракуються по вищербини, а литі по тонкому гребеню. Що стосується повзунів на поверхні катання, то литі і суцільнокатані колеса мають схожу статистику розподілу пошкоджень. Дефекти поверхні кочення (повзуни, вищербини, термічні тріщини та ін.) вимагають обточування колеса по колу катання, що істотно зменшує ресурсу колеса.

Для визначення можливості утворення найбільш небезпечних дефектів залізничних коліс, таких як тріщини, проведемо розрахунок довговічності залізничного колеса. Розрахунки напруженого стану та довговічність колеса методом кінцевих елементів виконані в спеціалізованих програмних комплексах.

Аналіз результатів розрахунків показав, що властивості міцності залізничного колеса неоднакові по його площі. Так найменша міцність у диска біля маточини (до 8 млн. циклів). Крім того встановлено, що у напрямку до обода довговічність диска зростає до 27 млн. циклів.

Отримані результати дозволяють дати наступні рекомендації: особливу увагу оглядачів вагонів, а також впроваджуються засобів діагностики рухомого складу в експлуатації слід приділяти зоні диска колеса біля маточини, так як саме в цій зоні ймовірність появи втомних тріщин максимальна.

Результати дослідження можуть бути використані конструкторами при виборі типу коліс для вантажних вагонів з метою збільшення довговічності коліс.

## **УДОСКОНАЛЕННЯ КУЗОВІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗЙОМНИХ КУЗОВІВ**

Автор – Покутня В. В., студентка групи ВГ1821

Науковий керівник – к. т. н., доцент Мурадян Л. А.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Істотні коливання обсягів навантаження протягом року спостерігаються як на окремих, так і в цілому по загальній мережі залізниць. У зв'язку з сезонними коливаннями відправки вантажу багато вузькоспеціалізованих вагонів (наприклад для лісу, зерна, мінеральних добрив) простоюють, займаючи дефіцитні залізничні колії, а від вкладеного капіталу в вагони немає віддачі. Значно знижує ефективність перевезень – простій вагонів. Однією з причин тривалого простою рухомого складу являють періодичні спади попиту на вагони.

Спеціалізація вагонів дозволяє скоротити час і трудомісткість вантажно-розвантажувальних операцій, дбати про безпеку продукції, але одночасно збільшується тара вагонів, порожній пробіг, ростуть простой при сезонних коливаннях відправки різних товарів, у вагонобудівників зростають витрати на випробування і сертифікацію вагонів, а через малі обсяги серій собівартість спеціалізованих вагонів вище універсальних.

Для підвищення ефективності експлуатації залізничного транспорту пропонується розробити вагони зі зйомними кузовами збільшеної місткості. На таких вагонах передбачається, що основна і найбільш дорога частина (рама з ходовими частинами, гальмами і автотягачного пристрою) буде постійно експлуатуватися, а зйомні кузова будуть змінювати в залежності від типу вантажу. Впровадження гнучкої системи дозволить значно скоротити простой при сезонних коливаннях відправки вантажів і підвищити ефективність експлуатації вагонів.

Метою роботи є розробка науково обґрунтованих технічних рішень нового спеціалізованого вантажного вагона зі зйомними кузовами, що забезпечує схоронність вантажу при транспортуванні, скорочення простоїв рухомого складу при сезонних коливаннях обсягів відправлення вантажів і придатного для експлуатації в існуючих умовах залізничних підприємств.

Пропонується вагон зі зйомним кузовом, наприклад, вагон-платформа.

Експлуатація вагон-платформи з різними типами зйомних кузовів забезпечить транспортування широкого спектру вантажів, таких як металопродукт, вугілля, будматеріали (якщо використовувати відкритий зйомний кузов), ліс і труби (при обладнанні торцевими стінами і спеціальними стійками), сипучі вантажі (якщо встановити кузов типу «хопер»), охолоджені вантажі (при застосуванні кузова типу «термос»).

Однією з моделей зйомного кузова може бути кузов-цистерна. В цьому випадку вагон-платформу обладнають зйомним кузовом-цистерною, та створюють стандартний вагон-цистерну для перевезення хімічних вантажів. Пропонується розширити типорозмірний ряд зйомних кузовів-цистерн чотирма типами кузовів довжиною 13,716 м. Існує потреба в створенні широкого спектру вантажів відповідними типу вантажу, для транспортування небезпечних вантажів як кислоти, рідкі хімічні продукти, сірчана, соляна, азотна кислоти, етилова рідина, метанол та ін.

В роботі проведено огляд конструкцій зйомних кузовів, рухомого складу для їх перевезення, способів і пристроїв кріплення зйомних кузовів на залізничних платформах, аналіз номенклатури вантажів, що перевозяться залізничним транспортом, і визначення перспективного модельного ряду зйомних кузовів, запропоновані нові технічні рішення зйом-

них кузовів і пристроїв для їх кріплення на рухомому складі, що забезпечують надійність кріплення і безпеку перевезень. Також, в роботі виконано дослідження пристрою кріплення знімних кузовів на рухомому складі у вигляді поворотної опори з упорами фітингів, що рівномірно розподіляє навантаження між упорами фітингів при зіткненні вагонів.

## **ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ РЕМОНТУ ДЕКІЛЬКОХ ТИПІВ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ В УМОВАХ ПОТОКОВОЇ СІТІ**

Автор – Сахно М. О., студент групи ВГ1821

Науковий керівник – д. т. н., професор Мямлін В. В.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

На сьогодні вагонне господарство України має надмірно велику, але зовсім неефективну вагоноремонтну базу. На вітчизняні залізниці припадає значна частина всіх вагоноремонтних підприємств колишнього Радянського Союзу. У той же час більш ніж за тридцять останніх років вагонне господарство України не тільки не розвинулося, але й втратило свій колишній виробничий потенціал. Деяким підприємствам вже близько 80 років, а знос устаткування становить 60-75 %. З огляду на те, що вагоноремонтні підприємства залізничного транспорту в основному вже морально і фізично застаріли, а технологічне переоснащення їх практично не виконується, здійснювати зазначені завдання їм стає все важче і важче. Тому необхідна швидка інтенсифікація вагонного господарства, впровадження комплексно-механізованих поточкових виробництв для ремонту рухомого складу, а це вимагає застосування інноваційних форм організації ремонту.

При цьому слід зазначити, що раніше при будівництві вагонних депо передбачався лише один лінійний варіант розміщення вагонів на площах вагоноремонтних ділянок – вагони розміщувалися уздовж будівельних прольотів на 2 – 3-ох паралельних залізничних коліях. Така технологічна схема дозволяла здійснювати ремонт вагонів або стаціонарним, або поточковим методом. При цьому потік міг бути тільки «жорстким» – одночасне розміщення всіх вагонів.

Така організація технології ремонту абсолютно не враховувала імовірнісний характер вагоноремонтного виробництва, через який постійно порушувалася величина встановленого такту, що призводило до вимушеного непродуктивного простою технологічного обладнання та виконавців, тобто їх неефективного використання. Різні заходи організаційного характеру в рамках існуючих можливостей абсолютно не могли привести до істотних поліпшень в роботі поточкових ліній.

З огляду на перспективи інтеграції України в Європейське Співтовариство, дуже важливо мати конкурентоспроможне виробництво. Тому необхідно активно впроваджувати нові інноваційні технології ремонту рухомого складу. Одним з таких рішень якраз і є створення гнучких поточкових технологій, які змогли б значно посилити позиції вагонного господарства України.

При проектуванні і будівництві вагоноремонтних підприємств нового покоління основний упор повинен бути зроблений на створенні великих вагоноремонтних підприємств, які могли б, на основі гнучких технологічних потоків ремонтувати кілька типів спеціалізованих вагонів.

При використанні гнучких потоків ремонту в одному депо з успіхом можна ремонтувати цілий ряд спеціалізованих вагонів, таких як: цементовози, мінераловози, зерновози, хопер-дозатори, думпкари і т.п. Головною умовою є довжина вагонів, яка не повинна перевищувати довжину ремонтної позиції. З огляду на те, що номенклатура і кількість спеціалізованих вагонів весь час зростає, то появи депо для ремонту спеціалізованих вагонів, є актуальним завданням.

Для більш точного прийняття рішення про створення таких вагоноремонтних підприємств необхідно провести аналіз конструкцій, технології ремонту та технологічного обладнання.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ДЕПОВСЬКОГО РЕМОНТУ ПІВВАГОНІВ ТА ПЛАТФОРМ НА СУМІСНИХ ПОЗИЦІЯХ ГНУЧКОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПОТОКУ**

Автор – Суханов М. С., студент групи ВГ1821

Науковий керівник – д. т. н., професор Мямлін В. В.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Створення високоефективних виробництв, що сприяють якісному обслуговуванню й ремонту вагонів завжди було одним із пріоритетних завдань вагонного господарства залізниць. Адже від того, наскільки якісно виконаний ремонт, не в останню чергу залежить і безпека самого перевізного процесу. Велика роль при цьому відводиться плановому ремонту вагонів, який сприяє не тільки підтриманню вагонів у працездатному стані, а й продовженню їхнього ресурсу.

Протиріччя між індустріальними методами ремонту та ймовірнісним характером ремонтного процесу зараз призводить до зниження пропускної спроможності потокових ліній та збільшення простоїв вагонів у ремонті, а тим самим сприяло збільшенню експлуатаційних витрат. На сучасному етапі, коли обсяги ремонтних робіт на вагонах значно збільшилися через моральне та фізичне старіння рухомого складу, це протиріччя поглибилося.

Щоб бути конкурентоспроможною залізничній галузі необхідно оволодіти новими високоефективними технологіями, впроваджувати інноваційні методи роботи, удосконалювати організацію виробництва.

Одним з таких шляхів є впровадження гнучких потокових технологій ремонту рухомого складу залізниць. Використання на вагоноремонтних підприємствах гнучких потокових технологій дозволить значно збільшити пропускну спроможність дільниць і скоротити час перебування рухомого складу в ремонті, тим самим значно покращивши техніко-економічні показники виробництва. Гнучкі потокові технології являють собою новий напрямок у ремонті рухомого складу, який ще досі теоретично та практично не був вивчений.

Здійснено огляд та виконано ретроспективний аналіз застосовуваних методів ремонту рухомого складу на підприємствах залізничного транспорту. Особливу увагу приділено потоковим методам ремонту. Ремонт вагонів на потоці має свої специфічні особливості. До них можна віднести велику різноманітність конструктивних відмінностей вагонів навіть одного й того ж типу, різні умови й інтенсивності їх експлуатації, а також широкий діапазон «вікових» змін вагонів. Сукупність усіх цих факторів впливає на трудомісткість виконання ремонтних робіт на вагонах, і через неї сприяє прояву невизначеності ремонтного процесу, робить потокове вагоноремонтне виробництво занадто чутливим до порушення ходу технологічного процесу. Така ймовірнісна природа потокового вагоноремонтного виробництва вимагає певного до себе ставлення і обов'язково повинна бути врахована при розробці нових форм організації потоків.

Одне з основних завдань полягає в тому, щоб на одному підприємстві в умовах єдиного гнучкого потоку поєднувати одночасно ремонти кількох типів вагонів. Це дозволить збільшити номенклатуру випускаємої продукції та більш ефективно використовувати наявне технологічне обладнання. Йдеться про перехід до проектування та будівництва інноваційних підприємств нового покоління, заснованих на найсучасніших гнучких технологіях ремонту вагонів.



У зв'язку з цим необхідно виконати детальний аналіз конструкцій двох типів вагонів – піввагонів та платформ, а також провести аналіз застосовуваного технологічного обладнання та технології ремонту цих типів вагонів.

## **АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ НАГРІВАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇХ ВПРОВАДЖЕННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

Автор – Руденко Г. Г., студент групи ВГ1821

Науковий керівник – к. т. н., доцент Пуларія А. Л.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Застосування водонагрівачів є досить актуальним в даний час. Вони використовуються в першу чергу там де немає централізованого тепловодопостачання.

За типом використовуваного джерела енергії водонагрівачів поділяться на електричні, газові та сонячні.

Використання електричних водонагрівачів в СРСР було обмежено. Обумовлено це було тим, що люди користувалися дотацією на паливо і теплову енергію, в той час як тариф на електроенергію залишався досить високим. У 1990-ті роки в Україну надійшов потік водонагрівачів закордонного виробництва, в результаті чого отримали широке поширення електричні водонагрівальні прилади. На даний момент в Україні переважають електричні накопичувальні водонагрівачі – більше 50% ринку, на другому місці газові проточні – 35%, за ними йдуть електричні проточні водонагрівачі – 14%, газові накопичувальні складають менше 1%.

Використовують каналні нагрівачі (або калорифер) – прилади для нагрівання повітря в приміщенні, що складається з труб, по яких циркулює гаряча вода, пар або гаряче повітря.

Циркуляційні нагрівачі – теплообмінні апарати проточного типу, як правило, вбудовані в замкнутій контур з теплоносієм, або працюючи як проточний нагрівачі. Циркуляційні нагрівачі використовуються для нагрівання води, теплоносіїв, термального масла, тосола, нафтопродуктів, дизельного палива, сирої нафти, пара, природного газу.

Трубчасті електронагрівачі (ТЕН) – електронагрівальні прилади у вигляді металеві трубки, заповненої теплопровідним електричним ізолятором. Точно по центру ізолятора проходить токопровідна нитка (зазвичай ніхромовий або фехромовая) певного опору для передачі необхідної питомої потужності на поверхню ТЕН. Вони застосовуються в багатьох побутових і промислових електроприладах: чайниках, кип'ятильниках, пральних машинах, водонагрівальних і опалювальних котлах, і т.п.

Кабельна система обігріву – система обігріву, що перетворює електроенергію в тепло за рахунок теплового дії струму в нагрівальних елементах, виконаних у вигляді спеціальних кабелів.

Елемент Пельтьє – це термоелектричний перетворювач, принцип дії якого базується на ефекті Пельтьє – виникненні різниці температур при протіканні електричного струму. В англійській літературі елементи Пельтьє позначаються ТЕС (від англ. Thermoelectric Cooler – термоелектричний охолоджувач). При зверненні напрямку струму можливо як охолодження, так і нагрівання

Використання сонячних водонагрівачів є дуже привабливим. Однак повсюдне розвиток газифікації (дешеві ціни на газ і агресивна ринкова політика газових компаній) в першій половині двадцятого століття призупинило поширення сонячних водонагрівачів

У світлі подорожчання енергоресурсів, сонячні водонагрівачі в даний час переживають друге народження.

У зв'язку зі складністю установки газових водонагрівачів, на рухомому складі використовуються електричні водонагрівачі.

## **ВПРОВАДЖЕННЯ ПОЛІКАРБОНАТІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

Автор – Мирошніченко О. С., студентка групи ВГ1821

Науковий керівник – к. т. н., доцент Пуларія А. Л.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Останнім часом все більшу популярність набирають вироби виготовлені з полікарбонатів. В першу чергу тому, що полікарбонат – це термопластичний полімер, який не має аналогів серед сучасних полімерів. Він відрізняється чудовими параметрами світлопроникності, удароміцності і термостійкості.

Властивості полікарбонату практично не залежать від погодних умов: критично низькі температури, при яких він може стати крихким, перебувають поза діапазону температур експлуатації. Його твердість і опір стисненню аналогічно алюмінію – армований багат шаровий монолітний полікарбонат здатний витримати навіть постріл з вогнепальної зброї.

Найбільше промислове значення мають ароматичні полікарбонати.

Безліч чудових техніко-експлуатаційних характеристик в поєднанні з низькою ціною забезпечили цьому матеріалу величезну популярність. Сьогодні цей термопластичний полімер використовується всюди, де є потреба у прозорий матеріал з винятковими механічними властивостями, – від виробництва сонцезахисних окулярів до скління літаків.

У світовому виробництві та споживанні конструкційних матеріалів частка пластмас продовжує збільшуватися. За своїми технічними характеристиками вони успішно конкурують, в першу чергу з металом і склом у виробництві автомобілів, предметів побутового вжитку, електронної / електротехнічної промисловості.

Полікарбонат має високу хімічну стійкість до більшості неінертних речовин, що дає можливість застосовувати його в агресивних середовищах без зміни його хімічного складу і властивостей. До таких речовин відносяться мінеральні кислоти навіть високих концентрацій, солі, насичені вуглеводні і спирти, включаючи метанол. Але слід також враховувати, що ряд хімічних сполук надають на матеріал ПК руйнівну дію (серед полімерів не багато таких, які стійко витримують контакт з ними). Цими речовинами є луги, аміни, альдегіди, кетони і хлоровані вуглеводні (метиленхлорид використовують для склеювання полікарбонату). Матеріал частково розчинний в ароматичних вуглеводнях і складних ефірах.

Монолітний (литий) полікарбонат – суцільний лист з полікарбонату без внутрішніх порожот, по характеристикам замінює звичайне силікатне скло. Має хорошу ударнопрочність, добре поглинає ультрафіолетові промені. Монолітний полікарбонат все частіше застосовують для обробки вагонів поїздів, метро, салонів літаків, автобусів і океанських лайнерів.

Монолітний полікарбонат використовують для навісів, елементів скління, козирків, які схильні до зовнішніх силам в слідстві експлуатації (антивандальні, куленепробивні, сход полою з даху).

Так само полікарбонат для застосування в будівництві: стадіони, торгові комплекси, промислові об'єкти – з додатковими ребрами жорсткості або посилений полікарбонат.

Даний полікарбонат виробляється двокамерний, товщиною 16 мм і 32 мм і однокамерний, товщиною 10 мм.

На залізничному транспорті застосування полікарбонатів потрібно в наступних сферах: покриття, оздоблювальних роботах, оздоблення інтер'єру всередині вагона, заходи для забезпечення комфорту пасажирів під час перевезення.

## АНАЛІЗ СУЧАСНИХ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

Автор – Пасько С. І., студент групи ВГ1821

Науковий керівник – к. т. н., доцент Пуларія А. Л.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Зараз, як ніколи гостро постало питання, про те, яким буде майбутнє планети в енергетичному плані. Що чекає людство – енергетичний голод або енергетичний достаток? У газетах і різних журналах все частіше і частіше зустрічаються статті про енергетичну кризу. Через нафти виникають війни, розцвітають і бідніють держави, змінюлися уряди. До розряду газетних сенсацій стали відносити повідомлення про запуск нових установок або про нові винаходи в області енергетики. Розробляються гігантські енергетичні програми, здійснення яких зажадає величезних зусиль і величезних матеріальних витрат.

Тому нині перед усіма вченими світу стоїть проблема знаходження і розробки нових альтернативних джерел енергії. У даній роботі будуть розглянуто класифікацію альтернативних джерел енергії, способи знаходження нових видів палива і досвід Росії та інших зарубіжних країн у винаході і використанні енергозберігаючих ресурсів.

Альтернативні джерела енергії: сонячна енергія, енергія землі, енергія вітру, енергія води, біоенергія.

Відомо, що сонячна енергетика, як напрямок альтернативної енергетики, заснований на безпосередньому використанні сонячного випромінювання для отримання енергії в будь-якому вигляді. Як різновид сонячної енергетики слід розглядати геліотермальну енергетику – нагрівання поверхні, що поглинає сонячні промені, і подальший розподіл і використання тепла (фокусування сонячного випромінювання на посудині з водою або сіллю для подальшого використання нагрітої води для опалення, гарячого водопостачання або в парових електрогенераторах).

Інший напрямок це геотермальна енергетика – напрямок енергетики, заснований на використанні теплової енергії надр Землі для виробництва електричної енергії на геотермальних електростанціях, або безпосередньо, для опалення або гарячого водопостачання. Найбільший інтерес тут представляють високотемпературні термальні води або виходи пара, які можна використовувати для виробництва електроенергії і теплопостачання.

У свою чергу така галузь енергетики, як вітроенергетика – спеціалізується на перетворенні кінетичної енергії повітряних мас в атмосфері в електричну, механічну, теплову або в будь-яку іншу форму енергії, зручну для використання в народному господарстві. Таке перетворення може здійснюватися такими агрегатами, як вітрогенератор (для отримання електричної енергії), вітряк (для перетворення в механічну енергію), вітрило (для використання в транспорті) та іншими.

Важливу роль у енергетиці відіграє гідроенергетика, що розглядає застосування енергії як великих, так і малих водних потоків. Поняття "енергія води" включає також енергію морських припливів: виробництво енергії за рахунок приливного та відливного руху морських водних мас, обумовлених фазами місяця.

Найбільш сучасна галузь альтернативної енергетики це біоенергетика, заснована на використанні біопалива. Існує велика кількість класифікацій видів біопалива, найбільш загальним чином різні види біопалива можна розділити на тверді, рідкі та газоподібні. Також види біопалива можна розділити на традиційні і поліпшені.

Данні альтернативні джерела енергії потрібно широко впроваджувати на залізничному транспорті у різноманітних сферах та засобах пересування.

## Підсекція «Теоретична та будівельна механіка»

### РОЗРАХУНОК НА СТІЙКІСТЬ ПІДПОРНИХ ПРОСТОРОВИХ ФЕРМ З ВИКОРИСТАННЯМ ФОРМУЛИ ЕЙЛЕРА

Автори – Шibaєва А. В., Васильченко М. В., студенти групи МТ1822

Науковий керівник – к. т. н., доцент Костриця С. А.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Ферма – це один з видів стержньових конструкцій, які широко застосовуються в будівництві. В основному ферми використовуються для перекриття великих прогонів, що дозволяє значно зменшити вагу конструкції (витрати матеріалів) при забезпеченні умов міцності. Конструктивні елементи у вигляді ферм використовуються при будівництві мостів, стропильних систем промислових, торгівельних та спортивних споруд. Означені конструкції сприймають, в основному, згинаючі навантаження. Але в будівництві зустрічаються конструкції у вигляді ферм, які працюють в умовах стискаючого навантаження. До таких конструкцій відносяться, наприклад, підпорні колони, металеві опори ЛЕП, баштові крани та ін.

Розрахунки на міцність ферм, які знаходяться під дією як першого так і другого видів навантаження, або їх комбінацій добре розроблені і труднощів у застосуванні не викликають. Перевірка стійкості ферм в усіх цих випадках, як правило, зводиться тільки до перевірки стійкості окремих стиснутих елементів із застосуванням формули Ейлера. Розрахунки на стійкість ферми в цілому проводиться з використанням спеціальної процедури методу скінчених елементів (МСЕ), використання якої, у свою чергу, потребує спеціальної підготовки.

В даній роботі пропонується метод, який дозволяє провести чисельний розрахунок ферми на стійкість з використанням найпростішого програмного комплексу який реалізує МСЕ для стержньових елементів, але не має у своєму складі модуля розрахунків на стійкість. В основі методу лежить припущення, що ферма це стержень з певними характеристиками жорсткості на згин та стиск, для якого можна застосувати формулу Ейлера, або застосувати інший метод опору матеріалів.

Алгоритм розрахунку ферми на стійкість складається з наступних етапів:

Проводиться розрахунок ферми на дію стискаючої сили  $F$ , визначається величина поздовжнього стискання, та з використанням закону Гука визначається жорсткість ферми на стискання.

Проводиться розрахунок ферми на дію згинаючої сили  $F$ , яку послідовно прикладено до ферми по двом взаємно перпендикулярним напрямкам. Визначається її максимальний прогин та за відомими формулами опору матеріалів визначається мінімальна жорсткість ферми на згин.

Визначається гнучкість ферми, яка залежить від способу її закріплення та знайдених величин жорсткостей на згин та стискання.

В залежності від значення гнучкості ферми, за формулою Ейлера, або з використанням коефіцієнтів зменшення основного розрахункового опору, як для звичайного стержня проводиться визначення критичної сили.

Роботу алгоритму проілюстровано на чисельному прикладі, результати якого порівнюються з результатами розрахунків на стійкість з використанням спеціалізованого програмного комплексу МСЕ – SCAD.

## Вплив початкової нерівності осі стиснутого стержня на величину критичної сили

Автори – Платонов Ю. Ю., Драган В. Ю., студенти групи ПБ1711

Науковий керівник – к. т. н., доцент Костриця С. А.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Елементи реальних будівельних конструкцій завжди мають так звані початкові недосконалості: початковий прогин (до навантаження вісь реального стержня не є ідеально прямою, тобто мають місце не рівні нулю поперечні прогини), позацентрова дія сили, не ідеальні опорні закріплення та інші. При визначенні критичних сил за класичними методами (зменшення основного розрахунково опору, формули Ейлера або Ясинського) розглядаються стиснуті стержні з ідеальними параметрами: вісь стержня до навантаження є ідеально прямою, всі зовнішні сили і реакції опор діють уздовж поздовжньої осі стержня. У роботі розглядається стержень з не рівними нулю початковими прогинами та вплив означених прогинів на поведінку стержня при поздовжньому навантаженні.

У роботі, загальну схему вирішення задачі по визначенню критичної сили, показано на прикладі шарнірно-опертого стержня, який стиснено силою  $F$ . При вирішуванні задачі вважається, що до навантаження прогин стержня (початковий прогин) не дорівнював нулю. Тоді повний прогин довільного перерізу стержня може бути знайдений як сума початкового прогину та додаткового прогину, що з'являється в результаті поздовжнього навантаження.

При вирішуванні задачі прийняті наступні припущення:

- повні прогини є величинами малими в порівнянні з довжиною стержня;
- осьове зусилля не залежить від поперечних прогинів стержня.

Тоді, прирівнюючи момент від зовнішньої сили внутрішньому згинальному моменту, можна отримати однорідне диференціальне рівняння зігнутої вісі балки, перший доданок якого входить додатковий прогин (оскільки виникнення внутрішнього згинального моменту пов'язано з додатковим вигином стержня), а у другий – повний прогин (т.я. плече зовнішньої сили визначається повним прогином).

З урахуванням того, що початковий прогин є відомою функцією, отримане однорідне диференціальне рівняння зігнутої вісі балки перетворюється в неоднорідне, права частина якого містить згинальний момент від стискаючої сили, викликаний початковим прогином.

Рішення неоднорідного диференціального рівняння шукається у вигляді тригонометричного ряду, з використанням граничних умов, які залежать від способу закріплення стержня. Під час рішення, права частина диференціального рівняння також представляється у вигляді аналогічного тригонометричного ряду. В результаті було отримано рішення, яке дає можливість визначити додатковий прогин у довільному перерізі балки в залежності від величини стискаючої сили. З використанням отриманої залежності між величиною додаткового прогину посередині балки та стискаючим навантаженням  $F$  побудовані відповідні графіки при різних значеннях початкового прогину по середині.

На основі аналізу означених графіків зроблено висновок про те, що початковий прогин балки не впливає на величину критичної сили.

Запропонований у роботі підхід до визначення критичної сили дозволяє різко спростити і скоротити необхідну кількість вимірювань при випробуванні реальних стержнів на осьовий стиск та виключає необхідність при проведенні експериментальних досліджень стиснутих елементів реальних конструкцій виявляти типи і кількісні значення їх початкових недосконалостей.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПНЕВМАТИЧНОГО ГАЛЬМУВАННЯ В ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДАХ РІЗНОЇ ДОВЖИНИ

Автор – Поставний М. Р., студент групи ВГ16120

Науковий керівник – к. т. н., доцент Урсуляк Л. В.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Як показує досвід експлуатації вантажних поїздів, найбільш небезпечним режимом руху є гальмування. Тому забезпечення безпеки руху поїздів вимагає вдосконалення методики математичного моделювання гальмівних процесів, що відбуваються в вантажних поїздах.

Як відомо величина гальмівної сили, що діє на  $j$ -й екіпаж, залежить від режиму гальмування (ступінь регульовального гальмування, ПСГ, ЕГ або падіння тиску, викликане розривом гальмівної магістралі в заданому перерізі поїзда), місця розташування екіпажу по відношенню до джерела розрядки гальмівної магістралі (для з'єднаних поїздів) і схеми з'єднання гальмівної магістралі (об'єднана або роз'єднана). Значення сили натискання на одну гальмівну колодку для  $j$ -го екіпажу визначається за формулою:

$$k_j(t) = \frac{1}{m_j} A_{uj} \cdot P_j(t) \cdot n_j \cdot \eta_{nj}$$
, де  $m_j$  – кількість гальмівних колодок в  $j$ -ому екіпажі, які при-

водяться в дію одним гальмівним циліндром,  $A_{uj}$  – площа поршня гальмівного циліндра,  $P_j(t)$  – тиск стисненого повітря в циліндрі,  $n_j$  – передаточне число важільної передачі,  $\eta_{nj}$  – к.к.д. важільної передачі. Вид функції  $P_j(t)$  залежить від типу повітророзподільника і виду гальмування. Залежність  $P_j(t)$  для поїздів різної довжини зазвичай визначаються за допомогою датчиків тиску, які були встановлені в різних перетинах поїздів, під час експериментальних поїздок.

На підставі проведеного аналізу реальних діаграм наповнення гальмівних циліндрів можна чітко розрізнити дві фази. Перша фаза – більш інтенсивне наповнення гальмівного циліндра від нуля до значення  $k_1(i)$  протягом малого проміжку, часу, яке відбувається інтенсивно за лінійним законом. Друга фаза – час наповнення гальмівного циліндра від значення  $k_1(i)$  до максимального значення  $k_{\max}$ , яке зростає від головного екіпажу до хвостового по нелінійному закону.

У даній роботі зроблена спроба апроксимувати реальні діаграми наповнення гальмівних циліндрів поліномами різного ступеня. При цьому апроксимація проводилася з урахуванням обох зазначених фаз наповнення гальмівних циліндрів.

При підборі коефіцієнтів в шуканих поліноми як контрольованих параметрів використовувалися максимальні значення поздовжніх сил і гальмівні шляхи, які зіставлялися з аналогічними величинами, отриманими в результаті експериментальних поїздок.

Моделювалися різні види пневматичних гальмувань (ПСГ, ЕГ і РГ) попередньо розтягнутого вантажного поїзда з 60-ти однорідних чотирьохвісних піввагонів масою 80 тон, обладнаних повітророзподільниками №483, включеними на середній режим роботи, композиційними гальмівними колодками і одного локомотива ВЛ-8 на горизонтальній ділянці шляху.

Повні службові та екстрені гальмування моделювалися з початкової швидкості руху  $V_0 = 30$  км/год до зупинки, а регульовальні гальмування, які відповідали II-му ступеню

гальмування з розрядкою гальмівної магістралі на 0,08 МПа зі швидкості  $V_0 = 60$  км/год до  $V_k = 40$  км/год.

## ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПУ МОЖЛИВИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ДЛЯ АНАЛІЗУ БЕЗПЕКИ ВІД СХОДУ КОЛІСНОЇ ПАРИ З РЕЙОК

Автор – Янковий А. С., студент групи КГ17130

Науковий керівник – к. т. н, доцент Янгулова О. Л.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Найважливішою проблемою на залізничному транспорті є забезпечення безпеки руху рейкових екіпажів, як на етапі проектування, так і в процесі їх експлуатації. При цьому попередження аварій і крахів на залізницях мають первинне значення. До числа найважливіших проблем, які представляють серйозну загрозу функціонуванню залізниць, відносяться, наприклад, такі, як проблема сходу рухомого складу з рейок, підвищена інтенсивність зносу коліс і рейок. Окрім цього небезпека сходу, особливо при високих швидкостях руху, можуть викликати причини, не пов'язані з несправностями вагону, а що є особливістю його конструкції. Для оцінки безпеки від сходу колеса з рейок для вагонів використовується коефіцієнт запасу стійкості від сходу колеса з рейок, в який входить критерій безпеки як співвідношення прикладених до колеса сил – горизонтальною поперечною і вертикальною (при дії граничної сили сухого тертя). При цьому відношення цих сил потрібен бути таким щоб гребінь колеса відносно рейки ковзатиме вниз. Так, в європейських нормах в якості допустимої величини з точки зору сходу колеса з рейки використовується співвідношення рамної сили та вертикальної, яке повинно бути дорівнювати 0,8.

У цій роботі розглянута математична модель сходу колеса з рейки як єдиного процесу взаємодії колеса і рейки залежно від значення відношення горизонтальною поперечною і вертикальною сил. Передусім, розглянемо положення граничної рівноваги колісної пари, межуючи із зоною безпеки від сходу. Рівняння рівноваги колісної пари отримаємо за допомогою принципу можливих переміщень, тобто знайдемо суму елементарних робіт усіх активних сил, що діють на систему при будь-якому можливому переміщенні системи. В'язі будемо вважати геометричними, утримуючими і стаціонарними, що забезпечує можливість використання для її вирішення принципу можливих переміщень. За можливе переміщення приймемо поворот колісної пари відносно деякого центру  $S'$ , що збігається з миттєвим центром швидкостей можливого переміщення опорних точок, тобто точок дотику коліс колісної пари з рейками. Напрямок можливого переміщення приймемо таким, яке відповідає зісковзуванню гребеня набігаючого колеса вниз по голівці рейки, враховуючи цей напрям при виборі напрямку сил тертя в опорних точках колісної пари.

Оскільки можливе переміщення є кутом повороту, то елементарну роботу активних сил, прикладених до колісної пари, доцільно одержали у вигляді сумі робіт моментів активних сил відносно центра повороту  $S'$ . При цьому будемо враховувати: Динамічні вертикальні навантаження, що діють на шийки коліс; вагу частини візка, яка віднесена до однієї колісної пари; горизонтальні поперечні сили, які діють з боку рами візка. Оскільки в'язі неідеальні, треба враховувати також сили реакції за допомогу яких можна визначити сили тертя. Сила інерції, що діє на колісну пару, зневажливо мала в порівнянні з рамною силою, тоді її можна не враховувати.

Аналіз отриманого рівняння дає можливість визначити впливи різних чинників на можливість сходу колісної пари. Наприклад, безпека від сходу колісної пари з рейок залежить: від висоти точки прикладення рамної сили до колісної пари; від кута нахилу поверхні катання до горизонталі ненабігаючого колеса; від горизонтальною поперечною відс-

тані між миттєвим центром швидкостей і вертикаллю, що проходить через точку дотику колеса і рейки. Такі теоретичні дослідження дають можливість удосконалити конструкцію візків вагонів.

## ЕКОНОМІЧНІ МЕТОДИ ПО ОЦІНКИ РИЗИКІВ БЕЗПЕКИ РУХУ ПОЇЗДІВ

Автор – Лукашенко А. М., студент 218 групи<sup>1</sup>

Науковий керівник – к. т. н, доцент Янгулова О. Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НТУ «Дніпровська політехніка»

<sup>2</sup>Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

Транспортні події, що призводять до випадків порушення безпеки руху, вимагають першочергової уваги і дослідження. При цьому вивчення факторів, що впливають на безпеку руху, дасть додатковий інструментарій для управління транспортними процесами. Одним з таких інструментів є управління ризиками. Основною задачею управління ризиками являється досягнення і підтримки управління і експлуатації залізничного транспорту.

Ризик – кількісна характеристика дії небезпек, що формуються конкретною діяльністю людини, тобто відношення числа несприятливих проявів небезпеки до їх можливого числа за певний проміжок часу (частота реалізації небезпеки).

В таких складних системах, як залізничний транспорт, прояви більшості небажаних подій не обмежуються будь-яким одним видом ризику. Так на схід теліжки з рейок можуть впливати різні чинники:

- невиконання експлуатаційних норм вмісту верхньої будови колії,
- невиконання експлуатаційних норм утримання рухомого складу та його конструкційних елементів;
- помилки в нормативних документаціях;
- недосконалість конструкції;
- привішення допустимих швидкостей руху на різних ділянках шляху.

Для управління ризиками на залізничному транспорті слід використовувати методологію, яка спрямована:

- на виявлення ризику і оцінки ймовірності його реалізації;
- на визначення максимального збитку;
- на вибір методів та інструментів управління виявлених ризиків;
- на розробку стратегій управління ризиком з метою зниження ймовірності реалізації ризику і мінімізації можливості негативних наслідків.
- оцінку досягнутих результатів і в разі необхідності їх коригування методів.

Для оцінки ризиків необхідно провести якісний і кількісний аналіз рівня ймовірності появи ризику і його частоти появи, а також оцінити всі наслідки події, в тому числі економічні збитки. На етапі ідентифікації ризику виявляється перелік несприятливих подій, які здатні:

- погіршити якість навколишнього середовища;
- нанести шкоду людині;
- завдати шкоди рухомому складу і верхнього будівлі шляху.

Так на залізничному транспорті виявлені ризики, які впливають на безпеку руху поїздів, недотримання норм яких може принести істотної шкоди народному господарству країни.

Всі фактори взаємопов'язані між собою і на рівень безпеки руху має вплив інтегрує дію кожного з групи чинників. Таким чином, залізничний транспорт необхідно розглядати як взаємодію великої кількості людей – машинних систем.

Для визначення величини ризику його рівня і частоти виникнення є багато методів. Аналіз ризику проводиться якісно і кількісно. Можна застосувати для оцінки сходу коліс-



ної пари з рейок детермінований метод, на основі розробки математичної моделі «екіпаж-шлях» і оцінити величину горизонтальних поперечних і вертикальних сил. А частоту появ ризиків за допомогою статистичних методів. Дані для аналізу яких можна взяти зі статистичних даних небезпечних інцидентів дорогах світу.

Після аналізу ризику отримані результати потрібно порівняти з допустимими критеріями – прийнятними ризиками з допустимими нормами. Економічний збиток визначається як сума прямих і непрямих збитків негативних наслідків. При рішенні завдань обґрунтування заходів по підвищенню безпеки руху потягів представляється доцільним ґрунтуватися на існуючих методах угруповання витрат.

Одним з найбільш поширених методів є модель ПОД (профілактика, оцінка, дефекти). Оскільки безпека будь-якої продукції, в т.ч. – транспортною, можна розглядати як приватний показник її якості, то метод ПОД, що характеризує витрати на якість, можна використати і для обліку витрат на безпеку.

Охарактеризуємо елементи загальної вартості якості продукції (витрат на якість).

1. Витрати на профілактику (на превентивні дії, П) – це витрати виробника на всі дії щодо попередження появи невідповідностей і дефектів, включаючи витрати на розробку, створення і підтримку системи безпеки, на дослідження і попереджувальні заходи, що забезпечують зниження ризиків і виникнення нештатних ситуацій (витрати, пов'язані із забезпеченням найбільш раціональної технології перевезень, витрати на ремонт і утримання технічних засобів транспорту, премії за безаварійну роботу).

2. Витрати на оцінювання або на контроль (аудит, інспекцію) безпеки (О) – це витрати виробника на виявлення дефектності і невідповідностей, що виникають в процесі проектування і виробництва або надання послуг. До складу цих витрат входять витрати засобів на придбання і обслуговування необхідного контрольно-вимірального і випробувального устаткування, приладів, інструментів, а також витрати на вхідний, поточний і вихідний контроль якості продукції і т. д.

3. Витрати на усунення дефектів продукції підрозділяються на дві частини: на внутрішні (Д1) і зовнішні (Д2) витрати. Внутрішні витрати йдуть на усунення тих дефектів, які не пов'язані з нанесенням збитку споживачам транспортних послуг або стороннім організаціям. Зовнішні витрати – це витрати на усунення наслідків аварій і крахів на залізничному транспорті і відшкодування збитку іншим організаціям.

Таким чином, сумарні витрати на забезпечення безпеки, оцінювані методом ПОД, включають:

$$B = П + О + Д.$$

Світова практика показує, що на долю дефектів доводиться до 80% усіх витрат, у зв'язку з чим представляється обґрунтованим найдетальніше розглянути саме цю групу витрат. Крім того, мають місце витрати на профілактику. Маючи можливість розрахувати річну величину витрат на безпеку методом ПОД, ми можемо також оцінити ефект і ефективність заходів по підтримці і підвищенню безпеки руху за минулий період. Для цього розраховується різниця витрат на безпеку в останньому і передостаннім періодах, що дає величину ефекту.

Ефективність заходів по підвищенню безпеки можна оцінити, зіставивши отриманий ефект з витрати на забезпечення безпеки в передостанньому і останнім періодах відповідно, тис. групи

При цьому слід мати на увазі, що для заходів у сфері забезпечення безпеки руху збільшені терміни окупності частенько не мають бути основою для відхилення цих заходів, оскільки у разі негативних подій є ризик нанесення збитку життю і здоров'ю людей (як пасажирів, так і працівників залізничного транспорту), що непорівнянна з витратами фінансових ресурсів.

Використання запропонованої методики дозволить підвищити об'єктивність оцінки як витрат, пов'язаних із забезпеченням безпеки, так і ефектів від її підвищення.

### ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ОДИНИЦІ РУХОМОГО СКЛАДУ ЯК ОДНОМАСОВОЇ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЕОМ

Автори – Кільчінський Д. С., Лантух В. А., студенти групи ЛГ16110  
Наукові керівники – к.т.н, доцент Татарінова В. А.; ст. викл. Даценко В. М.  
*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Створення сучасного локомотива вимагає від конструкторів і вчених реалізації наукових ідей та технічних рішень, що забезпечують, зокрема, підвищення конструкційної швидкості з одночасним поліпшенням тягових, гальмівних і динамічних якостей тягового рухомого складу.

Об'єктом дослідження є електровоз серії ДС, який був створений у співпраці з концерном Siemens на Дніпровському електровозобудівному заводі (ДЕВЗ) за участю цілого ряду наукових та виробничих організацій, в тому числі і Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ).

На першому етапі розглянемо електровоз як одномасову систему. Було враховано тільки масу кузова, який спирається на одну пружину з еквівалентною жорсткістю  $c$  і має один демпфер в'язкого опору з еквівалентним коефіцієнтом  $\beta$ . Як відомо, між кузовом та візком знаходиться 8 пружин, які розташовані паралельно (друга ступінь ресорного підвішування). Між візком та колісною парою (перша ступінь ресорного підвішування) на кожному візку ще по вісім, які теж розташовані паралельно.

Але дві пружини, одна з яких замінює 8 пружин другого ступеня, а друга – 16 пружин першого ступеня, вже будуть розташовані послідовно. Як відомо з курсу теоретичної механіки, формули, за якими можна зробити ці обчислення, мають вигляд:

- для паралельного з'єднання  $c = c_1 + c_2$ ;
- для послідовного з'єднання  $c = \frac{c_1 \cdot c_2}{c_1 + c_2}$ .

Формули для обчислення еквівалентного коефіцієнта  $\beta$  аналогічні приведеним.

Наведемо результати обчислення  $c$  та  $\beta$  для конкретних значень параметрів системи: маса кузова локомотива  $m = 50$  т; жорсткість однієї пружини другої ступені підвішування локомотива  $c_2 = 420$  кН/м; жорсткість однієї пружини першої ступені підвішування  $c_1 = 1610$  кН/м; коефіцієнт в'язкого опору одного демпфера другої ступені локомотива  $\beta_2 = 45$  кН·с/м; коефіцієнт в'язкого опору одного демпфера першої ступені  $\beta_1 = 5$  кН·с/м.

Об'єднавши формули, отримали такі значення:

$$c = \frac{8 \cdot 420 \cdot 16 \cdot 1610}{8 \cdot 420 + 16 \cdot 1610} = 2972,3 \text{ кН/м}, \quad \beta = \frac{8 \cdot 45 \cdot 16 \cdot 5}{8 \cdot 45 + 16 \cdot 5} = 65,5 \text{ кН} \cdot \text{с/м}.$$

Для подальших розрахунків взяли  $c = 3000$  кН/м,  $\beta = 66$  кН·с/м.

Дослідження були проведені як теоретичним чином так і за допомогою сучасного програмного комплексу. В результаті були отримані графіки вільних та вимушених коливань, а також амплітудно-частотні характеристики.

## ТЕОРЕТИЧНІ ТА З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНОГО ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ЕЛЕКТРОВОЗА ЯК ДВОМАСОВОЇ СИСТЕМИ

Автори – Приймаченко К. В., студент групи ЛГ1711; Ботін О. В, студент групи ЛГ16110

Наукові керівники – к.т.н, доцент Татарінова В. А.; к.т.н, доцент Недужа Л. О.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Успіх перевезень на залізницях значною мірою визначається достатньою кількістю та надійністю експлуатуемого локомотивного парку рухомого складу. На сучасному етапі для забезпечення безпеки руху перед залізничним транспортом поставлені основні завдання, серед яких оновлення парку рухомого складу нового покоління, підвищення рівня безпеки руху, використання енергозберігаючих технологій тощо. Ці та інші завдання і вимоги обумовлюють основний напрямок з удосконалення конструкцій локомотивів й особливо їх ходових частин, які, в основному, впливають на динамічні якості. Від правильно обраних технічних характеристик залежать експлуатаційні та економічні показники одиниць тягового рухомого складу.

У зв'язку з цим в свій час силами цілого ряду наукових та виробничих організацій, у тому числі й Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ), був розроблений та побудований вантажо-пасажирський електровоз.

Розглянемо електровоз як двомасову систему. Було враховано масу кузова, який спирається на одну пружину з еквівалентною жорсткістю  $c_2$  і має один демпфер в'язкого опору з еквівалентним коефіцієнтом  $\beta_2$ , і масу ходової частини, підвішування якої складається з однієї пружини з еквівалентною жорсткістю  $c_1$  і одного демпфера в'язкого опору з еквівалентним коефіцієнтом  $\beta_1$ . Як відомо, між кузовом та візком знаходиться 8 пружин, які розташовані паралельно (друга ступінь ресорного підвішування). Між візком та колісною парою (перша ступінь ресорного підвішування) на кожному візку ще по вісім, які теж розташовані паралельно.

З курсу теоретичної механіки знаємо формулу, за якою можна знайти еквівалентні жорсткості для паралельного з'єднання  $c = c_1 + c_2$ . Формула для обчислення еквівалентних коефіцієнтів  $\beta$  аналогічна приведеній. Розглянемо два випадки:

система двох тіл за допомогою пружних елементів та демпферів в'язкого опору прикріплена до колісної пари, масою якої поки що нехтуємо, рухається по колії, яка у вертикальній площині є горизонтальною;

ця ж система рухається по колії, яка у вертикальній площині має нерівність, яку можна задати рівнянням  $\eta = \eta_0 \sin \omega t$ .

Тут  $\eta_0$  – амплітудне значення деформації рейки,  $\omega$  – частота синусоїдального збурення (яка імітує збурення, зумовлене проходженням екіпажу по стикам колії).

Дослідження були проведені для конкретних значень параметрів електровоза серії ДС як теоретично так і за допомогою сучасного програмного комплексу. В результаті були отримані графіки вільних та вимушених коливань, а також амплітудно-частотні характеристики.

## ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ НА ТРАНСПОРТІ В УМОВАХ МЕГАПОЛІСА

Автор – Чернявська О. Є., студентка групи ЛГ1711

Науковий керівник – к.т.н, доцент Недужа Л. О.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Безпека руху на транспорті – одна з основних умов життєдіяльності, експлуатації, перевезень в усіх сферах господарства. Проблема забезпечення безпеки руху в умовах мегаполісу, зокрема, з'явилася одночасно із появою самого транспорту. Місто Дніпро є одним із найбільших міст України і транспортна проблема не обходить його стороною. Хоча транспорт і є одним з найменших джерел забруднення навколишнього середовища, викиди газів, вилив мастил, шуми, вібрація та ін. негативно впливають на екологію мегаполіса, стан безпеки руху на шляхах, здоров'я населення мешканців міста, природні процеси. Також транспортні шляхи займають великі площі землі, які можна використовувати більш доцільно.

Одним із варіантів вирішення комплексу цих питань є запровадження альтернативного виду транспорту – пасажирської підвісної канатної дороги (ППКД). Це досить важливий для міста вид громадського транспорту, що дозволяє з'єднати різні точки населеного пункту (особливо житлові масиви) не зважаючи на складності рельєфу та довжину траси. Використання канатної дороги є альтернативним рішенням в умовах мегаполісу для поїздок на різні відстані в напрямках з високим пасажиропотоком, оскільки є ефективним, екологічним, привабливим конкурентом іншим видам громадського транспорту.

Наше місто вже має досвід застосування ППКД. Ще на початку минулого століття Монастирський острів став улюбленим місцем відпочинку мешканців, однак постійного сполучення острова з парком ім. Т. Шевченко не було. В кінці 50-х років була сформована головна міська зона відпочинку на острові, що вимагало транспортного сполучення. Вирішили побудувати підвісну канатну дорогу. Зараз вона, на жаль, не працює. Але, враховуючи вимоги та потреби сучасного життя мегаполісу, є проекти не тільки з відновлення роботи одного із символів нашого міста, а й побудови повітряного метро, яке буде функціонувати по принципу канатної дороги і з'єднає право- та лівобережну частини Дніпра.

Для прийняття правильних рішень необхідно виконати складні інженерні розрахунки на всіх етапах проектування, моделювання, розробки, експлуатації. Для чого треба врахувати велику кількість факторів, зокрема навантаження канату під власною вагою, натяг, коливання канату, його відносне провисання та геометричні параметри, довжина прольоту тощо. Міцність елементів буде забезпечена при відомих умовах

$$\sigma_{\max} = \left| \frac{N_{\max}}{A} \right| \leq [\sigma], \quad \sigma_{\max} = \frac{F}{A} + \gamma \cdot \ell \leq [\sigma], \quad \sigma_{\max} = \frac{M}{W_z} \leq [\sigma]$$

та інші.

Широкі можливості сучасних програмних комплексів дозволять вдало реалізувати проекти нашого міста.

Таким чином, пріоритетом розвитку суспільства повинно бути безпека руху, зниження негативного впливу транспорту на людину і навколишнє середовище. Використання пасажирської підвісної канатної дороги, як альтернативного виду транспорту, актуально для вирішення ряду транспортних питань мегаполісу, що є своєчасним.

## Гнучкі нитки, як необхідна розрахункова модель в проектуванні

Автор – Антохов Р. О., студент групи ПБ1711

Науковий керівник – ст. викл. Грановська Н. Й.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Проектування цивільних будівель, інженерних та промислових споруд, систем енергетичного сполучення тощо, потребує використання моделі гнучких ниток для розрахунку ліній електропередачі, кабелів, різноманітних ланцюгів, тросів та інших подібних елементів, які використовуватимуться, як несучі елементи висячих покриттів, тощо. Дана модель є універсальною та необхідною для будь-яких спеціальностей, від будівництва до механізації, що підтверджує користь її вивчення.

Гнучкі нитки передбачають роботу нитки лише на розтяг, що є основною властивістю даної моделі. Дана система не передає згинальні моменти, оскільки ланки здатні незалежно повертатись (кожен переріз по суті є шарніром). Також ця модель не витримує стиск, оскільки вона не нестиме навантаження і буде всього лиш викривлюватись, а от завдяки зміні напрямку нитки сприймаються поперечні зусилля. Для прикладу кожної з властивостей можна уявити автомобільний трос, ланцюги для припиняння тварин та канатну дорогу. Також зусилля розтягу завжди спрямовані по дотичній до нитки.

Основні напруження для подібної конструкції створюють рівномірно розподілені навантаження вздовж ниток, які зумовлені власною вагою, впливом вітру, обледенінням тощо, та зосередженні зусилля. Також важливим фактором є розрахунок на температурні та пружні деформації, які залежать від умов використання та матеріалу для такої системи.

Головним завданням проектувального розрахунку для конструкцій такого типу є визначення натягу та довжини нитки з урахуванням її ваги та додатковими зосередженими зусиллями. Для цього необхідно знайти реакції опор, використавши рівняння рівноваги відносно осі, перпендикулярної до нитки, оскільки суми моментів відносно точок закріплення дорівнюють нулю (нитки працюють лише на розтяг), і поперечні зосереджені впливи (за їх наявності), користуючись методом перерізів. Відношення вертикальної частки  $Q$  та горизонтальної  $H$  повного натягу  $N$  дорівнює тангенсу кута між горизонталлю та дотичною до нитки в певній точці або в місці прикладання зусиль. Виходячи з цього, можна вивести формули знаходження  $N$  та прогину нитки на певному відрізку системи. Аби знайти дійсну довжину ланцюга, тросу та інших частин системи, потрібно інтегрувати по довжині корінь суми одиниці з квадратом відношення  $Q/H$ . Також одним з головних чинників проектування є створення моделі надійності для певного випадку. Тоді найбільше зусилля або суму всіх прикладених сил умовно зосереджують в місці максимального прогину (при однаковій висоті точок кріплення найбільший прогин знаходиться посередині відстані між ними).

Небезпечним фактором є обледеніння та вітри, які створюють значне рівномірно розподілене навантаження. Вводиться поняття навантаження на одиницю довжини нитки  $q$  вздовж осі  $OX$ . При малих відносних прогинах величина  $q = q_0$ . Для знаходження закономірності прогину необхідно двічі інтегрувати одне з рівнянь рівноваги. Довжину нитки знайдемо як інтеграл кореня суми одиниці та квадрату відношення  $dy/dx$ .

Температурні та пружні деформації враховуються разом зі знайденою довжиною нитки. Вплив зміни температури залежить від матеріалу, що виражається відповідною константою температурного розширення. Пружні деформації матеріалу визначаються з закону Гука з урахуванням особливості провисання.

Дана модель вельми необхідна для розвитку сучасної інженерії, адже відкриває безліч нових технологічних рішень, які можна застосовувати в різноманітних галузях.

## ФАКТОРИ, ЯКІ ПЕРЕШКОДЖАЮТЬ НАРОСТОУТВОРЕННЮ ПРИ РІЗАННІ МЕТАЛІВ

Автор – Попов Р. О., студент групи ПМ1712

Науковий керівник – старший викладач Грищенко М. М.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Наріст на ріжучому інструменті утворюється не завжди, а тільки в тих випадках, коли умови різання сприяють цьому. Необхідними умовами існування наросту є наступні:

1. Оброблюєми матеріал повинен мати здатність зміцнюватись при пластичній деформації.
2. Температура в зоні різання повинна бути нижче тієї температури, при якій відбувається послаблення матеріалу наросту.
3. Повинна утворюватися зливна стружка. При утворенні стружок сколювання наріст не утримується на передній поверхні внаслідок уривчастості процесу різання.
4. Коефіцієнт тертя в зоні контакту оброблюваного матеріалу з передньою поверхнею повинен бути більше одиниці.

Якщо умови для існування наросту цілком підходящі, наріст утворюється і суттєво впливає на параметри процесу різання і стан обробленої поверхні. Утворення наросту змінює фактичну геометрію інструменту, передній кут збільшується і стає більше переднього кута, приданого інструменту при його заточуванні. Процес різання відбувається легше. Поверхня наросту, що відходить з стружкою, стає продовженням передньої поверхні інструменту. Зміна фактичного кута різання викликає зміну характеру процесу утворення стружки.

Встановлено, що наріст не є стабільним, а постійно і швидко змінює свої розміри.

Частина зруйнованого наросту відводиться стружкою частина – поверхнею різання. Після руйнування наріст знову зростає до граничної для конкретних умов різання висоти, знову руйнується і т. д.

На розміри наросту впливають фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу, швидкість різання, товщина шару, що зрізається, передній кут зуба фрези і СОТС.

Оброблювані матеріали можна розділити на не схильні і схильні до напливоутворення. До перших відносяться мідь, латунь, бронза, олово, більшість титанових сплавів, білий чавун, загартовані сталі, леговані сталі з великим вмістом хрому і нікелю. До других – конструкційні, вуглецеві і більшість легованих сталей, сірий чавун, алюмінієві сплави.

Найбільш складно на розміри наросту впливає швидкість різання. При дуже малих швидкостях різання наросту не спостерігається. Максимальна висота наросту виникає при швидкостях різання 15-30 м/хв. З збільшенням швидкості різання величина наросту зменшується.

Чим менше шорсткість передньої поверхні зуба, тим гірші умови для напливоутворення. Знижує напливоутворення застосування СОТС і зменшення кута різання (при  $\delta = 45^\circ$  наріст відсутній). Меншу схильність до напливоутворення має твердосплавний зуб фрези в порівнянні з зубом, виготовленим з інструментальної сталі. Чим більше коефіцієнт тертя на передній поверхні і менше передній кут тим висота наросту більше.

## БЕЗШОВНІ ТРУБИ І ПРИКЛАДИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В ПРОМИСЛОВОСТІ

Автор – Васюченко Д. А., студент групи ПМ1712

Науковий керівник – старший викладач Грищенко М. М.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Труба сталева є одним з найпоширеніших виробів металопрокату з яким нам доводиться стикатися. Труби використовують скрізь, у виробництві, машинобудуванні, в побутовій сфері і сфері комунікацій. Існує декілька видів труб. Вони можуть розділятися на види виробів з різним складом, властивостями, або специфікою використання. Існує два основні типи сталі, яка використовується для виробництва труб. Це легована і вуглецева сталь. Річ у тому, що останні володіють додатковими якісними характеристиками, що дозволяють виготовляти з них ще якісніші вироби.

Труба сталева також підрозділяється на види і по іншим ознакам. Наприклад, в залежності від наявності або відсутності, а також характеру з'єднання. Наприклад, самими кращими міцністийкими характеристиками володіють безшовні труби. Річ у тому, що технологія їх виробництва направлена на те, щоб вони могли витримувати різні дії, зберігаючи максимальну працездатність своїх поверхонь. Починається процес виробництва з того, що заготівка, з якої виїде труба, ретельно заміряється. Потім розігрівається до потрібної температури в спеціальній печі. У ній розташовані так звані крокуючі балки. Їх функція полягає в тому, щоб поступово просувати заготівку усередині печі, надаючи їй певну форму. Після розігрівання на поверхні заготівки утворюється окалина. Щоб усунути її, заготівку пропускають через спеціальний пристрій.

Наступним етапом обробки заготівки є її різання. Здійснюється вона за допомогою спеціального різального круга. Потім, вже підігнана під потрібний розмір, заготівка відправляється в термостат, де розігрівається ще більше. Вже розігріта до певного ступеня заготівка потупає для здійснення так би мовити прошивки її. Але якщо не говорити мовою технічних термінів, цей процес можна було б швидше позначити, як надання заготівці круглої форми. Труба сталева на цьому етапі проходить через декілька кіл, які як би обкатують її, роблячи круглою. Форму трубі додають за допомогою розміщення її в стан слонгатор, де валики надають їй ще досконалішу круглу форму.

Наступною стадією обробки є обкатка труби між валиків, так званого, безперервного стану. В процесі обробки труби на цьому верстаті її поверхні надається ідеально рівна форма. На калібрувальному верстаті форма труби закріплюється. Після цього трубу охолоджують. Наступною стадією виробництва є різні види контролю. Найчастіше якість такої продукції, як труба сталева перевіряється двома способами. За рахунок електромагнітного контролю і за рахунок ультразвукового. У першому випадку перевіряється відсутність внутрішніх дефектів у виробі. У другому – товщина стінки труби. Оскільки труба сталева використовується в особливо відповідальних випадках, то якість її повинна бути на найвищому рівні.

Труба безшовна сталева горячеформована застосовується повсюди, у кожній галузі сучасної промисловості. Без подібної продукції не обходиться фармацевтика, харчова і будівельна промисловість, енергетика і так далі. Агресивні середовища не впливають на неіржавіючу сталь, за рахунок її антикорозійних властивостей. Навіть газова і нафтохімічна галузь використовують труби з нержавіючої сталі. Труба горячеформована безшовна – один з найпоширеніших елементів будь-якого заводу або комбінату. Надійність цих виробів дозволяє застосовувати такі труби магістральних трубопроводів, де створюється високий внутрішній тиск. Відсутність швів на трубах особливо впливає на їх міцність.

## Підсекція «Локомотиви та локомотивне господарство»

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ СТРУКТУРИ ТА ЕКОНОМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» ДЛЯ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ ЛОКОМОТИВОРЕМОНТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Автор – Вергелюк О. А., учень 10 класу

Наукові керівники: методист Шибка О. С., вчитель Довгаль О. С.

*Комунальний заклад освіти «Гімназія №3» Дніпровської міської ради*

У наш час спостерігається дуже активний розвиток технологій. Вони проникли у всі сфери нашого життя, і останнім часом великої популярності набуває система «Розумний будинок».

Досягнення найкращих параметрів для цих технічних систем є актуальним, оскільки, по-перше, для створення максимального комфорту кожна система повинна бути найкраще підлаштована під конкретні умови виробничого процесу. По-друге, використання системи повинно бути безпечним та нешкідливим для людей.

Метою роботи є розробка системи автоматичного ввімкнення і вимкнення світла з використанням датчиків руху та освітленості на базі мікропроцесорного контролера та дослідження технічних і економічних параметрів цієї системи для промислових підприємств.

Щоб досягти поставленої мети, було виділено наступні задачі:

- проаналізувати існуючі системи для заощадження електроенергії на освітленні;
- знайти схему під'єднання освітлення у вибраному приміщенні;
- розробити власну схему системи для автоматичного ввімкнення і вимкнення світла;
- дослідити скільки світла потрібно для комфортної роботи, враховуючи різний рівень хмарності;
- розрахувати потенційну економію від використання системи автоматичного ввімкнення та вимкнення світла;
- розрахувати приблизну вартість системи автоматичного ввімкнення та вимкнення світла та термін окупності системи.

Об'єктом дослідження роботи є система автоматичного освітлення. Предмет дослідження – економічність системи автоматичного ввімкнення та вимкнення світла та термін її окупності.

Система зможе добирати оптимальні параметри освітлення на основі інформації, отриманої з датчиків. Такі налаштування будуть максимально сприятливими та нешкідливими для людини. Освітлення в такому приміщенні буде автоматично добирати яскравість та необхідний режим роботи, не дратуючи занадто тьмяним або навпаки надто осліплюючим світінням.

Найтехнологічніший спосіб заощадити на освітленні – це встановити систему, яка буде самостійно вмикати чи вимикати світло, коли це потрібно. Зазвичай робота таких систем заснована на датчиках руху та освітленості. Принцип полягає в наступному: коли спрацьовує датчик руху або освітленості, світло вмикається. Як тільки з датчиків не надходить відповідний сигнал – світло вимикається. В таких системах може використовуватися лише якийсь один датчик, але найбільша економія досягається при їх поєднанні в одну схему. Такий спосіб економії електроенергії на освітленні є оптимальний в наших умовах з кількох причин. По-перше, тому що при правильному та ефективному під'єднанні ця система дозволить застосовувати лише потрібні лампи у приміщенні. По-друге, процес увімкнення та вимкнення світла буде автоматизований, тому не відволікатиме від виробничого процесу, але в той же час при точному налаштуванні буде використовувати енергію ефективніше.



Проект системи автоматичного освітлення буде розроблений для одного з цехів локомотиворемонтного підприємства. Це приміщення середніх розмірів, в ньому є три ряди ламп, кожен з яких регулюється окремим вимикачем. Цей варіант є дуже сприятливим, оскільки буде можливість вмикати за допомогою датчиків кожен ряд окремо в залежності від того, скільки сонячного світла потрапляє до приміщення з вікна. Таким чином, буде освітлюватися лише та частина приміщення, де сонячного світла не вистачає для комфортної роботи.

Вся система буде регулюватися за допомогою мікроконтролера, але буде передбачено і звичайний вимикач на випадок, якщо в системі стануться якісь пошкодження. Уся схема буде працювати за наступним принципом. Спочатку мікроконтролер буде постійно опитувати датчики двох видів: руху та освітленості. Якщо два датчики одночасно спрацьовують, мікроконтролер подає сигнал на реле, яке підвищує напругу та передає її на освітлювальні пристрої. Якщо ж в якийсь момент спрацьовує тільки один датчик або взагалі жоден, то мікроконтролер не видає сигналу, реле не працює, а світло не вмикається.

В ході дослідження було встановлено, що елемент системи «Розумний будинок», пов'язаний із автоматичним ввімкненням та вимкненням світла, є доволі ефективним способом економії електроенергії. Впровадження в систему освітлення мікропроцесорного контролера разом з датчиками руху і освітленості за розрахунками допоможе заощадити до 45% на освітленні.

Використання такої системи буде зручним, оскільки достатньо один раз ввімкнути таку систему і вона не відволікатиме на постійне регулювання світла впродовж дня. Також запропонований варіант є доволі економічним, оскільки зменшує витрати на освітлення доволі відчутно. Окрім того, система є безпечною, оскільки трохи розвантажує мережу і загалом використовує одночасно менше ламп, а в разі несправності автоматичного освітлення буде можливість регулювати світло звичайним вимикачем.

## **ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ РЕМОНТУ ДИЗЕЛІВ 211ДЗ І ПД1М**

Автор – Білик О. Є., студент групи ТОРРС-15 1/9

Науковий керівник – викладач першої кваліфікаційної категорії Мальцев С. О.

*Запорізький металургійний коледж ЗНУ*

Економічність роботи тепловоза визначається його основною силовою установкою – дизелем. Дизель тепловоза повинен бути високоекономічним, надійним, володіти високою ступеню автоматизації його роботи. Це основні вимоги до конструкції дизеля направлені на економію витрат на паливо, технічне обслуговування, ремонт та інші витрати в процесі його експлуатації.

Найбільш серйозними пошкодженнями, які з'являються в блок-картері дизеля 211Д є тріщини, ступінчастість постілів корінних підшипників та зміна форми розточок під гільзи циліндрів.

Тріщини частіше за все зустрічаються в зонах максимальних навантажень і концентрації напружень (в посадочних гніздах гільз циліндрів). Тріщини знаходять методами кольорової та магнітної дефектоскопії.

При поточних ремонтах усунування протікання води через кільцеві тріщини в борті здійснюють по наступній технології:

1. Посадочний борт очищують від корозії до металевого блиску.
2. В кут посадочного бурта вкладають один виток свинцевої проволочки діаметром 2 мм. Стик проволочки виконують внахлест; при постановці втулки в блок проволочка не повинна випадати з кута посадочного бурта.

В локомотивному депо ПАТ «Запоріжсталь» для ремонту блок-картерів дизелів 211ДЗ, ПД1М останнім часом використовують сталенаповнювальну двохкомпонентну

епоксидну шпаклівку Loctite 3471. Після полімеризації вона стає схожа на металеву поверхню, яка може піддаватись механічній обробці, свердлінню, нарізанню різьби або шліфуванню.

Металонаповнювальні склади Loctite дозволяють значно розширити можливості ремонту деталей, вузлів. З їх допомогою можна ремонтувати деталі, які пошкоджені через удари або інші механічні впливи, корпуси з тріщинами, зношені шпоночні канавки валів і втулок, зношені циліндричні вали.

Традиційні методи ремонту, наприклад зварювання, вимагають великих витрат часу та фінансів. Застосування металонаповнювальних складів Loctite дозволяє знизити витрати і отримати деталі високої міцності, надійно захищені від зовнішніх впливів.

Металонаповнювальні склади Loctite та зносостійкі склади Loctite використовуються для ремонту та відновлення практично будь-яких зношених деталей.

Перед ремонтом деталей необхідно очистити і підготувати. Після закінчення підготовчого процесу поверхня повинна бути: сухою та чистою, очищеною від хімічних забруднень; очищеними від слідів корозії, шорсткість поверхні повинна бути не менше 75 мкм.

Перед нанесенням компоненти продукту слід змішати в пропорції 1:1. Суміш повинна мати однорідний колір. Шпаклівка повинна наноситись тонким шаром. Її слід вдавлювати в нерівності поверхні і наносити шар за шаром поки не утвориться покриття необхідної товщини. Особливу увагу слід звернути на те щоб в покритті не залишились пухирці повітря.

#### **СИСТЕМА ВІДЕОРЕЄСТРАЦІ НА ТЯГОВОМУ РУХОМОМУ СКЛАДІ ЗАЛІЗНИЦЬ**

Автор – Малинка А. В., студент групи 273(ЗТ)-16-1

Науковий керівник – викладач Ярмошенко М. В.

*Державний навчальний заклад «Дніпровський транспортно-економічний коледж»*

При роботі на маневрових тепловозах в одну особу під час руху локомотива капотом вперед машиністу сильно обмежена видимість вільності залізничної колії. Це обумовлено конструктивною особливістю кузова тепловоза капотного типу.

В даний час всі маневрові локомотиви, що працюють в одну особу, обладнані зовнішніми або внутрішніми дзеркалами з лівого боку, проте дана конструкція не забезпечує машиністу повного контролю обстановки по обидва боки тепловоза, а також в зоні відсутності видимості («мертвій зоні»).

Машиніст змушений постійно перемикає свою увагу від виду з лобового вікна, розташованого перед ним, на вигляд, відбитий дзеркалом з лівого боку. Таким чином, машиніст при прямуванні тепловоза на передній хід бачить лише частину вільності колії в лобове вікно з правого або з лівого боку у відображенні системи бічних дзеркал. При цьому спостерігати за вільністю колії праворуч і ліворуч одночасно йому фізично неможливо.

В даний час цифрові технології проникли практично в усі сфери життєдіяльності людини, повсюдно вони впроваджуються і на транспорті. Тому обладнати відеосистемами капотні маневрові тепловози, що дозволяють машиністу бачити обстановку перед локомотивом, не представляється складним завданням.

Важливим є вибір місця установки камер зовні тепловоза і монітора в кабіні машиніста.

Альтернативним рішенням на додаток до дзеркал є обладнання маневрових тепловозів системою відеоспостереження.

До складу системи відеоспостереження входять наступні компоненти:

- блок живлення (із знижуючим трансформатором);
- відеореєстратор;
- LCD-монітор;
- відеокамери.

При впровадженні системи відеоспостереження значно збільшується огляд колії машиністу по ходу руху локомотива, знижується ризик наїзду на людей і сторонні предмети (аж до виключення). З новою системою можна підвищити безпеку маневрової роботи при причепленні і відчепленні локомотива до складу, так як машиністу тепер буде видно закріплення першої колісної пари вагону гальмівним черевиком при відчепленні тепловоза від складу.

При необхідності можна записувати зображення, одержувані відеокамерою. Це дозволить якісно розслідувати випадки порушення безпеки руху. Машиніст знатиме, що крім відображення на екрані обстановки, система здійснює ще і запис. З цієї причини він не стане допускати такі порушення, як, наприклад, відсутність зупинки перед вагонами для подальшого з'єднання або перед ручними стрілочними переводами, всупереч заборони здійснювати рух по «ріжучому» маршруту в напрямку прибуття (відправлення) поїзда, не дотримуватися вимоги, передбачені встановленою технологією виробництва маневрів.

Можливості системи відеореєстрації для локомотивів:

- реєстрація та зберігання відео- і аудіоінформації з кабіни локомотива;
- реєстрація та зберігання відеоінформації з камер, розташованих по периметру локомотива;
- дистанційна передача відео- і аудіоінформації по каналу GPRS для on-line перегляду на мобільному пристрої або ПК;
- зберігання і відображення даних про місцезнаходження локомотива на карті (GPS-трекінг через сервіс Google-тар в реальному часі);
- реєстрація відео- і аудіоінформації в режимі: безперервно; за розкладом; по детектору руху; за сигналами від тривожних входів.

Система локомотивної відеореєстрації дозволяє:

- поліпшити огляд залізничних колій машиністом, огляд з лівого і з правого боку;
- забезпечити безпеку складача поїздів при маневровому русі;
- полегшити управління локомотивом в «одну особу»;
- спостерігати за поїзною обстановкою і діями локомотивної бригади в режимі on-line;
- аналізувати і коригувати дії локомотивної бригади для скорочення причин аварій і нещасних випадків;
- запобігати фактам розкрадання і вандалізму;
- формувати доказову базу при розслідуванні причин аварій, нещасних випадків, актів вандалізму або розкрадань.

## **МОДУЛЬНА СИСТЕМА ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ**

Автор – Мозговий В. П., студент групи 273(ЗТ)-16-1

Науковий керівник – викладач Ярмошенко М. В.

*Державний навчальний заклад «Дніпровський транспортно-економічний коледж»*

Сучасний локомотив в сьогоднішньому розумінні – це високотехнологічна машина, що забезпечує комплекс складних експлуатаційних параметрів.

Сучасний автономний локомотив оснащується унікальним обладнанням: енергетичною установкою, електричною передачею потужності, надійною ефективною екіпажною частиною, допоміжним обладнанням.

Модульна конструкція – це нестационарні швидкоз'ємні секції, що містять каркаси, всередині яких знаходиться обладнання одного призначення. Таким чином, з'являється можливість зібрати локомотив певного призначення з окремих базисних секцій, в кожному випадку створюючи індивідуальну конструкцію. Стандартні блоки збираються на одній рамі, з них формуються секції для виконання однієї групи обслуговуючих операцій.

Такі локомотиви будуть відрізнятися високою надійністю, технологічністю, уніфікованістю, володіти необхідним потенціалом для подальшого вдосконалення. Крім того, модульна конструкція дозволяє змінювати конфігурацію і зв'язку всередині секцій в залежності від регіональних і кліматичних вимог, а також особливостей експлуатаційної роботи.

Головний силовий модуль перспективних автономних локомотивів виконаний у вигляді контейнера, що встановлюється на раму локомотива.

Все основне і допоміжне обладнання силового модуля зосереджено в одному місці. Одночасно компонується інші модулі холодильної та високовольтної камери, кабіни машиніста, мотор-компресора.

Як приклад пропонується для розгляду модульний локомотив МЛ-1. Концепція модульного локомотива МЛ-1 дозволяє збирати в умовах депо тепловоз, електровоз і вантажну дрезину на базі універсальної платформи, використовуючи відповідні елементи.

У разі, якщо на платформі встановлені дві кабіни управління і модуль з дизель-генераторною установкою, локомотив може експлуатуватися як тепловоз на ділянках без контактної мережі. Платформа з'єднується з кузовом за допомогою силових кабелів і шини управління, додатково потрібно підключити паливний бак. Системи змащення при цьому залишаються незалежними. Для простоти ідентифікації на передню частину кабіни виводиться графічна інформація про тип використовуваної тяги.

Заміна тягового модуля на електричний перетворює локомотив в повноцінний електровоз. Причому доступні дві версії цього модуля – для роботи з контактною мережею змінного і постійного струму.

Також актуальним може стати третій варіант трансформації. У цьому випадку одна з кабін замінюється на невеликий силовий модуль з дизель-генераторною установкою потужністю 250 кВт, а центральна частина несе корисне навантаження: вантажна платформа, самоскидний кузов, пасажирський кузов (рейковий автобус).

Сама платформа може оснащуватися колісними парами як для експлуатації на європейській колії, так і на українській.

Модульна конструкція локомотива дозволяє:

- збільшити продуктивність локомотива в експлуатації на різних режимах;
- зменшити витрати на виробництво нових локомотивів, а також на технічне обслуговування та ремонт в умовах депо і на локомотиворемонтних підприємствах;
- уніфікувати модулі для різних типів локомотивів;
- підвищити надійність, ремонтпридатність обладнання, продовжити термін його служби;
- значно скоротити кількість обслуговуючого персоналу;
- знизити вплив людського фактора при монтажі і перевірці модулів;
- впровадити сучасні прогресивні методи діагностики обладнання окремих модулів;
- скоротити цикл обслуговування і ремонту, забезпечивши можливість заміни будь-якого модуля протягом декількох хвилин на пунктах технічного обслуговування локомотивів;
- забезпечити простоту і оперативність транспортування модулів між локомотивом і ремонтним відділенням депо;
- забезпечити зручність і простоту складання і монтажу модулів;
- надати естетичний і ергономічний вид машинного відділення, прибрати виступаючі частини, трубопроводи та деталі механізмів;
- впровадити нові концепції маніпуляторів для виконання основних операцій знімання і установки модулів в секціях, забезпечивши можливість використання безлюдних технологій на основних ремонтних операціях;
- гарантувати максимальну оперативну готовність локомотивів для експлуатації;

- створити універсальні конструкторсько – технологічні рішення модулів для різних типів локомотивів в залежності від потреби замовника;
- застосувати повністю дистанційне керування локомотивом.

## **ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ QR-КОДІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЗА РУХОМИМ СКЛАДОМ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

Автор – Кіндратишин О. Й., студент групи ТО-15 1/9

Науковий керівник – викладач Ярмошенко М. В.

*Державний навчальний заклад «Дніпровський транспортно-економічний коледж»*

QR-код (англ. Quick Response Code – код швидкого реагування; скор. QR code) – товарний знак для типу матричних штрих-кодів (або двовимірних штрих-кодів), спочатку розроблених для автомобільної промисловості Японії. Штрихкод – оптична мітка читаема машиною, що містить інформацію про об'єкт, до якого вона прив'язана. QR-код використовує чотири стандартизованих режиму кодування (числовий, буквено-цифровий, двійковий і кандзі) для ефективного зберігання даних; можуть також використовуватися розширення.

Головна перевага QR-кодів полягає в можливості передати досить значний обсяг різноманітної інформації, для зчитування якої не потрібно особливо обладнання, з цим впроваджується будь-який смартфон.

Після того, як QR-коди будуть надруковані і поширені, за допомогою системи управління QR-кодами можна стежити за продуктивністю кожного коду з точністю до одного сканування.

Керівник підрозділу (начальник служби руху, заступник по ремонту, заступник по експлуатації, машиніст-інструктор та ін.) може отримувати доступ до різних даних, які було внесено до QR-коду рухомого складу. Можна отримати інформацію про місце, дату, час, про тип рухомого складу і його технічний стан при кожному скануванні. Визначити місце, де був прочитаний код, можна по IP-адресі обладнання. І хоча місце розташування буде визначено неточно, цих даних цілком достатньо для аналізу і статистики. Всі ці дані надходять в режимі реального часу (on-line), тобто кожне нове сканування відображається протягом декількох секунд. Така можливість дозволяє завжди мати актуальну картину по закріпленому рухомому складу (тяговому і нетяговому) закріпленому за певним депо (це-хом) і вчасно приймати заходи по усуненню недоліків технічного стану або підміни локомотивних бригад.

Для організації роботи відповідних підрозділів і для отримання певної (внесеної до QR-коду) інформації пропонується:

- перед початком поїздки, видавати разом з встановленими документами на поїзд, машиністу роздрукований на паперовому (або іншому) носії QR-код. Цей код буде мати встановлений перелік інформації, який цікавить відповідні структури (склад локомотивної бригади, наявність екіпірувальних матеріалів та остання дата екіпіровки локомотива, номер поїзда, початок та кінець вказаної дільниці перебування поїзда, кількість вагонів, масу поїзда, та ін.);
- на кожній станції організувати технічні засоби для зчитування QR-кодів з рухомого складу.
- забезпечити можливість зчитування кодів на ходу, без зайвої зупинки поїзда на кожній станції (якщо це не передбачено);
- для можливості зчитування QR-кодів, встановити стандартне місце по його розташуванню на локомотивах;

- забезпечити нарядчиків локомотивних депо та відповідальних осіб за видачу документації про поїзд локомотивній бригаді стандартними генераторами QR-кодів по всій мережі залізниці (підприємства).

Як і інші технології, QR-коди мають свої плюси і недоліки.

Позитивні сторони QR-коду:

- даний код відноситься до відкритих технологій, тобто технологій, доступним кожному, тому він і отримав швидке поширення, особливо в середовищі маркетингу;

- у порівнянні зі звичайним штрихкодом, QR-код вміщує в себе набагато більше інформації і більш стійкий до пошкоджень графічного малюнка (наприклад, частина графічного малюнка можна зафарбувати або зовсім видалити, код залишиться прочитати);

Недоліки QR-коду:

- при використанні QR-коду необхідно бути впевненим, що адресат зможе його прочитати. Для читання такого коду необхідні гаджети, які вміють розпізнавати зображення QR-коду і розшифровувати його;

- вміщує в себе відносно мало інформації, наприклад, закодувати цілу книгу в один стандартний QR-код не представляється можливим;

- QR-код є загальнодоступною технологією, отже, не можна зберігати важливу інформацію у вигляді QR-коду, так як код не надає відповідний рівень захисту інформації.

Таким чином застосувавши дану систему, ми:

- контролюємо любий вид рухомого складу (локомотив, поїзд чи окремий вагон) цілодобово у системі «on-line» на всій мережі залізниці (промислового підприємства);

- контролюємо інформацію по вантажам, які закріплені за даним локомотивом (поїздом).

- поліпшуємо технічний контроль за обраним рухомим складом (локомотив, вагон, МВРС та ін.);

- економимо час нарядчиків по виявленню працюючих локомотивних бригад і фактичного їх місця перебування.

## **ПЕРСПЕКТИВНІ МЕТОДИ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КОЛІСНИХ ПАР ШВИДКІСНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ**

Автор – Саркісян К. М., аспірант

Науковий керівник – к. т. н., доцент Дацун Ю. М.

*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

На сьогодні, старіння наявного та впровадження нового швидкісного рухомого складу потребує впровадження сучасних систем оперативного контролю їх фактичного технічного стану, що дозволить скоротити ймовірність виникнення відмов в експлуатації. Колісні пари рухомого складу є найважливішими елементами екіпажної частини, від надійності яких залежить безпека руху поїздів. Візуальний контроль стану колісних пар, який проводиться локомотивною бригадою на шляху прямування не є об'єктивним, та не дозволяє виявляти дефекти прихованого характеру.

Завданням розробки методів оперативного контролю колісних пар присвячено безліч робіт вітчизняних і зарубіжних учених. Довгий час знос колісних пар виявлявся візуально і контактним вимірювальним інструментом. Починаючи з 2000-х років, з'являються перші автоматичні системи оперативного контролю колісних пар на основі контактних елементів, вони характеризувалися високою точністю вимірювання. Однак контроль здійснювався при проходженні рухомого складу при швидкості 5 – 10 км/год. Використання нових матеріалів і технологій дозволило згодом удосконалювати системи контролю колісних пар. Стали з'являтися системи, що використовують п'єзоелектричні датчики, лазерні системи, що сканують колісну пару по колу кочення або акустичні датчики встановлені без-

посередньо на рухомому складі. Упроваджені бортові системи, що фіксують дефекти втоми бандажів колісних пар, або товщину гребеня під час руху. Таким чином, нині на залізницях світу використовується кілька типів автоматизованих систем контролю колісних пар, кожна з яких має свої переваги і недоліки. Загальним їх недоліком є низька ефективність контролю на високих швидкостях руху.

У Ритмічному розвитку інфраструктури пасажироперевезень, де досягнення максимальної швидкості і безпеки руху рухомого складу висунуто на перший план, з'являється потреба в створенні експертно-інформаційних технологій оперативного контролю вузлів рухомого складу та модернізації вже наявних. В основу роботи систем оперативного контролю стану колісних пар, закладають функції не тільки проведення безперервного діагностування вузлів, але і прийняття рішення про можливість подальшої експлуатації цього вузла.

Автоматизовані системи контролю колісних пар з використанням контактних методів дозволяють проводити вимірювання колісних пар рухомого складу в процесі руху поїзда зі швидкістю до 10 км/год. Вимірювальну ділянку довжиною 20 метрів, 10-вагонний швидкісний поїзд проходить за 3 хвилини. Функціональність системи дозволяє одночасно виміряти відстань між поверхнею контакту колеса і гребеня, а також виміряти гребінь за допомогою важелів на коливальних опорах. У момент проходження вимірювальної ділянки сигнал від рухомого колеса надходить на стаціонарний пост, де сигнали від колісних пар з несправностями розшифровуються і заносяться в базу даних депо.

Даний метод є простим і надійним, але залежність достовірності результатів механічних контактних елементів від умов зовнішнього середовища і зносів знижує його ефективність.

Також, треба відмітити автоматизовані системи, які проводять операції за допомогою лазерних променів, здатні фіксувати виникнення несправності задовго до їх прояву на стаціонарних системах, застосовуваних в депо.

Негативними аспектами подібних систем є помилки при діагностуванні в сонячні дні, при попаданні променів світла на об'єкт.

## **ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

Автор – Гаркуша А. В., студентка групи Т18-2м

Науковий керівник – д. т. н., професор Сохацький А. В.

*Університет митної справи та фінансів (м. Дніпро)*

З моменту виникнення залізниць особливу увагу фахівців займає проблема, пов'язана з контактом колеса і рейки. Це проблема зносу пари, яка є актуальною і в наш час, особливо останні 30 років. В зв'язку з цим необхідні технології заміни рейок. Головне завдання залізничного транспорту – підвищення руху пасажиро- і вантажопотоків, зниження витрат на побудову нових шляхів та ремонту старих, з одночасним підвищенням якості та комфортності перевезень.

Це можливо лише за умови розвитку і постійного вдосконалення інноваційних напрямків в залізничному будівництві.

Показовим прикладом освоєння інноваційних технологій є використання новітньої методики будівництва залізничної колії, а саме безбаластною конструкції верхньої будови колії з низьким рівнем вібрації LVT (LowVibrationTrack).

LVT – це комфортабельне і безпечне перевезення пасажирів зі швидкістю до 350 км/год і вантажів зі швидкістю до 160 км/год з навантаженням до 35 тон. Як і всякий залізничну колію, LVT складається з рейок, рейкових скріплень і залізобетонних напівшпал. Конструкція LVT складається з бетонних блоків (напівшпал), покладених на еластичні прокладки, поміщені в гумові чохли, замонолічених в бетонну основу шляху.

Така конструкція максимально сприяє гасінню вібрацій і зниження впливу на зворотний звід тунелю. Підбір конструктивних компонентів для конкретного проекту і застосування різних систем кріплення допомагають враховувати вимоги будь-яких залізничних проектів.

Основними перевагами є:

- більш ефективний захист від вібрації і шуму, завдяки двом рівням еластичності конструкція послаблює вібрацію в усіх частотних діапазонах;

- «перевернута» конструкція (монтаж зверху вниз) і велике заглиблення блоків в бетон дають точність геометричних параметрів в межах  $\pm 0,5$  мм, що забезпечує високу точність укладання верхньої будови колії та довгострокове забезпечення необхідної висоти верху головок рейок;

- мобільність виробництва бетонних блоків (напівшпал) системи LVT і можливість їх виготовлення в безпосередній близькості від тунелів;

- високий рівень механізації і швидкість монтажу системи LVT – до 200 погонних метрів за зміну;

- низька вартість експлуатації і ремонту колії, оснащеного цією системою (відсутня необхідність в його підбиття, рихтування із застосуванням шляхоремонтної техніки);

- заміна що вийшли з ладу бетонних блоків LVT без розрізання рейки і прибирання колійного бетону;

- хороша аеродинаміка і простий доступ до рейок.

Система LVT зручна з точки зору ремонту – всі елементи легкозамінні. Схема ремонту така: розпускаються скріплення, батіг без розрізання піднімається домкратом, витягується потрібний бетонний блок і замість нього вкладається новий. Все, що залишається зробити, – це опустити рейкову батіг. Ремонтна операція завершена. Місцеві шляховики були приємно здивовані як швидкістю, так і легкістю самого процесу.

Всього в світі зараз експлуатується понад 1 тис. Км LVT. У тому числі в Європі – 361 км, в Азії – 563 км.

В Україні на даний момент така система відсутня. Необхідно шукати інвесторів и виділяти кошти держави, щоб забезпечувати інновації на залізничному транспорті.

### **HYPERLOOP – ІННОВАЦІЙНИЙ ПРОРИВ**

Автор – Лило С. В., студент групи Т18-2м

Науковий керівник – к. т. н., доцент Леснікова І. Ю.

*Університет митної справи та фінансів (м. Дніпро)*

В сучасних умовах, коли кожна хвилина на рахунку і життя розплановано наперед, людство все частіше звертає свою увагу, як встигнути все, і за мінімальний час.

Скупчення на дорогах транспортних засобів, відсутність в необхідному обсязі місць паркування, нездатність міської інфраструктури впоратися з постійно зростаючими навантаженнями і погіршення пасажирських перевезень, гостро проявляється в житті мешканців Дніпра.

У транспортному обслуговуванні населення міст домінуюче положення займає міський пасажирський транспорт. Системи пасажирського транспорту займають особливе місце в загальній структурі транспорту, що пояснюється безупинним підвищенням ролі міст у житті суспільства, обумовленого розподілом праці та концентрацією виробництва.

У вік технологій і науково технічного прогресу на світовий ринок виходить альтернативний вид транспорту, який покликаний докорінно змінити уявлення про перевезення пасажирів.

Hyperloop – це інноваційна транспортна система, запропонована відомим розробником сучасності Ілоном Маском. Hyperloop є трубою у вигляді петлі, по якій зі швидкістю



1000 км/год буде рухатися герметична капсула. Труба розташовується на опорах, відстань між якими 30 метрів, на висоті від 6 до 30 метрів від землі в залежності від ландшафту. У середині труби знаходиться розріджене повітря. Капсула починає свій рух по 15-метровій рейці, де відбувається електричний імпульс, який і приводить її в рух. Подальший рух відбувається за рахунок повітря. Компресор, що знаходиться на носі капсули, забирає розріджене повітря і направляє під низ капсули. Створена повітряна подушка виштовхує капсулу.

Капсули можуть бути пасажирськими та вантажними. Місткість пасажирської капсули становить 28 осіб. Під час поїздки всі пасажери повинні бути пристебнуті, переміщатися по капсулі під час руху заборонено.

Будівництво Hyperloop в будь-якій країні складається з 4 етапів:

- вчені, держоргани, державні та приватні компанії розробляють проект відповідно до вимог компанії;
- проект презентують Virgin Hyperloop One;
- проводяться оцінка практичної успішності проекту, тривалість якої становить кілька місяців, а вартість становить від \$ 20 млн;
- після визнання проекту перспективним і відповідним всім необхідним вимогам, починається створення тестового майданчика.

Неважко здогадатися, що проект Hyperloop в Україні знаходиться на першому етапі: зараз НАН, українські держоргани, держкомпанії і приватні компанії розробляють проект будівництва транспорту майбутнього в Україні.

Якщо українці все-таки дочекаються транспорту майбутнього в Україні (це ж не метро на Троещину), в незалежному аналітичному центрі Ukrainian Institute for the Future (UIF) вже підрахували тривалість поїздки за найпопулярнішими напрямками і її вартість. Так, в напрямку Київ – Одеса і Київ – Харків поїздка триватиме 31 хвилину, Київ – Львів – 35 хвилин, а Київ – Дніпро – 29 хвилин. Вартість квитка за маршрутом Київ – Одеса приблизно дорівнюватиме 518 грн.

Незалежно від того, чи Hyperloop появиться через 3 роки, чи через 30, суспільні зміни від нього будуть величезним.

## **ЛЕГКЕ МЕТРО ЯК АЛЬТЕРНАТИВНИЙ ВИД ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ**

Автор – Лило С. В., студент групи Т18-2м

Науковий керівник – к. т. н., доцент Леснікова І. Ю.

*Університет митної справи та фінансів (м. Дніпро)*

Проблема пасажирського транспорту в Дніпрі – питання, яке народилося не сьогодні, а існує вже кілька десятиків років. Життя у сучасному місті вимагає безперервного руху. Люди все частіше переймаються, як зекономити час, намагаються скоротити відстані використовуючи різні види транспорту.

Як показує світова практика, найбільш ефективним методом для розміщення об'єктів транспортної і інженерної інфраструктури, торгівлі і побутового обслуговування є організувати громадський транспорт таким чином, щоб він був комфортним, практичним і ходив за розкладом, був транспортом «для всіх», а не для якоїсь певної соціальної групи.

На сьогоднішній день основним питанням є будівництво метро, Але чи є це вирішенням питання? Будівництво метро, особливо його підземних ділянок, коштує дорого, тому економічно було виправдане лише у великих містах. Дуже багато земляних робіт при будівництві залізниці, сам насип потребує багато коштів. Постає питання, а як при цьому зекономити? Розв'язком такого питання може стати вид альтернативного транспорту, такого як легке метро.

Легке метро (легкий метрополітен) — являє собою різновид легко рейкового транспорту, регулярний швидкісний позвучичний переважно наземний рейковий вид міського транспорту.

У легкого метрополітену пасажиропотік не перевищує 15-25 тис. осіб на годину, лінії, як правило, розташовуються на поверхні або на естакадах і інколи мають невеликі тунельні ділянки (наприклад, на пересадкових вузлах, в центрі міста, на транспортних розв'язках), пересувний склад має габарити і маси менше залізничних, поїзди налічують 2-4 вагони, діаметр тунелів становить 4-5 метрів, в тунелях і над землею допустимі значні нахили і малі поворотні радіуси, платформи на станціях бувають завдовжки 50-90 метрів і шириною 5-8 метрів.

Потяги налічують два-чотири вагони, діаметр тунелів складає чотири-п'ять метрів, у тунелях і над землею допустимі значні ухили і малі поворотні радіуси.

Легке метро від традиційного метрополітену відрізняється, як правило, тим, що його лінії розташовуються переважно на поверхні або на естакадах, іноді вони мають невеликі тунельні ділянки (наприклад, на пересадочних вузлах, у центрі міста, на транспортних розв'язках).

Лінії легкого метрополітену часто є такими, що підвозять до аеропортів або до станцій звичайного метрополітену і лише в невеликих містах складають основу міської транспортної системи. Повністю або переважно підземне легке метро може мати назву «міні-метро».

Використання такого виду транспорту може вирішити не тільки проблему із запорами, а й покращити економіку. Адже будівництво наземних і надземних станцій і перегонів залізниць (найпростіших по конструкції) обходиться дешевше і займає менше часу в порівнянні з підземними. (За цінами 2018 року вартість 1 км підземного тунелю метро, побудованого відкритим способом, становить приблизно 50 млн. доларів, а 1 км тунелю, побудованого закритим способом, близько 70-80 млн. доларів. Вартість же спорудження одного кілометра легкого метрополітену зазвичай становить 15—25 млн. доларів.

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ MAGLEV ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

Автор – Осіпенко К. А., студент групи Т18-1м

Науковий керівник – д. т. н., професор Сохацький А. В.

*Університет митної справи та фінансів (м. Дніпро)*

Науково-технічний прогрес з кожним роком задає нові стандарти в усіх сферах господарювання людства. З кожним роком збільшується кількість перевезень пасажирів та вантажів, що в свою чергу вимагає підвищення швидкості транспортування. Відповідно до даної вимоги в різних країнах світу намагаються вирішити це питання різними способами. Таким чином з'являються швидкісні потяги, що з кожним роком встановлюють нові рекорди швидкості. Одним з варіантів вирішення проблеми збільшення швидкості перевезень став MagLev, що досить успішно використовується різними країнами для пасажирських перевезень. Проте перспективною залишається сфера вантажних перевезень з використанням MagLev.

Проекти для контейнерних перевезень з використанням технології MagLev розробляються в США, Росії (між портом Усть-Луга та вантажними терміналами Москви) та в Китаї (вантажний «сухопутний міст» Азія-Європа). Використання технології MagLev для контейнерних перевезень дозволить значно збільшити швидкість доставки вантажів, забезпечити безперервний процес перевезень та, у зв'язку зі збільшенням вантажних потоків, розвантажити існуючі залізничні та автомобільні магістралі. Кожна з вищезазначених країн розробляє свою схему реалізації вантажних перевезень на основі технологій MagLev.

Росія, контейнерний міст Санкт-Петербург (порт Усть-Луга) – Москва. У зв'язку зі збільшенням вантажопотоку від портів Санкт-Петербургу та Ленінградської області до терміналів Москви значно зростає завантаженість автомобільних доріг, оскільки перевезення контейнерів більше ніж в 90% випадків здійснюється автомобільним транспортом. В свою чергу це спричиняє появу заторів та зростання часу доставки. Саме тому активно розробляється стратегія переходу на контейнерні перевезення з використанням MagLev. За попередніми розрахунками при перевезенні контейнерів бруто 40 т за добу в одному напрямку кількість контейнерів становитиме 2500 з середньою швидкістю вантажної платформи 250 км/год (без оптічника) та 500 км/год (з обтічником) та часом в дорозі 3 год 20 хв та 1 год 40 хв відповідно.

США, частково магнітолевітуючий вантаж (PMLF). Основна концепція США у використанні технології MagLev при вантажних перевезеннях полягає в модифікації існуючих залізних шляхів з використанням магнітної технології «квазі-ліфт», що за їхніми розрахунками є дешевшою альтернативою будівництву нової інфраструктури MagLev. Дана схема реалізації дозволить поєднати надпровідні технології MagLev з традиційними локомотивами «колеса-на-сталі». PMLF зможе скористатись перевагою магнітної левітації і високої швидкості, при цьому будучи в змозі використовувати механічні засоби традиційних локомотивів для пересування перевантаженими ділянками, стрілочними переводами та залізничними переїздами. В даний час в США існує три основні напрямки досліджень та розробок, які є критичними для ефективного впровадження PMLF на існуючих залізничних коридорах:

- надпровідні технології MagLev;
- вплив PMLF на залізничні перевезення;
- інтеграція систем зв'язку та безпеки.

Китай, «сухопутний міст» Азія-Європа. В загальному, в Китаї розглядається три можливих варіанти використання MagLev для вантажних перевезень:

- використання MagLev для внутрішніх перевезень;
- переобладнання «Євразійського сухопутного мосту» під MagLev для з'єднання з Європою;
- впровадження MagLev в проект «Берингова протока» для з'єднання з США.

На даному етапі більшість перевезень з Китаю до Європи здійснюється морським шляхом, часто огинаючи Африку. Шлях з Європи до Китаю, простій судна під операціями в порту та повернення до Європи займає більше 120 днів, MagLev дозволить скоротити цей час до 26 днів. Саме тому даний напрям використання MagLev при здійсненні вантажних перевезень є найбільш бажаним для Китаю.

Впровадження магнітолевітуючої технології на транспорті стимулює підвищення науково-виробничого потенціалу та створення новітніх зразків транспортного обладнання. Експлуатація MagLev передбачає розвиток та використання супутникової навігаційної технології для діагностики, зв'язку, наземного та бортового автоматичного управління.

Саме тому впровадження технологій MagLev, окрім збільшення швидкості доставки вантажів, введе науково-технічний розвиток транспорту на якісно новий рівень та підвищить співпрацю між країнами Європи, Азії та Америки в сфері вантажних перевезень.

### **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КОНТРЕЙЛЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

Автор – Поліщак Н. О., студентка групи Т18-1м

Науковий керівник – д. т. н., професор Сохацький А. В.

*Університет митної справи та фінансів (м. Дніпро)*

Інтеграція транспортної системи України в мережу транспортних коридорів Європейського Союзу при сучасних умовах зростання обсягів міжнародних перевезень вимагають

підвищення ефективності роботи транспорту. При цьому, вважається, що потенційні можливості українських транспортних коридорів складають близько 220 мільйонів тон транзитних вантажів, що майже в 4 рази більше реальної картини.

На сьогоднішній день виділяють декілька проблем при транспортуванні вантажів автомобільним транспортом: значна завантаженість автомобільних магістралей, поганий стан дорожнього полотна, залежність від метеоумов, великі витрати часу на митні та прикордонні процедури, значний негативний вплив на навколишнє середовище. Одним із дієвим способів, що вже активно використовується у всьому світі, можуть бути контрейлерні перевезення.

Контрейлерними (комбінованими) називають перевезення залізничним транспортом автопоїздів, автомобільних причепів або напівпричепів. Для цього використовується спеціальним рухомий склад – платформи з заниженою базою.

Такі перевезення, окрім вирішення вище перелічених проблем, дозволяють виконувати перевезення за схемою «від дверей до дверей», бо вантаж транспортується до станції відправлення (зі станції прибуття) з використанням автомобільного транспорту, т. і «точно в термін» здебільшого через регулярність та своєчасність виконання залізничних перевезень та відсутність спеціальних заборон для руху автомобільного транспорту – по певних днях, конкретних трасах, великих температурах повітря, тощо.

Контрейлерні перевезення також є економічно вигіднішими для замовників. Так в країнах Європейського союзу вартість перевезення однієї тони вантажу залізничним транспортом в три рази менша, ніж автомобільним.

Також економія часу да коштів досягається через відсутність навантажувально-розвантажувальних робіт. Немає необхідності шукати станції зі спеціальним обладнанням, кранами чи пристроями для перевантажування товару з автомобільного транспорту на залізничний.

У разі транспортування особливо цінного товару замовник може бути впевнений, що його товар дістанеться до пункту прибуття в належній якості, бо зникають ризики пошкодження при перевантаженні та процесі перевезення (при використанні автомобільного транспорту завжди є великий ризик дорожньо-транспортної пригоди, при умовах, що можуть не залежати від професіоналізму водія).

В Україні з 1993 року діють контрейлерні перевезення. Першим серйозним проектом став поїзд «Вікінг», що діє і дотепер. Цей потяг комбінованого типу з'єднує українські порти Чорноморськ, Одеса та Південний з литовським портом Клайпеда (через Білорусь). Протяжність маршруту від Чорноморська до Клайпеди – 1766 км. Час руху потягу – 59 годин. Відправлення поїзду виконується за встановленим графіком руху.

До складу поїзда комбінованого транспорту включаються вагони з універсальними, і спеціалізованими контейнерами, спеціалізовані платформи, сформовані в зчепи з велико-тоннажними рефрижераторними контейнерами, вагони з автопоїздами, знімними автомобільними кузовами, такі призначенням на припортові станції України і Литви, а також на станції України, Литви та Білорусі. До проекту «Вікінг» приєдналися: в грудні 2012 року – ЕООД «БДЖ – Вантажні перевезення» (Болгарія); в липні 2013 року – ДП «Залізниця Молдови»; в травні 2014 року – АТ "ЧФР Марфа". Це дає можливість залучити додаткові обсяги вантажів для перевезень поїздом «Вікінг».

У вересні 2017 року Міністерством Інфраструктури України сумісно з Департаментом автомобільного та залізничного транспорту Міністерства національного розвитку Республіки Угорщини було проведено засідання, в ході якого піднімались питання актуальності здійснення контрейлерних перевезень, технічні та технологічні умови їх виконання, у тому числі з використанням паромних переплав Чорного та Каспійського морів.

Таким чином встановлено, що використання контрейлерних перевезень може дозволити українським перевізникам значно скоротити час на транспортування, знизити витра-

ти палива, зменшити атмосферне та шумове забруднення. Загалом зменшиться завантаженість автомобільних магістралей, загальна зношуваність дорожнього покриття та кількість дорожньо-транспортних пригод. Разом з тим зростання транзитного потенціалу країни призведе до загального покращення економіки країни.

### **РОЗВ'ЯЗАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ЗАДАЧІ НА БАЗІ РЕАЛЬНИХ ДАНИХ КООПЕРАЦІЙНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ВИРОБНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Автор – Редькіна А. С., студентка групи Т18-1м

Науковий керівник – к. т. н., доцент Разгонов С. А.

*Університет митної справи та фінансів (м. Дніпро)*

В даний час найпоширенішим видом безперевантажувальних перевезень є система контейнерних перевезень. Ідея контейнерної системи полягає в тому, що вантаж перевозиться з початкового до кінцевого пункту в єдиній вантажній ємності – контейнері, який у пунктах перевалки передається з одного виду транспорту на інший. Представляючи собою як би знімний кузов автомобіля або вагона, контейнер одночасно виконує функцію тари і складу для вантажу.

Розглянемо виробничу задачу: розв'язати проблему оптимізації (мінімізації) доставки виробничих вантажів в умовах промислової кооперації, коли виробництво продукції на одному заводі залежить від поставки продукції іншого заводу. Ця виробнича задача займає важливе місце, оскільки впливає на управління ланцюгами поставок великих виробничих компаній, що мають велику кількість постачальників і споживачів.

Припустимо, ми маємо 3 нафтопереробних заводу які поставляють бензин, 4 спиртових заводів які поставляють синтетичний спирт, та 3 заводу по виробництву синтетичного каучуку. Перевезення виробничої продукції нафтопереробних заводів і заводів з виробництва синтетичного спирту здійснюється в спеціалізованих 20-футових танк-контейнерах. Перевезення виготовленого синтетичного каучуку здійснюється 40-футовим контейнером.

У нашому випадку, всі перевезення здійснюються в межах України. Але, необхідно відмітити, що розглянута задача по виробничій кооперації може бути успішно вирішена в рамках міжнародної виробничої кооперації з урахуванням чинного Митного кодексу України (згідно з ст. 70) таких митних режимів, як «переробка на митній території» та «переробка за межами митної території». У разі міжнародних контейнерних перевезень в рамках виробничої кооперації розглянута нами схема зв'язків підприємств може бути успішно масштабована.

Використовуючи відкриту інформацію, знаходимо в Інтернет ресурсах різні виробничі показники нафтопереробних заводів, заводів з виробництва синтетичного спирту та заводів з виробництва синтетичного каучуку в Україні, такі як: норма розходу бензину на 1 тону спирту, норма розходу спирту на 1 тону синтетичного каучуку, коефіцієнт використання виробничої потужності, відстані між підприємствами (км) та інше.

Необхідно знайти рішення транспортної задачі з орієнтацією на попит синтетичного каучуку і мінімізацію транспортних сумарних витрат.

У дослідженні операцій під транспортною задачею розуміють задачу вибору плану перевезень деякого товару (виробів, вантажу) від  $m$  постачальників (пунктів виробництва) до  $n$  споживачам (пунктам збуту), що забезпечує мінімальні транспортні витрати.

При цьому припускають, що:

а) потужність  $i$ -го постачальника (обсяг поставок товару від  $i$ -го джерела) дорівнює  $S_i > 0, i = 1, \dots, m$ ;

б) потужність  $j$ -го споживача (обсяг поставок товару до  $j$ -му споживачеві) дорівнює  $D_j > 0, j = 1, \dots, n$ ;

в) вартість перевезення одиниці товару (у умовних грошових одиницях) від  $i$ -го постачальника до  $j$ -му споживачеві дорівнює  $c_{ij}$ ;

г) сумарна потужність всіх постачальників дорівнює сумарній потужності всіх споживачів, тобто далі під обсягом товару будемо розуміти його кількість в фіксованих одиницях виміру.

Для математичного опису транспортної задачі вводять змінні  $x_{ij}$ , що позначають обсяги поставок товару від  $i$ -го постачальника до  $j$ -му споживачеві. В цьому випадку  $x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{in}$  – загальний обсяг поставок товару від  $i$ -го постачальника, тобто потужність цього постачальника;  $x_{1j} + x_{2j} + \dots + x_{mj}$  – загальний обсяг поставок товару до  $j$ -му споживачеві, тобто потужність цього споживача;  $c_{11}x_{11} + c_{12}x_{12} + \dots + c_{mn}x_{mn}$  – сумарна вартість перевезень товару від виробника до споживача.

Дану задачу ми вирішимо симплекс-методом або за допомогою так званої транспортної таблиці. Був застосований прийом приведення транспортної задачі до збалансованого виду.

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що використання контейнерів більшої вантажопідйомності для постачальників є найбільш вигідним способом організації перевезень.

### **УДОСКОНАЛЕННЯ СТЕНДОВИХ ВИПРОБУВАНЬ ДИЗЕЛЬНИХ ПАЛИВНИХ НАСОСІВ ВИСОКОГО ТИСКУ**

Автор – Кострикін С. О., студент групи ЛГ1821

Науковий керівник – д. т. н., професор Боднар Б. Є.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Серед заходів з ремонту дизеля тепловоза дуже важливе місце займають ремонт та налаштування паливної апаратури, зокрема паливних насосів високого тиску (далі – ПНВТ). Слід зазначити, що далі буде йти мова про класичну паливну апаратуру (не про Common Rail).

Випробування та налаштування ПНВТ перед та після ремонтних операцій виконують, як відомо, на спеціалізованих стендах. Вони дозволяють перевіряти секції ПНВТ на відсутність «зависання» плунжерів у гільзах, визначати мінімальну та максимальну продуктивність секцій ПНВТ за визначених частот обертання кулачкового вала та, вочевидь, нерівномірність продуктивностей між секціями в межах ПНВТ, здійснювати налаштування величини продуктивностей секцій та кут випередження подачі палива до ВМТ згідно з вимогами заводу-виробника дизеля.

Серед основних несправностей ПНВТ дизелів в ремонтній практиці найчастіше зустрічаються наднормативне збільшення зазору посадки плунжера в гільзі, нещільність нагнітального клапана та «зависання» й заклинювання плунжерів. Плунжерні пари з зазором між плунжером і гільзою вище норми перекомплектують або замінюють новими. Нещільності нагнітальних клапанів за їх невеликого значення усувають взаємним притиранням на спеціальному верстаті з застосуванням притиральних паст на основі оксиду алюмінію. Однією з причин «зависання» та заклинювання плунжерів у гільзах є потрапляння води до дизельного палива. В такому випадку плунжерну пару замінюють.

Несправність ПНВТ, наприклад, збільшений зазор плунжер-гільза або нещільність нагнітального клапана, є науковий інтерес моделювати математично. Для цього можна використати відомі рівняння механіки рідини, наприклад диференціальне рівняння Нав'є – Стокса в частинних похідних, яке, будучи доповненим рівнянням суцільності, описує рух рідини, причому, що є важливим для інженерних розрахунків, воно дає можливість моделювати в'язку рідину та враховувати її стисливість, яка, як відомо, в деякій мірі проявляє

себе за тих тисків, які утворюються в нагнітальному трубопроводі від секції ПНВТ до форсунки.

Практично на даний час розроблено й використовується відчутна кількість стендів для випробування паливної апаратури дизелів, в т.ч. тепловозних. Автором даних рядків пропонується деяка модернізація та удосконалення стенду випробування ПНВТ типу А1451. Модернізація системи управління електроприводом стенду виконана у вигляді плати управління трифазним випрямлячем на мікроконтролері АТmega8L та плати індикації з трирозрядним семисегментним індикатором та регістром зсуву. Дане рішення дозволяє плавно, за допомогою 10-обертового потенціометра, змінювати кут відкриття силових тиристорів випрямляча, тим самим змінюючи середньоквадратичну випрямлену напругу на якорі електродвигуна. Передбачений автоматичний режим, який вмикається тумблером, забезпечує підтримування частоти обертання якоря незалежно від навантаження (звісно, в межах потужності двигуна), що забезпечує зручність під час випробування ПНВТ. Крім цього, пропонується встановлення на даному стенді невеликої системи осцилографування тиску в трубках високого тиску. Дана система складається з тензорезисторів, наклеєних на форсункові трубки, електронного пристрою підсилення сигналу та передачі його на ПК та, власне, ПК. Така система дозволить на екрані монітора отримати (за потреби – роздрукувати) в реальному часі діаграму тиску у трубці високого тиску, що допомагатиме в оцінюванні стану деяких деталей ПНВТ дизеля.

### **МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛОВОЗУ ЧМЭЗ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДНОЇ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ**

Автор – Сало О. І., студент групи ЛГ1821

Науковий керівник – д. т. н., професор Боднар Б. Є.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В.Лазаряна*

В умовах подорожчання паливно – енергетичних ресурсів гостро постає питання підвищення енергоефективності роботи рухомого складу, зокрема маневрових тепловозів. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є застосування гібридної силової установки.

Як показує статистика, більше 40% маневрової роботи приходить на простій з двигуном, що працює, а 10-15% часу приходить на пересування без вагонів. Також тепловози ЧМЕЗ використовуються у легкій поїзній роботі із невеликою кількістю вагонів.

З вище сказаного видно, що використання потужних маневрових тепловозів не оправдане економічно, тому що використання тепловозів при частковому завантаженні веде до перевитрат палива.

У модернізованому варіанті пропонується встановлення дизель – генераторної установки із синхронним генератором меншої потужності, яка працює на зарядку акумуляторної батареї. Від батареї живляться через статичні перетворювачі тягові вентильно-індукторні двигуни.

В якості тягового обираємо вентильно-індукторний двигун, який відрізняється високою надійністю та високим ККД. Використання статичних перетворювачів покращує тягові характеристики тепловоза, тому що це дозволяє здійснити плавний пуск із необхідним прискоренням. Перевагами вентильно-індукторних двигунів з використанням статичних перетворювачів є:

- простота конструкції;
- висока надійність;
- низька собівартість;
- низький момент інерції;
- можливість роботи у складних умовах;

- висока ремонтпридатність;
- низькі втрати в роторі;
- мінімальні температурні коефіцієнти.

Ці переваги показують перспективність застосування даного типу електромеханічних перетворювачів у якості тягових.

У результаті дослідження був запропонований один зі способів глибокої модернізації тепловозу, а саме застосування гібридної силової установки та електроприводу на базі вентиляльно-індукторних двигунів. Гібридна силова установка дає змогу знизити витрати паливо-мастильних матеріалів через те, що вона меншої потужності, ніж існуюча, а також вона працює на номінальному режимі з постійними обертами, на відміну від існуючої системи. Використання електроприводу на базі вентиляльно-індукторних двигунів дозволить знизити витрати на ремонт, а також покращити тягові характеристики локомотива.

Використання накопичувачів енергії на тепловозі дозволяє запровадити системи керування тяговими двигунами для покращення їх характеристик. Застосування гібридного тепловозу дозволяє підвищити його ККД за рахунок високого ККД при роботі від накопичувачів енергії. Подібне рішення дозволяє скоротити витрату палива не менше ніж на 40%, так як більша частина маневрової роботи буде здійснюватися на живленні від тягової акумуляторної батареї, і забезпечити високу екологічну чистоту локомотива. Економія палива після виконання такої модернізації складає близько 100 т на рік, при такій економії час повернення коштів, витрачених на модернізацію, складає близько 5 років.

### **МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЕРЕДАЧІ ПОТУЖНОСТІ ТЕПЛОВОЗА СЕРІЇ 2ТЭ116**

Автор – Марченко О. А., студент групи ЛГ1821

Науковий керівник – д. т. н., професор Боднар Б. Є.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Найбільш широке розповсюдження на вітчизняних тепловозах отримала електрична передача постійного струму, в якій використовуються тягові електричні машини тільки постійного струму. На тепловозах великої потужності останніми роками широко застосовують електричну передачу змінно-постійного струму. У передачі такого типу використовуються синхронний тяговий генератор змінного струму і тягові електродвигуни постійного струму. Двигуни постійного струму дозволяють найпростіше отримати оптимальну тягову характеристику тепловоза. Змінний струм, що виробляється синхронним тяговим генератором, випрямляється за допомогою спеціальної випрямної установки.

Прагнення спростити конструкцію тягових електродвигунів, понизити їх масу і вартість, підвищити надійність роботи, звести до мінімуму потребу в їх обслуговуванні і ремонті привело до створення для тепловозів передачі змінно-змінного струму. У такій передачі застосовуються і тяговий генератор, і тягові електродвигуни змінного струму.

Асинхронні електродвигуни змінного струму значно простіші по конструкції, легші та дешевші за електродвигуни постійного струму такої ж потужності. У них відсутні колектор і щітковий апарат, які ненадійні в експлуатації, тому виключаються часті огляди, знижуються витрати праці на обслуговування і ремонт.

Проте для регулювання швидкості руху тепловоза з тяговими електродвигунами змінного струму необхідно міняти частоту струму, що підводиться до двигунів. Найбільш досконали перетворювачі частоти змінного струму, засновані на використанні керованих напівпровідникових вентилів, які мають велику вартість. Перетворення частоти струму пов'язане з втратами енергії, що знижує загальний ККД передачі.

В рамках теми «Модернізація передачі потужності тепловоза серії 2ТЭ116» для зменшення вартості та спрощення модернізації, пропонуємо залишити штатний тяговий елек-



тродвигун серії ГС-502, оскільки його характеристики узгоджені з дизелем, до того ж він має дві зміщені трифазні обмотки. Це забезпечить низький коефіцієнт пульсацій струму при випрямленні, що є дуже важливим для перетворення в змінний струм регульованої частоти за допомогою інвертора.

Тягові асинхронні електродвигуни мають забезпечувати необхідну дотичну потужність тепловоза.

Автономні інвертори – це пристрої, що працюють на автономне навантаження і призначені для перетворення напруги постійного струму у напругу змінного струму заданої або регульованої частоти.

В інверторах струму силове коло схеми підмикається до джерела постійної напруги через дросель із великим індуктивним опором (джерело струму повинно мати великий опір). В нашому випадку індуктивним навантаженням виступає тяговий асинхронний електродвигун.

Основною проблемою при проектуванні потужних інверторів є забезпечення надійного вимикання тиристорів, що знаходяться у провідному стані, перед вмиканням тиристорів, що не проводили струм. Це реалізується використанням схем примусової комутації, що забезпечують запирання тиристорів у колах постійного струму.

### **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИСОКОШВИДКІСНИХ МАГІСТРАЛЕЙ УКРАЇНИ**

Автор – Шевченко Є. О., студент групи ЛГ1821

Науковий керівник – д. т. н., професор Боднар Б. Є.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

З початком «транспортної революції», характерною для епохи науково технічного розвитку, частка залізничного транспорту та у вантажообігу, і тим більше в пасажирообороті транспорту України стала досить швидко зменшуватися. Настільки значне витіснення залізниць з ринку транспортних послуг відбулося внаслідок успіхів інших, конкуруючих видів транспорту – автомобільного та повітряного, які перехопили у них основну частину вантажів і пасажирів.

Однак цей прогноз все-таки не виправдався. Залізничні компанії за підтримки держави стали шукати вихід із критичного становища насамперед на шляхах докорінної модернізації всього залізничного господарства. Головні надії на його «реанімацію» вони стали пов'язувати зі створенням, справедливо вважаючи, що відвоювати хоча б деякі позиції в конкурентній боротьбі залізниці зможуть тільки за допомогою підвищення швидкості і комфорту перевезень. Іншими словами, поставлене завдання можна було сформулювати в наступних словах: «в два рази швидше автомобіля і в два рази повільніше літака». Так з'явилася програма спорудження спочатку національних, а потім і міжнародних високошвидкісних залізничних магістралей. Створення високошвидкісного залізничного сполучення в Україні відноситься до числа небагатьох проектів національного масштабу, результати яких визначають історичний розвиток держави. Будівництво розгалуженої інфраструктури високошвидкісного залізничного транспорту змінює традиційні уявлення про простір, консолідує націю і, в кінцевому підсумку, є запорукою успіху країни в майбутньому.

Світовий досвід будівництва і експлуатації високошвидкісних магістралей в країнах Європи і Азії свідчить про те, що реалізація таких проектів створює основу динамічного зростання економіки країни і підвищують її стійкість, поряд з власною ефективністю, виступають каталізатором розвитку галузей промисловості, малого та середнього бізнесу, економічного підйому міст і регіонів. Економіка і добробут суспільства в Україні тісно пов'язані з розвитком мережі залізниць, де одним із ключових напрямків є розширення

полігону швидкісних і високошвидкісних перевезень між найбільшими агломераціями країн.

Для України є оптимальним варіантом поетапного підвищення швидкості:

- 1) з 160 – 200 км/год;
- 2) з 200 – 250 км/год;
- 3) з 250 – 350 км/год на окремих відособлених ділянках.

Згідно зі світовим досвідом, будівництво високошвидкісних магістралей необхідно вводити поетапно, при безпосередній підтримки у фінансуванні держави, інвестиційних компаній. При реалізації високошвидкісного руху необхідно зв'язати основні густонаселені райони країни з великими містами європейських країн. Однак для зменшення часу в дорозі і безперебійного руху поїздів на зазначеній ділянці необхідно здійснити ряд заходів на окремих вузьких ділянках лімітують швидкість. Перше необхідно оновити, модернізувати, привести до норм для високошвидкісного руху: шляхове господарство, ряд станцій і вокзалів, систему автоматики і сигналізації, контактну мережу і т. д. Проект високошвидкісних магістралей в Україні – це принципово новий високотехнологічний проект. При реалізації проекту необхідно якомога більше використовувати сучасні матеріали і технології, при безпосередній участі вітчизняних підприємств і проектних організацій хоча і в проекті повинні бути задіяні і світові виробники.

### **РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ЕКОНОМІЇ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ**

Автор – Драган Р. Ю., студент групи ЛГ1826

Науковий керівник – д. т. н., професор Капіца М. І.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

На даний час залізниця здійснює більше 75% вантажних і більше 80% пасажирських перевезень. Загальне завдання, що стоїть на даний момент перед залізничним транспортом, полягає в зниженні експлуатаційних витрат та поліпшенні питомих енергетичних показників галузі.

Розвиток та удосконалення методів управління рухом поїздів пов'язані з необхідністю використання критеріїв мінімуму вартості електроенергії, спожитої на тягу поїздів, а в більшості випадків на залізницях застосовують критерій мінімуму спожитої електроенергії. При змінних тарифах на електроенергію задача розрахунку вартості електроенергії суттєво ускладнюється. Одночасно з цим виникають додаткові проблеми щодо зміни планування та організації процесу перевезень.

Оптимальним режимом руху поїзда є режим з трапецеїдальною залежністю швидкості від часу. В процесі ручного управління поїздами великі витрати енергоресурсів обумовлені тим, що машиніст веде поїзд довільно, орієнтуючись лише на сигнали автоблокування і витримуючи приблизно час проходження станцій. При цьому машиніст вибирає такі режими роботи тягових пристроїв, які забезпечують, насамперед, безпеку та заданий графік руху. Економічність обраного режиму за рівнем енергоспоживання в процесі ручного управління не враховується. Наслідком такого поширеного методу ведення поїздів є істотна перевитрата енергоресурсів, а найбільшими факторами впливу на витрату електроенергії поїздом є відстань між зупиночними пунктами і технічна швидкість. Величина ж питомої витрати енергоресурсів є величиною випадковою.

Оптимальне керування рухом поїзда передбачає застосування певної послідовності режимів керування та певної характеристики відповідного режиму, яка забезпечує мінімізацію (максимізацію) критерію оптимальності за умови виконання всіх обмежень, які накладаються на параметри руху поїзда.

Критерієм оптимальності є кількісний показник, який характеризує прийняте рішення. За критерієм оптимальності можна прийняти витрати енергоресурсів, час ходу поїзда, виконану роботу, сили опору руху, температуру перегріву та ін. Вказані критерії мають складові, що залежать від обраних режимів ведення поїзда, до того ж критерії пов'язані між собою функціональними. Тому необхідно обрати два найбільш вагомих критерії, які охоплюють найбільшу кількість складових параметрів. У цьому випадку за критерії оптимальності обираємо витрату енергоресурсів на тягу та час ходу поїзда.

При визначенні оптимального керування задаємо наступні умови:

- при аналізі профілю колії визначаємо найбільш важкий елемент (розрахунковий підйом); призначаємо йому найбільшу потужність локомотива;
- при побудові діаграми питомих рівнодіючих сил визначаємо ухил, під час руху на якому з рівномірною швидкістю не буде відбуватись ні прискорення ні сповільнення в режимі холостого ходу; призначаємо йому нульову позицію контролера машиніста;
- розподіляємо потужність локомотива рівномірно у вказаних межах;
- при виконанні тягових розрахунків на підставі складеної залежності потужності отримуємо первинну траєкторію руху поїзда;
- коригуємо її для збільшення або зменшення часу ходу поїзда.

За приблизними оцінками економія енергоресурсів від впровадження вказаних умов повинна скласти до 12% в залежності від змінних факторів, таких як метеорологічні умови, рівень технічного стану локомотива тощо.

#### **Підвищення надійності та ресурсу підшипників ковзання локомотивів під час експлуатації**

Автор – Завгородній О. Б., студент групи ЛГ1826

Науковий керівник – д. т. н., професор Капіца М. І.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

В процесі експлуатації локомотивів залізниць значна доля відмов приходить на вихід з ладу моторно-осьових підшипників (МОП). Протягом тривалого часу проводяться численні науково-дослідні роботи, пов'язані з підвищенням ресурсу МОП як маневрового, так і магістрального тягового рухомого складу. Такі роботи спрямовані, головним чином, на створення нових композиційних матеріалів для МОП. Однак, результати цих досліджень показали, що проблема збільшення ресурсу МОП вирішена не повною мірою. Це зумовлено тим, що система змащення МОП потребує, з одного боку, інтенсифікації подачі мастильного матеріалу безпосередньо через польстерний елемент або підбивку, оскільки у випробуваннях спостерігаються часті задири вкладишів в початковий період руху локомотивів внаслідок недостатньої подачі оливи. З іншого боку, система змащення МОП не повною мірою адаптована до навантажень, які виникають при різних режимах експлуатації локомотивів. Окрім конструктивних недоліків, малий ресурс МОП пояснюється відсутністю в осьових оливах сучасних присадок із високою поверхневою активністю. Це обумовлено тим, що молекули поверхнево-активних речовин (ПАР) агрегуються між собою та призводять до облітерації капілярів підбивок та польстерів. Проблему руйнування агрегатів молекул ПАР для різних мастильних матеріалів на сьогоднішній день вирішують шляхом їх обробки зовнішніми електричними полями. Однак, такі дослідження стосовно осьових олив МОП локомотивів досі не проводилися.

Таким чином, актуальною науковою задачею є комплексне удосконалення систем змащення МОП за рахунок зміни способу та місця подачі оливи, використання в осьових оливах сучасних присадок та введення технології електростатичної обробки оливи перед її

подачею в зазор підшипника. Таке удосконалення дозволить суттєво підвищити ресурс МОП та скоротити втрати на тертя в цих вузлах.

Існуючі системи змащення МОП локомотивів мають ряд недоліків, що обмежують їх ресурс, а саме: недостатню подачу осьової оливи до підшипника та відсутність у ній протизношувальних присадок.

Такі недоліки можливо усунути шляхом удосконалення системи змащення, яке полягає у організації примусової циркуляції осьової оливи, введенні в оливу протизношувальних присадок та використанні технології електростатичної обробки оливи, спрямованої на активізацію дії присадки.

При розробці заходів з удосконалення системи змащення МОП пропонуємо схему фізичних процесів, що описують вплив електростатичної обробки осьової оливи, що містить протизношувальну присадку, на механізм руйнування агрегатів присадки та формування змащувального шару на поверхнях тертя МОП.

Теоретичними дослідженнями встановлена закономірність збільшення ресурсу МОП локомотивів при комплексному удосконаленні систем змащення. Встановлено, що при використанні електростатичної обробки осьової оливи у поєднанні із введенням протизношувальної присадки ресурс вкладиша МОП під дією робочих навантажень змінюється, в залежності від товщини граничного шару.

Згідно математичної моделі встановлені значення ресурсу МОП в діапазоні швидкостей локомотива 10...40 км/год, при якому підшипники працюють в режимі граничного змащення.

#### **Підвищення надійності електричного обладнання електровозів під час експлуатації**

Автор – Зуєв Є. С., студент групи ЛГ1826

Науковий керівник – д. т. н., професор Капіца М. І.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Розвиток ринкових економічних відносин вносить якісні зміни у функції управління на залізничному транспорті. Основним завданням залізниць стає не «перевезення», а «транспортне обслуговування». Становлення приватної та акціонерної власності пред'являє більш жорсткі вимоги до величини повної транспортної складової з урахуванням втрат на стиках між транспортом та виробництвом. Необхідно забезпечувати високий рівень транспортного обслуговування, різноманітного, в залежності від характеру виробництва. Тепер важливо не тільки перевезти вантаж або пасажирів, а також здійснити транспортне обслуговування по різних класах якості, при мінімумі витрат. Тому назріла необхідність у побудові нової структури і технології управління. Однією з найважливіших структур є програма реорганізації та розвитку залізничного транспорту. Ця програма – важлива складова реформування галузі. Метою проведення реструктуризації, є створення прозорої системи роботи залізничного транспорту, при якій для всіх без винятку клієнтів будуть рівні умови. Це створює конкурентне середовище в середині галузі, ліквідує господарські проблеми на стику залізниць. Одним з питань програми є система утримання та надійність тягового рухомого складу.

Технологія побудови тягового рухомого складу в сучасних умовах ґрунтується на застосуванні великої кількості різноманітних технологічних процесів (механічних, електричних, електрохімічних, акустичних, хімічних, термічних тощо) та їх комплексної механізації і автоматизації. Основу її складають спеціалізовані підприємства, оснащені високопродуктивними верстатами, автоматичними і механізованими потоковими лініями для ремонту деталей і вузлів. У ремонтному виробництві головне завдання полягає в значному

підвищенні якості ремонту, підвищенні надійності та довговічності ТРС, збільшенні післяремонтного ресурсу. Для вирішення цього завдання велике значення має рівень техніки, організації та технології ремонтного виробництва.

Завдання забезпечення надійності неминує виникати на всіх етапах побудови і функціонування технічних систем. Вибір рішень, пов'язаних із забезпеченням підвищення надійності, є однією з головних проблем, що стоять перед творцем системи.

Одними з основних комутаційних елементів схем управління силового електричного кола електровоза, є контактори. Головним напрямком їх розвитку як і раніше є зниження матеріальних і трудових витрат на виготовлення та експлуатацію. Це, в свою чергу, висуває все більш високі вимоги до застосовуваних матеріалів і конструкції електричних апаратів, які обмежені вагою, збільшенням час експлуатації, роблять їх більш економічними і технологічними. У зв'язку з цим великого значення набувають задачі розрахунку і проектування елементів конструкції контакторів з метою підвищення їх експлуатаційної надійності.

Підвищення експлуатаційної надійності електричної схеми електровоза пропонуємо забезпечити заміною електричної машини – фазорозщеплювача на електронний пристрій, який забезпечить ті ж самі параметри, що й вказана електрична машина – трифазний інвертор. Управління транзисторними ключами пропонується цифрове на мікроконтролері, що дозволить використати високочастотне регулювання.

#### **Підвищення надійності гідروпередач тепловозів під час експлуатації ТА ПРИ РЕМОНТІ**

Автор – Казьмин А. С., студент групи ЛГ1826

Науковий керівник – д. т. н., професор Капіца М. І.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Внутрішньозаводський транспорт промислових підприємств, охоплюючи всі види переміщення сировини, напівфабрикатів і готової продукції по території підприємства і всередині виробничих приміщень (цехів) найтіснішим чином пов'язаний із сучасними технологічними процесами виробництва і займає таким чином одне з перших місць серед всіх допоміжних виробництв на підприємстві. Правильний і доцільний вибір внутрішньозаводських міжцехових і внутрішньоцехових транспортних засобів та пристроїв, а також їх обслуговування сприяють збільшенню випуску продукції і зменшують непродуктивні витрати. Тому організація залізничних перевезень має значу роль для металургійних підприємств.

Депо промислового підприємства – це складна технічна система, на яку покладено основне завдання – забезпечення технологічного процесу підприємства справними локомотивами. Промисловий залізничний транспорт, порівняно з магістральним, працює у вкрай важких умовах. Підвищена запиленість, високі температури, незадовільний стан колій приводять до швидкого виходу з ладу промислових тепловозів. З іншого боку жорстка конкурентна боротьба змушує постійно підвищувати якість ремонту та тримати ціни на ремонт у прийнятних для замовника межах.

Основними перевізними засобами депо промислових підприємств є тепловози з гідравлічною передачею.

Гідравлічна передача типу УГП 750-1200, яка серійно випускається Калузьким машинобудівним заводом, є основним типом гідропередачі вітчизняних тепловозів. Уніфікація передачі проведена в наступних напрямках: отриманні передачі потужності від 750 до 1200 к.с. при однакових габаритах; у можливості відбору потужності для допоміжних потреб на різних тепловозах; у взаємозамінюваності основних вузлів і деталей.

Аналіз відмов гідропередач показав, що до характерних пошкоджень можна віднести електроавтоматику керування, гідротрансформатор і реверс-режимний механізм. Найбільш розповсюдженими відмовами є: в картерах і кришках – ослаблення кріплення і піддікання мастила, тріщини, відколювання і знос посадочних місць; в зубчатих колесах і зубчатих муфтах – злами, тріщини і відколювання зубів, раковини і пітінги, знос і ослаблення підшипників і втулок, посадочних поверхонь і шлицьових з'єднань, знос різьблення у валах, знос і тріщини важелів приводу рухомих муфт; в колесах турбіни, насоса і направляючого апарату – тріщини, відколювання і злам лопаток, зменшення товщини зубів.

Налаштування електроавтоматики можливо проводити на налагодному стенді або за допомогою спеціального приладу.

Налаштування автоматики на стенді виконується при заводському виготовленні, а також після ремонту пов'язаного зі зняттям вузлів автоматики з тепловоза.

Перевірка роботи електричної автоматики, а також при необхідності її допоміжне налаштування при зупинці тепловоза (заглушеному дизелі) без зняття вузлів автоматики, з допустимою точністю, виконується за допомогою спеціального приладу.

Прилад представляє собою двоконтактний перетворювач, який дає змогу діагностувати пошкодження системи автоматичного керування режимами роботи передачі а в разі необхідності і налаштування електроавтоматики на тепловозі.

### **ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО НАПРАЦЮВАННЯ КОРПУСНОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ТЕД ЛОКОМОТИВІВ З ВРАХУВАННЯМ СТУПЕНІ ЇЇ ВІДНОВЛЕННЯ**

Автор – Козік Ю. Г., аспірант

Науковий керівник – д. т. н., професор Капіца М. І.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Моделі відновлення корпусної ізоляції, що пропонуються в сучасних публікаціях, базуються в основному на випадкових потоках відмов (пробій ізоляції) і не враховують поточний стан ізоляції і якість її відновлення.

В якості оцінки стану корпусної ізоляції ТЕД ЭД-118А використовувались данні замірів значень зворотної напруги  $U_{ret}(t)$ ,  $t$  – час, для різних значень пробігу локомотиву.

Якість стану ізоляції оцінювалась показником  $U_{ret}^{max}(l)$  – максимальне значення зворотної напруги в поточній процедурі вимірювання відповідно до пробігу локомотиву  $l$  та інтегральним показником  $A(l)$ , що вводився в дослідженнях.

Заміри зворотної напруги  $U_{ret}(t)$  та відповідної величини інтегральної оцінки проводилися для ТЕД, що проходили капітальний ремонт на різних локомотиворемонтних заводах. Величина зворотної напруги  $U_{ret}^{max}(l)$  та інтегральна оцінка  $A(l)$  розглядаються як характеристики процесу старіння корпусної ізоляції.

Побудова математичної моделі визначення моментів відновлення корпусної ізоляції та прогнозування напрацювання корпусної ізоляції відбувалось за залежностями значень величин  $A(l)$  та  $U_{ret}^{max}(l)$ . Математична модель враховує також ступінь відновлення під час виконання ПР-3 і КР-1. При моделюванні моментів відновлення вводиться обмеження знизу в вигляді зони  $(A_{min1}, A_{min2})$ , що є обмеженням значень інтегрального показника якості ізоляції в розрахунках.

Для ремонтних заводів визначаються варіанти відновлення такі, які забезпечують максимальне напрацювання (пробіг) ізоляції до КР-2. Сформулюємо задачу. Нехай  $\tau$  – період

відновлення ізоляції,  $n$  – кількість відновлень до КР-1,  $m$  – кількість відновлень від КР-1 до КР-2, тоді

$$\max_{\tau, n, m} L_{ren2}(\tau, n, m), \quad \tau > 0, \quad \tau \in T; \quad n, m \in M, \quad L_{ren2}(\tau, n, m) \geq L_{min},$$

де  $M$  – обмежена безліч натуральних чисел;  $T$  – безліч періодів відновлення ізоляції;  $L_{ren2}(\tau, n, m)$  – напрацювання ізоляції до КР2;  $L_{min}$  – мінімально допустимий пробіг (напрацювання) ТЕД.

З отриманих результатів поставленої задачі проглядається наступна тенденція. На величини напрацювання ізоляції впливає технологія відновлення, що прийнята на заводі де відбувається ремонт. Найкращою технологією відновлення володіє завод №2.

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ДИЗЕЛЯ**

Автор – Прокопенко А. І., студент групи ЛГ1826

Науковий керівник – д. т. н., професор Капіца М. І.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Залізничний транспорт забезпечує переміщення вантажів та населення країни. Перевезення вантажів та пасажирів здійснюється незалежно від кліматичних та погодних умов, пори року та часу доби.

Залізничний транспорт продовжує процес виробництва продукції у сфері обороту, здійснюючи доставку продукції до місця споживання. У цьому є основна роль залізниці у системі загального виробництва, цим же визначається й взаємозв'язок між залізницею та промисловими підприємствами.

Інтенсивність експлуатації локомотивів залежить від рівня їх надійності. Тому інтенсивність експлуатації локомотивів заставляє по новому дивитись на надійність вузлів та агрегатів. Однією з систем, які обмежують надійність локомотива, є система автоматичного регулювання температури дизеля.

Температура охолоджуючої рідини на тепловозах серії ТЭ10М регулюється автоматично, без участі машиніста. Машиніст під час руху поїзда по приладах на пульті управління контролює температурний стан дизеля. Систему автоматичного регулювання температурного режиму дизеля (САРТ), утворює комплекс пристроїв, головні з яких:

- пристрій для зміни частоти обертання вентилятора холодильника;
- гідромотор;
- терморегулятори;
- реле управління жалюзі та ін.

САРТ стежить за температурою охолоджуючої рідини. Якщо температура води і масла зростає і підходить до встановленої межі, САРТ плавно, без втручання машиніста збільшує частоту обертання колеса вентилятора.

Вентилятор являє собою колесо з лопатями. Головне завдання вентилятора – прогнати через секції холодильника якомога більше повітря і при цьому витратити якомога менше потужності.

Щоб забезпечити високу продуктивність, вентиляторне колесо звичайного відцентрового вентилятора виконано великого діаметру. Потік повітря, що нагнітається вентилятором, спрямований уздовж його осі. Вентилятори вдається зручно розташувати в обмежених габаритах тепловоза, зазвичай його встановлюють в даху тепловоза.

Привод вентилятора холодильника має довгий валопривод (близько 4 м). На тепловозах вентилятор холодильника розташований далеко від дизеля, від якого він приводиться в обертання. Одним кінцем валопривод з'єднаний з колінчастим валом дизеля, а іншим – з гідроприводом вентилятора.

Для збільшення числа ступенів регулювання частот обертання вентилятора пропонуємо застосовувати електричну передачу.

Електрична передача (електрична трансмісія) являє собою з'єднання електрогенератора та електродвигуна (або декількох генераторів і двигунів) для передачі обертання від первинного двигуна до рушія або виконавчого органа. За умови плавного пуску та непов'язаності частот обертання генератора та двигуна, обираємо передачу змінного струму. Передача має забезпечити необхідну потужність та частоту обертання вентилятора, а саме 44 кВт та 17,4 с<sup>-1</sup> (1044 хв<sup>-1</sup>). До того ж необхідно враховувати ККД електричних машин та механічних з'єднувачів (муфт, карданних валів).

## **Підвищення рівня механізації та автоматизації ремонту пружного підвішування тепловозів**

Автор – Пустовой А. А., студент групи ЛГ1826

Науковий керівник – д. т. н., професор Капіца М. І.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Залізничний транспорт складає основну транспортну систему України і покликаний забезпечувати своєчасне, повне і якісне задоволення потреб господарства і населення по перевезенням.

Залізничний транспорт за своїм призначенням має забезпечувати виробничі та невиробничі потреби народного господарства і населення в усіх видах перевезень. Сучасний стан залізничного комплексу України характеризується помітним спрацюванням основних фондів, що істотно зменшує техніко-технологічні, економіко-організаційні та інші можливості залізниць.

Локомотивне господарство відіграє найважливішу роль у житті системи залізничного транспорту. На його долю припадає у процентному співвідношенні 23% від усіх робітників залізничного транспорту, 40% експлуатаційних витрат, 23% витрат енергоносіїв, біля 13% основних фондів.

Рама візка тепловоза є головною ланкою, що поєднує колісно-моторні блоки й підсумовує тягові зусилля від них для передачі кузову. Рама візка зазнає впливу різних за своїм характером, величині й напрямку сил. Це сили від надвізкової ваги і ваги самих рам з іншим устаткуванням, тягові й гальмові сили, змінні навантаження, що з'являються у зв'язку з коливаннями локомотива в горизонтальній і вертикальній площинах.

У ресорному підвішуванні щелепних візків спостерігаються такі несправності і дефекти: тріщини і злами в ресорних листах, хомуті та його проушинах; ослаблення і зрушення хомута; вироблення втулок під валики; знос і тріщини в валиках, балансирах, підвісках; тріщини, злам і втрата пружності в спіральних пружинах; розшарування і дефекти гумових шайб.

У ресорному підвішування безщелепних візків можливі випадки виникнення тріщин, поломок пружин і втрата їх пружності. Причинами несправностей можуть бути недостатнє і несвоєчасне змащування, перекіс балансирів при проходженні кривих, заклинювання і захоплювання деталей у вузлах тертя.

В експлуатації при огляді ресорного підвішування під час приймання тепловоза і при технічному обслуговуванні перевіряють, чи немає тріщин в підвісках, балансирах і хомутах, перекосу балансирів і зачіпання їх про раму візка, зносу ресорних підвісок, що лопнули або зрушених листів ресор, ослаблення втулок в підвісках і балансирах, чи є запобіжні скоби. Всі шарніри ресорного підвішування повинні бути добре змащені. При технічному обслуговуванні ТО-2 і ТО-3, а також при поточних ремонтах ПР-1 і ПР-2 оглядають зовні деталі ресорного підвішування. При виявленні тріщин у балансирах, підвісках і



пружинах їх замінюють. Підлягають заміні також листові ресори, які мають тріщини, ослаблення і зрушення хомути. Змащують всі шарніри з'єднань ресор і балансирів. При поточному ремонті ПР-3 ресорное підвішування розбирають, очищають і оглядають для визначення і усунення зносу і дефектів в його деталях.

Для підвищення рівня механізації та автоматизації виробничих процесів при ремонті пружного підвішування тепловозів пропонується запровадити потокову лінію з ремонту ресорного підвішування, яка має шість позицій.

Також для удосконалення технології ремонту пружного підвішування пропонується впровадити таке нове обладнання: стенд для підбору (випробовування) пружин; стенд для випробування гасителів коливань.

## **ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ БОРТОВИХ СИСТЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ**

Автор – Богомолів А. Р., асистент

Науковий керівник – д. т. н., професор Капіца М. І.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Діагностування – особливий технологічний процес технічного контролю – визначення технічного стану та прогнозування працездатності обладнання по діагностичним параметрам, функціонально пов'язаних з робочими параметрами, котрі характеризують технічний стан цього обладнання. Діагностичними параметрами можуть бути споживаний струм, електричне опір, тепловий режим, вібрація і шумовий ефект, ступінь герметичності, наявність продуктів зношування деталей, що труться в мастильних маслах і т. д.

Одним із шляхів підвищення експлуатаційної надійності тепловозів є застосування бортових діагностичних пристроїв. Діагностичні бортові системи встановлюються і при модернізації тепловозів типу 2ТЭ10, ЧМЭЗ, ТЭМ2, 2ТЭ116.

З статистичних даних несправностей видно, що велика частка раптових відмов обладнання тепловозів пов'язана з механічними пошкодженнями (злами, тріщини, розриви та ін.).

Несправності тепловозів в експлуатації викликаються наступними раптовими відмовами локомотивного обладнання: неконтрольовані порушення температурних режимів, погіршення якості функціонування різного устаткування, в тому числі що обумовлює збільшення витрати палива дизелем на одиницю виробленої їм роботи. Кількість раптових відмов обладнання тепловоза можна зменшити оперативним контролем бортовий системою діагностики доступних непрямих показників роботи цього обладнання.

Бортова діагностика покращує умови праці локомотивної бригади при контролі основних показників роботи локомотивного обладнання під час руху локомотива завдяки оцінці пристроями можливих аварійних ситуацій в тепловозі, контролю так званих основних «чергових» показань роботи його обладнання, контролю значень «розширених» даних, зазвичай оцінюються за штатним приладів поза кабіною машиніста.

Бортовими пристроями можна оцінити і визначити: ступінь забрудненості фільтруючих агрегатів масляної і паливної систем дизеля; величину зносу корінних, шатунних підшипників і відповідних шийок колінчастого вала дизеля; загальну якість робочого процесу в циліндрах дизеля; загальний стан турбокомпресора; несправності в регуляторі частоти обертання колінчастого вала дизеля; загальну енергетичну ефективність дизель-генераторної установки; стан випрямної установки; опір ізоляції високовольних і низьковольних ланцюгів електричної схеми; залишкову ємність акумуляторної батареї; стан буксових підшипників; несправності в системі автоматичного регулювання температури, води і масла; рівень води в розширювальному баку системи охолодження; гідравлічні характеристики контурів охолодження.

Бортові діагностичні установки вирішують основні завдання: оперативний пошук місця і визначення можливих причин відмов контрольованого обладнання тепловоза для швидкого усунення локомотивною бригадою наслідків відмов заходами, в тому числі тимчасовими; укрупнена оцінка поточного технічного стану контрольованого обладнання тепловоза; підготовка інформаційної бази для прийняття рішення про необхідність поглибленого діагностування локомотива в умовах депо зі стаціонарної діагностичної установкою або спеціальними засобами технічного діагностування; накопичення, зберігання та передачу діагностичної інформації в стаціонарні засоби діагностики для прогнозування залишкового ресурсу; взаємодія зі стаціонарними системами діагностики в якості її вимірювальної підстанції.

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ТЕД ЛОКОМОТИВІВ**

Автор – Мокієнко Т. В., студент групи ЛГ1821

Науковий керівник – д. т. н., професор Капіца М. І.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Ефективність локомотивів що знаходяться у експлуатаційному парку залежить від відповідності їх технічних характеристик, умовам їх експлуатації, вибору раціональних режимів роботи і правильно встановлених обмежень навантаження тягових електричних двигунів (ТЕД). Реалізація тягової характеристики тепловоза визначається параметрами ТЕД, як найбільш напруженого вузла енергетичної передачі.

Підвищення надійності ТЕД, характерною особливістю яких є, експлуатація в широкому діапазоні зміни режимів роботи і температури зовнішнього повітря, – актуальна проблема сучасного електромашинобудування. Значний резерв підвищення надійності ТЕД і економічності їх систем охолодження закладений в оптимізації теплового стану двигунів. На тепловозах із зростанням секційної потужності енергетичної установки зростають і питомі втрати потужності на охолодження електричних машин з 1% – у тепловозів серії ТЭМ1 і ТЭМ2, до 4,5% та 6% відповідно у тепловозів 2ТЭ116.

ТЕД тепловозів при певних умовах роботи мають недостатнє охолодження, результатом чого є відносно невисока їх надійність (із-за зниження електричної міцності ізоляції) порівняно з ТЕД електровозів, за умови, що обмотки машин мають ізоляцію одного класу нагрівостійкості.

Можливість отримати економію енергії на автономних локомотивах, підвищити надійність їх енергетичних систем за рахунок зменшення вологості і пилу, що потрапляють з охолоджуючим повітрям. Впровадження на тепловозах спочатку систем сезонного керування вентиляторними установками, а потім систем, які передбачають програмний принцип керування охолодженням тягового електрообладнання. При впровадженні на локомотивах бортових обчислювальних комплексів з'явилася можливість реалізації практично будь-якого алгоритму керування вентиляторами або іншими регулюючими органами систем охолодження енергетичного обладнання.

В даний час ведуться численні роботи по створенню систем управління охолодженням тягового електрообладнання локомотивів, метою яких є підвищення коефіцієнту корисної дії (ККД) локомотива та надійності електричних машин і статичних перетворювачів за рахунок зменшення засмічення вентиляційних каналів, забруднення активних поверхонь електричних машин і випрямних установок, а також скорочення шкідливого впливу зволоження ізоляції на її електричну міцність.

При реалізації того чи іншого принципу управління охолодженням ТЕД або зміни параметрів його системи охолодження необхідно насамперед вирішити питання – як зміниться ресурс двигуна, і виправдані витрати від можливого зниження надійності ізоляції

обмоток, економією витрат потужності на привід допоміжних систем локомотива і підвищенням його ККД в цілому.

У зв'язку з описаними вище проблемами метою роботи є: розробка теоретичних основ і практичних методів аналізу реального теплового стану ТЕД тепловозів в експлуатації для прогнозування ресурсу ізоляції обмоток по тепловому фактору і вибору раціональних алгоритмів керування охолодженням, які забезпечують підвищення їх техніко-економічних показників за рахунок оптимізації теплового стану.

## **ПОЛІПШЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ ЛОКОМОТИВА**

Автор – Щичко Д. І., студент групи ЛГ1821

Науковий керівник – к. т. н., доцент Бобирь Д. В.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Згідно результатів аналізу статистичних даних частка несправностей вузлів екіпажної частини, виявлених при ремонті та обслуговуванні, за останні роки сягає 35% від загальної кількості по локомотивному парку залізниць України, а для деяких серій локомотивів несправності механічного обладнання по відношенню до інших вузлів і систем є переважними.

З метою підтримання необхідного рівня надійності роботи та безпеки руху екіпажна частина рухомого складу повинна забезпечувати високі тягові та динамічні якості локомотива, тобто мінімальний вплив на колію при заданому навантаженні від осі колісної пари на рейки, низький рівень динамічних сил в конструкції. Переважно на динамічні якості локомотива впливають силові характеристики зв'язків колісних пар з рамою візка, а рами візка з кузовом.

На вартість життєвого циклу, надійність локомотива та безпеку руху значно впливають пошкодження колісно-моторного блоку, пов'язані з конструкцією буксових зв'язків колісних пар з рамою візка.

Існуючі гасителі коливань буксової ступені пружного підвішування мають достатньо невизначені характеристиками енергопоглинання, що посилюється ще і масовим виходом з ладу їх шарнірів і втратою функціональної працездатності гасителів. Відмова механізмів демпфірування коливань першого ступеня пружного підвішування призводить до збільшення амплітуд галопування та підстрибування візка, що викликає значне підвищення навантажень в вузлах і деталях колісно-моторного блоку і рами візка.

У зв'язку з цим, роботи з удосконалення вузлів пружного підвішування з метою забезпечення динамічних показників екіпажу, стабільності їх параметрів між плановими ремонтами і скорочення експлуатаційних витрат на обслуговування і ремонт є нагально актуальними.

Перспективним напрямком модернізації пружного підвішування з метою підвищення його надійності є створення буксових вузлів з багатофункціональними гумометалевими пружними елементами, а саме, – з конічними гумометалевими елементами – конусфедерами або метаконами, а також з такими ж елементами у поєднанні з гідравлічним безпоршневіми демпфувальними пристроями – гідрофедерами. Гідрофедери складаються на базі вже існуючих «конусфедерів» шляхом додавання гідравлічної демпфувальної частини та мають наступні переваги: створюють безззорний пружній подовжній та поперечний зв'язок без поверхневого тертя в умовах взаємних переміщень букси і візка; надають можливість вибору потрібних жорсткостей у напрямі трьох лінійних координат; частково розсіюють енергію коливань в матеріалі гуми; легко стикуються з боковиною рами, не створюють незрівноважених розпираючих зусиль, діючих на раму візка; прості в монтажі і мають високі шумопоглинаючі властивості. Основна перевага гідрофедера з точки зору

його впливу на привід – це забезпечення ефективного демпфування буксової ступені за рахунок дисипативних властивостей гуми і інтегрованого безпоршневого гідрогасителя.

Гідрофедер, як елемент, що практично не має зносу і володіє властивостями гідравлічного демпфера без механічного зношування, може бути застосований для модернізації буксового підвішування візка. Однак необхідно враховувати ряд особливостей застосування гідрофедерів у пружному підвішуванні певної серії локомотива, що вимагає ретельного попереднього вивчення.

### **Підвищення надійності системи повітропостачання дизеля 10Д100**

Автор – Корнієнко О. В., студент групи ЛГ1826

Науковий керівник – к. т. н., доцент Бобирь Д. В.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Одним з основних агрегатів, що впливає на якість повітропостачання дизеля 10Д100 тепловоза 2ТЭ10в/і та, відповідно, і на надійність його роботи є турбокомпресор ТК-34. Згідно журналу позапланових ремонтів тепловозів за минулі роки позапланові ремонти турбокомпресорів ТК-34 відбувалися з наступних причин: недостатній вибіг ротора – 43 %, теча води в середню частину – 25 %, помпаж – 10 %, злам ротора – 11 % та інші несправності 11 %. Одним з основних факторів, що впливає на появу таких відмов є зношення підшипників ковзання з «просадкою» ротора на лабіринтові ущільнення з обминанням та стиранням їх з наступним викидом масла на дах тепловоза.

Напрацювання на відмову турбокомпресорів ТК-34 тепловозів 2ТЭ10в/і знаходиться в районі планового виконання ремонту ПР-2, тобто близько 125 тис км, що безумовно не задовольняє вимог надійності, які висуваються до вузлів тертя. Для вирішення цієї проблеми пропонується застосувати вузли тертя-ковзання, а саме, підшипникові опори замінити вузлами тертя-кочення. Оскільки конструкцією турбокомпресорів ТК-34 не передбачено застосування підшипників кочення, пропонується замінити їх на турбокомпресори PDH 50ZVD, в яких застосовуються підшипники кочення типу 6308TPFK118 та 7308TPFK118.

За результатами аналізу встановлено, що на закордонних тепловозних, суднових і стаціонарних дизелях середньої швидкохідності в турбокомпресорах низького та середнього тиску замість підшипників ковзання в основному застосовують кулькові підшипники.

Високу ефективність підшипники кочення показали в турбокомпресорах PDH-50 дизелів маневрових тепловозів ЧМЭЗ та в турбокомпресорах PDH-550 дизель-поїздів Д1. На вітчизняних дизелях такого класу до сьогоднішнього дня підшипники кочення масово не застосовуються.

За результатами розрахунку кулькових підшипників на довговічність отримане напрацювання на відмову склало 18022 год. Для приведення отриманої величини довговічності підшипників кочення турбокомпресора PDH 50ZVD до значень пробігів локомотивів, виражених у тис км, якими зручно оперувати при оцінюванні параметрів надійності, виконано додаткові розрахунки. Середній пробіг тепловозів 2ТЭ10в/і із турбокомпресорами PDH 50ZVD склав 517231 км.

Отже, при заміні турбокомпресорів ТК-34 на PDH 50ZVD на тепловозах 2ТЭ10в/і збільшується їх гарантований міжремонтний пробіг. Тобто, при заданій завантаженості тепловозів відпадає необхідність планового ремонту турбокомпресорів PDH 50ZVD на кожному ПР-3. Це зумовить значну економію коштів, оскільки через один ПР-3 депо матиме можливість безрозбірної діагностики турбокомпресора.

На основі накопиченого досвіду експлуатації турбокомпресорів на підшипниках кочення тепловозів ЧМЭЗ та дизель-поїздів Д1 можна очікувати, що застосування підшипників

кочення у турбокомпресорах дизелів 10Д100 дасть змогу: виключити «просідання» ротора до дотикання з лабіринтовими ущільненнями внаслідок усунення зносу підшипників; усунути вихід з ладу роторів через порушення балансування при відкладенні нагару на лопатках турбіни або при обриві лопаток, оскільки при підшипниках кочення, які працюють на пружних опорах, допустимий дисбаланс ротора у 5-6 разів більший, ніж для ротора на підшипниках ковзання; збільшити пробіги тепловоза до розбирання турбокомпресора.

## **ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ЛОКОМОТИВІВ**

Автор – Орленко В. Е., студент групи ЛГ1826

Науковий керівник – к. т. н., доцент Бобирь Д. В.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Однією з сучасних тенденцій розвитку техніки є застосування складних систем технічної діагностики на всіх етапах життєвого циклу електротехнічних виробів. В даний час на підприємствах створюються складні автоматизовані системи моніторингу та діагностування технічного стану обладнання, в тому числі і електродвигунів.

Значна частка рухомого складу наших залізниць обладнана тяговими електродвигунами постійного струму. Оцінка стану якості ізоляції таких електродвигунів вимагає особливого формування діагностичного забезпечення. Нагально актуальним на даний час є створення системи комплексного діагностування ізоляції, яка враховує особливості конструкції і умови експлуатації ТЕД. Особлива увага приділяється стану міжвиткової ізоляції ТЕД як основному фактору, що впливає на його працездатність.

На ринку пристрої і системи комплексного діагностування ізоляції представлені такими як компаніями Megger, «Електротехнічні системи», SKF SWAKER INSTRUMENT, SCHLEICH та DIMRUS. Також в експлуатації успішно застосовуються вузькоспеціалізовані вимірювальні прилади, такі як мегомметр, пристрій пошуку міжвиткових замикань, прилади контролю струмів витоку, пристрої контролю часткових розрядів і ін. Необхідно відмітити, що велика частина представленого обладнання призначена для безколекторних машин. Варто також відзначити досить високу вартість імпортованих діагностичних комплексів, впровадження яких з великою ймовірністю не забезпечить окупність витрачених коштів.

Існуючі системи діагностування ізоляції електричних машин можливо розділити на кілька груп, однією з яких є група методів спрямована на тестування стану корпусної ізоляції. До цієї групи надходять метод «час / опір», метод тестування ступінчастим напругою, визначення коефіцієнтів поляризації і абсорбції. Застосування даних методів дозволяє оцінити якість корпусної ізоляції, визначити ступінь її зволоженості та виконати прогноз напрацювання на відмову.

Для тестування стану міжвиткової ізоляції все більшого застосування набуває метод хвильових загасаючих коливань. Застосування даного методу дозволяє однозначно діагностувати наявність міжвиткових замикань і визначити загальний стан міжвиткової ізоляції при відсутності явно виражених пошкоджень.

Для оцінки якості міжвиткової ізоляції, як правило, достатньо використовувати два параметри – узагальнений діагностичний коефіцієнт для випадку, коли ізоляція не має яскраво виражених пошкоджень, і коефіцієнт зміщення параметрів при наявності пошкоджень. Складність полягає в тому, що неможливо заздалегідь визначити жорсткі межі оцінок якості ізоляції за значеннями наведених параметрів, так як вони значно залежать від конструкції кожного конкретного типу ТЕД. Значення критеріїв можуть бути отримані при тестуванні новозбудованих ТЕД або шляхом моделювання процесу тестування програмними засобами.

Такий підхід до визначення стану ізоляції ТЕД дозволяє підвищити об'єктивність результатів випробувань і проводити прогнозування технічного стану ізоляції і науково обґрунтоване планування ремонтних і профілактичних заходів.

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОДИЗЕЛЬНОЇ УСТАНОВКИ НА МАНЕВРОВИХ ЛОКОМОТИВАХ**

Автор – Земцов О. С., студент групи ЛГ1826

Науковий керівник – к. т. н., доцент Бобирь Д. В.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Пріоритетність напрямків розвитку транспортної галузі України перш за все пов'язано з дефіцитом і зростаючою вартістю природних ресурсів. Основна частка витрат паливно-енергетичних ресурсів на залізницях України припадає на тягу поїздів – 81% електроенергії та 90% дизельного палива.

Тому ПАТ «Українська залізниця» прийняла Програму з енергозбереження, згідно з якою одним із способів зниження споживання дизельного палива є поліпшення експлуатаційних характеристик тепловозів і в першу чергу маневрових. Одним із заходів, спрямованих на вдосконалення експлуатаційних характеристик маневрових тепловозів є поповнення локомотивного парку багатодизельними маневровими тепловозами.

Вперше багатодизельні тепловози розробили і побудували в Північній Америці. Це були, в основному, маневрові локомотиви з двома і трьома дизелями невеликої потужності. В експлуатації вони дозволили зменшити споживання пального, знизити шкідливі викиди в атмосферу за рахунок відключення другого (третього) дизеля при неповному навантаженні або на холостому ходу.

Під час маневрової роботи можливості тягової одиниці часто використовуються не повною мірою, тепловози не реалізують свої потужності і спалюють вхолосту сотні тонн палива. Тому одним з напрямків розвитку маневрової тяги стала розробка двох- і багатодизельних локомотивів, щоб в залежності від умов роботи мінімізувати експлуатаційні втрати.

Увага до маневрової, вивізної і господарської робіт пояснюється тим, що в магістральному русі такий показник як відношення вантажообігу на витрату палива в кілька разів вище аналогічного в маневровій роботі. Це пов'язано, перш за все, з недовикористанням потужності і тривалою роботою на холостому ходу.

Багатодизельні тепловози є рухомих складом нового покоління і вимагають дослідницького підходу як на стадії проектування, так і на стадії експлуатації.

У зв'язку з цим для впровадження багатодизельних тепловозів необхідно виконати аналіз ефективності експлуатації маневрових тепловозів при різних обсягах роботи, включаючи роботу на сортувальній гірці, території локомотивного депо і станції. Крім цього, необхідно визначити комплексний показник, що дозволяє оцінити ефективність і доцільність спільної роботи дизелів з різними експлуатаційними характеристиками на одному тепловозі.

Для досягнення більшої пристосованості характеристик багатодизельної силової установки до певних експлуатаційних умов з метою зниження витрати палива її компонування бажано, а в деяких випадках необхідно, здійснювати з дизелів з різними потужностями характеристиками, тобто з різною номінальною потужністю. Співвідношення потужностей спарених дизелів має враховувати і залежати від особливостей роботи залізничного вузла, станції або промислового об'єкта, що обслуговується, виражених у вигляді діаграм розподілу часу роботи тепловоза по позиціях контролера машиніста. У цьому випадку можливість отримання максимального економічного ефекту при заданих режимах експлуатації тепловоза шляхом пошуку потрібної комбінації режимів роботи спарених дизе-

лів збільшується. Правильно підібрана комбінація потужностей дизелів дозволить більш точно підлаштуватися під експлуатаційні потреби та домогтися більш відчутних результатів економічної ефективності від кожного дизеля окремо.

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ КОМБІНОВАНИХ СИЛОВИХ УСТАНОВОК НА МАНЕВРОВИХ ЛОКОМОТИВАХ**

Автор – Горбачов П. А., студент групи ЛГ1826

Науковий керівник – к. т. н., доцент Бобирь Д. В.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Питання економії паливно-енергетичних ресурсів, підвищення надійності та екологічної безпеки поряд з підвищенням продуктивності маневрових локомотивів на даний час набувають нагальну актуальність. На сьогодні на мережі залізниць експлуатується значна кількість локомотивів, що виробили свій ресурс та знаходяться у граничному стані. Розробка нового рухомого складу і заміна їм застарілих локомотивів пов'язана зі значними матеріальними витратами, тому особливого значення набуває модернізація існуючих локомотивів. Одним із способів підвищення паливно-енергетичної та екологічної ефективності є застосування комбінованих силових установок, до складу яких входять накопичувачі різних видів енергії. Тип і параметри накопичувача повинні обґрунтуватися, виходячи конкретних умов експлуатації. У свою чергу, обрані характеристики накопичувача енергії визначають тип і параметри тягової передачі, що забезпечує узгоджену роботу всіх ланок силового ланцюга локомотива.

Гібридні локомотиви намагались втілити в реальність ще в повоєнні часи, але тоді не було можливостей для цього, всі системи були громіздкими, акумулятори не могли дати бажаних результатів, як і комп'ютери. Зараз з'явилися можливості, щоб створити такий локомотив, але в нього все ще є недоліки, які змушують ретельно підраховувати вигоду від такого локомотива. Перший недолік такого локомотива – відсутність обслуговуючої системи, а її впровадження пов'язано з витратами до яких надходять і перекваліфікація робітників і закупка нового обладнання для обслуговування, розробка та впровадження інструкцій з експлуатації та ремонту і т.д. Друга проблема – ціна самого локомотива – вона набагато більша звичайного, адже системи такого локомотива набагато дорожчі і їх більше, третя – акумулятори, вони в них найкращі і найновіші, але їхня заміна все ще повинна проводитись раз на п'ять років, або раз на десять років.

Так, позитивного досвіду у впровадженні в експлуатацію гібридних локомотивів на даний момент досягла канадська компанія Bombardier, яка на локомотивну платформу «Трахх» встановила дві дизель-генераторні установки, акумуляторні блоки (накопичувачі енергії), пантографи та скоординувала цю систему за допомогою так званого «тягового перетворювача», що миттєво переключає між різними джерелами енергії – струму та перетворює цю енергію до необхідних значень і подає на тягові електродвигуни. Цей локомотив отримав назву ALP-45 Dual Power, що означає – подвійна сила, мультифункціональний гібрид, який задовольняє усім потребам американської залізниці. Також існує позитивний досвід використання на заводі Audi в Інгольштадті гібридного локомотива виробництва компанії Alstom, що дозволило скоротити викиди CO<sub>2</sub> на 60 т за рік.

Найбільшого економічного ефекту можна домогтися застосовуючи комбіновані силові установки на маневрових тепловозах, тому що маневровий локомотив знаходиться в режимі очікування до 80% всього робочого часу, тобто двигун знаходиться на холостому ході, а якщо його двигун буде в такому режимі тільки включатись, щоб підтримати заряд батареї, а також коли локомотив працює під навантаженням, то виходить, що його двигун буде працювати майже завжди в сталому режимі, реалізуючи свою максимальну потуж-

ність. Таким чином, збільшується ресурс двигуна, отримується економія пального (до 30%) і зменшуються шкідливі вихлопи (до 50%), адже всім відомо, що двигун викидає в середовище менше продуктів згоряння палива, коли працює у сталому режимі та ще й на максимальній потужності, а переключення та контролювання всіма системами (тобто включення/виключення ДВЗ, заряд батареї і т.д.) забезпечується за допомогою спеціального математичного алгоритму комп'ютера, який і є найбільшою інновацією гібрида.

На даний час найбільшу потребу в гібридних локомотивах зазнають приватні підприємства, які мають невеликий парк локомотивів, їм легше його поступово переобладнати тому що їх бюджет може бути розрахований на довгострокову перспективу. На відміну Укрзалізниця замінити одразу великий об'єм локомотивів не може, тому найбільш раціональним рішенням для Укрзалізниці є впровадження багатодизельних тепловозів, а точніше глибока модернізація застарілих тепловозів шляхом встановлення на їх базі двох дизель-генераторних установок.

### **УДОСКОНАЛЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ДИЗЕЛІВ МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ**

Автор – Назаренко М. С., студент групи ЛГ1826

Науковий керівник – к. т. н., доцент Очкасов О. Б.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Відповідно правил ремонту після капітального ремонту дизелі тепловозів проходять випробування. Програма випробувань включає холодну і гарячу обкатку дизеля, які є основними видами випробування дизелів. Обкатка, як заключний етап у технологічному процесі, дозволяє визначити якість ремонту двигуна, стан вузлів і деталей. Припрацювання деталей дизеля починається під час заводської стендової обкатки, від правильного проведення обкатки значною мірою залежить довговічність і економічність дизеля, якісна обкатка дизеля забезпечує збільшення ресурсу агрегатів більш ніж на 80%.

Скорочення витрат енергоресурсів при обкатці дизелів можливе як на етапі холодної так і на етапі гарячої обкатки дизеля.

При холодній обкатці колінчастий дизеля примусово приводиться в обертання зовнішнім електродвигуном. Обкатка проводиться на випробувальному стенді, обладнаному системою примусової циркуляції мастила з підігрівом. Основним способом економії енергоресурсів на цьому етапі є скорочення тривалості холодної обкатки, і як наслідок скорочення витрати електроенергії що споживається приводним електродвигуном. При цьому необхідно забезпечити достатній рівень припрацювання пар тертя.

В період холодної обкатки зменшення тривалості припрацювання можна добитися шляхом правильного вибору режимів обкатки двигунів і застосування спеціальних добавок.

Одним способів що дозволяє скоротити тривалість холодної обкатки є впровадження технології адаптивної обкатки. Адаптивність обкатки полягає в провадженні технології з використанням якої тривалість проведення холодної обкатки дизеля тепловоза визначається в залежності від ряду параметрів які характеризують технічний стан дизеля. В якості контрольних параметрів приймають: значення температури по циліндрах, обертовий момент, частоту обертання. Адаптивність обкатки полягає в перенесенні навантаження на ті циліндри, які помітно відрізняються від інших за потужністю механічних втрат. Перелічені способи мають недоліки які пов'язані з великою кількістю контрольних приладів та значною тривалістю підготовки до процесу обкатки.

Для удосконалення технології обкатки дизелів може бути впроваджено спосіб визначення тривалості холодної обкатки на основі аналізу струму привідного електродвигуна. Суть цього методу полягає в тому що привідний електродвигун з'єднують з датчиком, яким вимірюють струм привідного електродвигуна, синхронізують отримані сигнали



струму за порядком роботи циліндрів дизеля за допомогою сигналу від датчика синхронізації частоти обертання колінчастого вала, таким чином отримують струмові характеристики припрацювання циліндрів дизеля тепловоза. За допомогою цієї характеристики виконується спостереження за процесом припрацювання циліндрів, що в свою чергу дозволить адаптувати процес холодної обкатки відповідно до технічного стану кожного циліндра дизеля. Реалізація такого підходу дозволяє в потрібний момент закінчувати обкатку циліндра тим самим скорочуючи як витрату електроенергії, в наслідок зменшення моменту опору, так і виключити зайве зношування елементів шатунно-поршньової групи циліндрів які вже завершили обкатку.

### **ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ ПАЛИВА МАГІСТРАЛЬНИМИ ТЕПЛОВОЗАМИ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Автор – Птахін В. Ю., студент групи ЛГ1826

Науковий керівник – к. т. н., доцент Очкасов О. Б.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Залізничний транспорт є одним з найбільших споживачів дизельного палива в країні. Зменшення споживання дизельного палива тепловозами на тягу поїздів і маневрову роботу має велике значення для залізниць України, тому що пов'язані із цим витрати становлять істотну частину загальних експлуатаційних витрат. В експлуатаційних витратах локомотивного господарства на паливо доводиться близько 40 % загальних витрат. Витрата дизельного палива тепловозною тягою по родах служби розподіляється в такий спосіб: у вантажному русі 84,1 %, пасажирському 11,1 %, господарському 3,4 % манєврова робота 0,9 % і приміський рух 0,41 %. Тобто витрата у вантажному русі є найбільшою, і зниження експлуатаційної витрати палива існуючими і новими вантажними магістральними тепловозами найбільш ефективний напрямок зниження витрат на енергоносії.

Підвищення паливної економічності тепловозів можна забезпечити за рахунок як конструктивних заходів, здійснюваних заводами виготовлювачами, так і поліпшення використання локомотивів, що досягається в локомотивних депо. Крім того, одночасно вирішується супутнє завдання забезпечення більшої екологічної чистоти тепловозів шляхом зменшення змісту шкідливих речовин у вихлопних газах тепловозних дизелів. В останні роки в різних областях промисловості й транспорту активно впроваджуються керуючі системи на базі електронної техніки. Заміна системи управління силовою установкою тепловоза з гідромеханічної на мікропроцесорну відкриває широкі можливості по підвищенню якості регулювання, що повинне привести до зниження експлуатаційної витрати палива тепловозом, зниженню витрат на технічне обслуговування й ремонт силової установки. Цей спосіб зниження витрати палива може бути застосований тільки при модернізації тепловозів в умовах заводу.

Витрати на паливо й електроенергію на залізницях завжди були значними. Незважаючи на деяке зниження в останні роки їхньої частки, потенціал економії експлуатаційних витрат за рахунок скорочення витрати енергоресурсів у галузі й сьогодні залишається досить суттєвим, а можливість активного впливу на нього за допомогою технічних і технологічних новацій досить велика. З урахуванням росту цін на енергоресурси робота в цьому напрямку стає ще більш актуальною.

Чималим резервом економії енергоресурсів є скорочення витрати палива тепловозами «гарячого» резерву, дизелі яких працюють у самому неекономічному режимі – режимі самопрогріву. В цілому по мережі залізниць на прогрів тепловозних двигунів витрачається більше 5% усього дизельного палива, яке споживається локомотивами. У зимових умовах експлуатації ці витрати палива зростають. Така непродуктивна витрата палива займає значну частку в загальних витратах тепловозних депо, оскільки вартість палива в них стано-

вить 50-55% всіх експлуатаційних витрат. В зв'язку із цим розробці різних конструктивних й організаційно-технологічних заходів, спрямованих на зменшення витрат дизельного палива на прогрів тепловозів, приділяється велика увага.

Ефективність використання палива на тягу в депо багато в чому безпосередньо залежить від кваліфікації машиніста. Машиністи мають у своєму розпорядженні сучасні технології: автоматичні системи пуску й відключення дизеля, джерела живлення власних потреб, мікропроцесорні системи контролю боксування й подачі піску. Зараз є технічні засоби, які можуть підказати машиністові, раціональний режим ведення поїзда. В основу таких систем покладені тягові розрахунки, і отримані на їхній підставі режимні карти ведення поїзда.

### **ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ 3D-ДРУКУ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ ЛОКОМОТИВА**

Автор – Жовніренко О. С., студент групи ЛГ1821

Науковий керівник – к. т. н., доцент Очкасов О. Б.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Робота є актуальною з точки зору впровадження цифрової платформи 3D-друку деталей необхідних при модернізації та ремонті локомотивів. Технології тривимірного друку розвиваються дуже швидко, особливо в сфері машинобудування. Перевагою 3D-друку деталей є відсутність необхідності у виготовленні мінімальної партії, як це потрібно при промисловому виробництві. Використання тривимірних принтерів при виготовленні деталей дозволить не тільки зменшити час поставок, а й впровадити нові технології в виробничі процеси.

Виготовлення деталей ведеться за допомогою адитивних технологій, або технологій пошарового синтезу. Принтер зчитує файл з комп'ютерної 3D-моделі виробу і створює її, послідовно наносячи шари рідкого, порошкоподібного, паперового або іншого матеріалу. Існує безліч варіантів технологій, що потрапляють під визначення адитивного виробництва. Один варіант, виглядає привабливо в контексті виробництва компонентів для залізничної галузі, це струменево-порошковий 3D-друк, де шари порошку склеюються байндером, а одержувані заготовки спікаються в печах. Ця технологія дещо складніше, ніж деякі інші методи адитивного виробництва, зате дозволяє знижувати собівартість.

Сферою використання 3D технологій в локомотиворемонтному виробництві є виготовлення запасних частин для тих серій локомотивів які вже зняті з серійного виробництва. На початковому етапі на тривимірному принтері створюють деталі, часто виходять з ладу або ламаються, наприклад, рукоятку перемикачів напрямку руху локомотива, замок котушки АЛС, конектори, елементи панелі управління і інші порівняно прості деталі.

Корпорація General Electric налагоджує 3D-друк деталей залізничного транспорту, включаючи комплектуючі для перспективних локомотивів підвищеної екологічності на гібридній дизель-електричній тязі. General Electric давно, і успішно займається виробництвом локомотивів, займаючи лідируючу позицію на північноамериканському ринку, а до 2025 року має намір випускати близько 250 найменувань запасних частин за допомогою 3D-друку.

Досвід виготовлення запасних частин для локомотивів з використанням 3D друку має Латвійська компанія Baltic3D. Компанія виготовляє понад 20 видів запасних частин для вентиляційної та інших систем локомотивів що модернізуються.

Початкові розрахунки свідчать, що суттєву перевагу за витратами при використанні 3D-принтера очікується, наприклад, при виробництві лампи-індикатора: використовувані досі лампи часто виходять з ладу і при цьому є нерозбірними, тому при перегорання діода

доводиться замінювати лампу цілком. А її придбання обходиться в 90 євро. У той же час виготовлення лампи, придатної для тих же цілей, за допомогою тривимірного принтера може обійтися в п'ять разів дешевше – до 17 євро, причому ця технологія дозволяє заощадити і час, так як за добу можна виготовити 20 подібних ламп.

Будь-яка деталь, виготовлена з використанням тривимірного принтера, перш за все має пройти тестування, за результатами якого будуть надані пропозиції щодо поліпшення дизайну і функціональності деталей. При цьому підприємства будуть проводити різні аналізи і тести, щоб оцінити відповідність виготовлених за допомогою тривимірного принтера деталей вимогам якості, в тому числі безпеки і витривалості.

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТИПУ РУХОМОГО СКЛАДУ ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАНЕВРОВОЇ РОБОТИ**

Автор – Федорова М. В., студентка групи ЛГ1821

Науковий керівник – к. т. н., доцент Очкасов О. Б.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Маневрова робота є важливою частиною перевізного процесу. Значна частина коштів, витрачаються на перевезення, витрачається саме на виконання маневрової роботи.

На маневрах найбільш часто використовують маневрові тепловози. На електрифікованих лініях іноді застосовують електровози. Як маневрових засобів в окремих випадках використовуються мотовози, маневрові лебідки, пароаккумуляторний та акумуляторний локомотив.

Найбільш задіяними в маневровій роботі на залізницях України є тепловози серії ЧМЭЗ. Однак аналіз режимів роботи маневрових машин різних серій показує, що тривалість роботи дизеля на холостому ходу досягає до 50% часу, відсоток часу на повної потужності не перевищує 7%, а фактична завантаження дизеля не перевищує 50-60% його номінальної потужності. Для рушання складів з місця і розгону потрібні велика зчіпна вага і великі тягові зусилля, що реалізуються короткочасно, під час прискорень. Основною витратою є витрати на паливо. Одним маневровим тепловозом на місяць витрачається від 7 до 8 т. дизельного палива

В даний час на ряді станцій і депо для перестановки рухомого складу використовуються магістральні електровози різних серій. Також електровози використовуються для насування составів на сортувальну гірку. Однак очевидно, що технічні характеристики таких машин не в повній мірі відповідають маневровим режимам роботи. Одним з виходів з такої ситуації є створення спеціалізованих маневрових електровозів, які на електрифікованих лініях має істотні переваги перед тягою тепловоза, тому що не вимагає великих витрат на технічне обслуговування і поточне утримання. Цим забезпечується висока експлуатаційна готовність і безвідмовність в роботі.

Застосовуються в залізничній галузі також маневрові лебідки. Одна маневрова лебідка здатна перемістити до 17 ж/д вагонів або платформ, з масою до 1,2 тис. тонн, не враховуючи при цьому масу самого складу. З цієї причини її застосовують не тільки в комплектації маневрового пристрою, але і в якості його самого. Такі лебідки дають можливість скоротити витрати на подібні роботи, і обійтися без використання маневрового тепловоза. Ще одним важливим плюсом в маневровій лебідки, є її економічний електродвигун, за допомогою якого досягаються мінімальні енерго витрати при експлуатації.

Одним з перспективних напрямів маневрової роботи є заміна потужних маневрових локомотивів більш економічними сучасними тяговими засобами, наприклад, маневровими тягачами (локомотивами). Тяговим приводом для руху по рейковому шляху є колеса автомобіля, а напрямні рейкові колеса потрібні лише для утримання локомотива на рейках

при русі з максимальною швидкістю до 50 км/год. Одною з переваг є сучасна силова установка. Вона завдяки низькому рівню викидів шкідливих речовин у порівнянні з маневровими локомотивами екологічно чистіша, у якій фактичний вміст шкідливих речовин у вихлопних газах, зазвичай, відповідає сучасним європейським нормам. Також перевагою цієї техніки є скорочення непродуктивних маневрів і простоїв « на холостому ході ».

Суттєве зменшення сумарних витрат в частині енергетичних витрат перевізного процесу реально можливе, якщо маневрову роботу на станції буде виконувати тягово-маневрова машина СТММ ПАЛ 9П (пароаккумуляторний локомотив). Дана машина не потребує традиційного палива, а використовує технологічну пару, одержувану від стаціонарних парових котлів підприємств. За своїми тяговим властивостям СТММ ПАЛ 9П майже повністю еквівалентна маневровому тепловозу. Знижуються витрати, пов'язаних з періодичними ремонтами та технічними оглядами СТММ (орієнтовно на 90%), в порівнянні з аналогічним обслуговуванням тепловозів. Працює в запилених і забруднених умовах, без зниження ресурсу.

Головними перспективами вирішення цієї проблеми є впровадження локомотивів з аккумуляторними накопичувачами енергії. Перевагами застосування аккумуляторних батарей є значне скорочення витрат при експлуатації транспортного засобу. Недоліком батарей залишається система їх зарядки, яка потребує значних витрат часу але для маневрових тепловозів, які працюють за змінним режимом, середній простій тепловоза під час зміни локомотивних бригад і проведення ТО складає близько 2-3 години на добу, чого абсолютно достатньо для забезпечення повного циклу обслуговування і зарядки аккумуляторів.

Отже, вибір типу рухомого складу для маневрових робіт виконується на базі аналізу умов експлуатації, режимів роботи маневрових локомотивів, технічного обслуговування, тощо.

#### **УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН**

Автор – Євтухов А. А., студент групи ЛГ1821

Науковий керівник – к. т. н., доцент Очкасов О. Б.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Тягові електричні машини, і в першу чергу тягові електродвигуни (ТЕД) являють собою один з найбільш відповідальних видів тягового обладнання у конструкції будь-якого локомотива з електричною передачею потужності. Від їх працездатності в умовах експлуатації і технічних характеристик у визначальній мірі залежить загальний рівень надійності і використання тягових можливостей локомотива в цілому.

При організації процесів діагностування виникають питання оцінки ефективності методів діагностування ТЕД. Найбільш важливими показниками є: повнота контролю, глибина пошуку несправностей, достовірність контролю.

Для діагностування тягових електродвигунів використовуються основні методи діагностування:

- неруйнівний контроль – включає в себе такі методи: електричний, вихроструменевий, тепловий, радіохвильовий, ультразвуковий, віброакустичний.
- руйнівний контроль – остання єдино можлива технологічна операція, що дозволяє виявляти неприпустимі дефекти в технічних об'єктах і тим самим запобігати виникненню надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті.

Розглянемо поширені методи неруйнівного контролю.

Ультразвукова дефектоскопія – цей метод заснований на здатності ультразвукових хвиль проникати в метал на велику глибину і відбиватися від дефектних ділянок, що знаходяться в ньому. У процесі контролю пучок ультразвукових коливань від віброуючої пластини вводиться в контрольований шов. При зустрічі з дефектною ділянкою ультразвуко-

ва хвиля відбивається від неї і уловлюється іншою пластиною, яка перетворює ультразвукові коливання в електричні. Ці коливання після посилення подаються на екран електронно-променевої трубки дефектоскопа у вигляді імпульсу, що свідчить про наявність дефектів. До переваг ультразвукової дефектоскопії відносяться: можливість виявлення внутрішніх дефектів, велика проникаюча здатність, висока чутливість, можливість визначення місця та розміру дефекту. Разом з тим, метод має ряд негативних особливостей. До них відноситься: необхідність спеціалізованої методики контролю окремих типів виробів, високої чистоти поверхні деталі в місці контролю, що особливо ускладнює дефектоскопію наплавлених поверхонь.

Вихроструменева дефектоскопія дає можливість виявлення поверхневих і під поверхневих дефектів. Він заснований на використанні дії вихрових струмів, що виникають у поверхневому шарі контрольованої деталі від проникання його магнітним потоком, на первинну або особливу вимірювальну котушку. Сутність методу полягає в наступному. Якщо до контрольованої поверхні наблизити котушку, по якій протікає змінний струм, то в металі виникнуть замкнуті вихрові струми. Величина цих струмів залежить від частоти збуджувального струму, електропровідності і магнітної проникності матеріалу виробу, відносного розташування котушки і деталі, від наявності на поверхні дефектів, типу порушення суцільності. Магнітне поле вихрових струмів спрямоване проти основного магнітного потоку і значно гасить його, що може бути виміряно величиною повного опору генеруючої котушки. У разі зміни вихрових струмів, змінюється і повний опір. Зміна величини вихрових струмів може бути виявлено за допомогою іншої (вимірювальної) котушки.

Віброакустичний метод – це найбільш ефективний з відомих методів технічної діагностики двигунів. Метод дозволяє на працюючому двигуні вести виявлення ключових дефектів, що визначають його надійність і ресурс, проводити локацію розташування дефектів, контролювати і керувати їх розвитком.

Поліпшення цих методів можна досягти шляхом впровадження сучасних засобів діагностування та випробування, а також удосконаленням існуючих технологій і методів контролю технічного стану електродвигунів.

## **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВОДНЕВИХ СИЛОВИХ УСТАНОВОК НА ЛОКОМОТИВАХ УКРАЇНИ**

Автор – Потась Н. А., студент групи ЛГ1821

Науковий керівник – к. т. н., доцент Довбня М. П.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Всім відомо, що запаси нафти на нашій планеті обмежені. І цілком можливо, в недалекому майбутньому нас чекає дефіцит нафти. Вже сьогодні ціна на дизельне паливо та бензин досить висока. Даний факт стимулює розвиток альтернативних джерел палива, і бажано поновлюваних. На цю роль відмінно підходить водневий двигун, паливом для якого служить водень. Ще в п'ятдесяті роки минулого століття з'явилася ідея використовувати водень, як ефективне, екологічне і недороге паливо. На сьогодні розробки водневого двигуна досить перспективні, тому що дозволяють не турбуватися про запаси нафти та інших вичерпних ресурсів, що застосовуються у вигляді палива. Ще істотний плюс водневого двигуна, це те, що він не завдає шкоди навколишньому середовищу, так як побічними продуктами його роботи є вода і тепло.

Залежно від принципу роботи, водневі двигуни можна поділити на декілька типів:

1. Двигун на основі паливних елементів.

Водневі двигуни цього типу мають дуже велику вартість через вміст в їх конструкції таких дорогих і рідкісних металів, як паладій і платина. Принцип роботи цієї технології,

що в процесі фізико-хімічних реакцій в паливному елементі відбувається розщеплення водню і виробляється електроенергія.

## 2. Двигун внутрішнього згоряння на водні.

Двигуни цього типу сильно схожі на широко застосовуються в даний момент двигуни на пропані. Так як у них дуже схожі принципи роботи, то для переходу з пропану на водень досить просто переналаштувати двигун. І вже існує досить велика кількість наукових зразків подібних двигунів на водні. Але ККД цього методу нижче, ніж у паливних елементів.

Широке впровадження водневого палива поки стримується більш високою ціною водню в порівнянні із звичним рідким і газовим паливом, відсутністю необхідної інфраструктури. Проміжним рішенням можуть стати суміші традиційного палива з воднем. Водень може використовуватися для поліпшення займистості бідних сумішей в ДВС, що працює на традиційних видах палива. Наприклад, HCNG – суміш водню з природним газом.

Робляться установки, що виробляють водень з дистильованої води на борту транспортного засобу. Далі водень додається до дизельного палива. Такими установками оснащуються важкі вантажівки і гірська техніка. Вважається, що це дозволяє скоротити витрату палива і збільшити потужність двигуна і зменшити екологічну шкідливість викидів, хоча існують і інші точки зору.

На даний момент найбільш привабливим використанням такого типу силових установок в Україні є на маневрових автономних локомотивах с попередньою їх модернізацією (заміною силової установки).

Також перспективним є використання водневих двигунів на приміському залізничному транспорті. Наприклад, у Німеччині с 2021 року обіцяють, що 14 таких поїздів будуть здійснювати постійні пасажирські перевезення між чотирма німецькими містами. Відповідний договір транспортне відомство підписало з фірмою-виробником Alstom, а також компанією Linde, яка відповідатиме за технічне обслуговування та поставку водневого палива.

Отже, використання такого альтернативного палива у майбутньому має бути однією з основних цілей Світових та Українських залізничних господарств.

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЧАСТОТИ ТЕПЛОВОЗІВ З ЕЛЕКТРИЧНОЮ ПЕРЕДАЧЕЮ ЗМІННОГО СТРУМУ**

Автор – Москаленко А. О., студент групи ЛГ1821

Науковий керівник – к. т. н., доцент Красильников В. М.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Передачу змінного струму на тепловозах неможливо створити без застосування регульованих електроприводів змінного струму на основі асинхронних тягових двигунів (АТД) з живленням від перетворювача частоти (ПЧ). Доцільність використання електричної передачі такого типу на тепловозах потрібно розглядати в контексті впровадження інших технічних рішень, які можуть бути використані при цьому (використання тягових ПЧ для індивідуального регулювання роботи кожного АТД, використання допоміжних ПЧ для живлення допоміжного обладнання тепловоза та інші технічні рішення). Завдяки цьому передача змінного струму з АТД дозволяє вирішити задачу покращення показників залізних доріг. Повна уніфікація механічного та електричного обладнання в поєднанні з відносно простими за конструкцією АТД та безконтактним перетворювальним обладнанням дозволяють підвищити надійність сучасних тепловозів, скоротити терміни їх технічного обслуговування та ремонтних робіт, тим самим збільшуючи час їх добової роботи. Збільшення потужності АТД дозволяє підняти розрахункову швидкість і силу тяги тепловозів, що сприяє збільшенню загальної маси складу. Збільшення останньої – дозволяє зменшити кількість тягових одиниць для здійснення заданого обсягу роботи, зменшити кількість і

оборот вагонів і, як наслідок, знижує капітальні та експлуатаційні витрати. Тому розробка і удосконалення передачі змінного струму з АТД було перспективним напрямком як в минулому столітті (тепловози ТЭ120, 2ТЭ137), так і в теперішньому (тепловози 2ТЭ25А, ТЭ33А).

В передачі змінного струму з АТД тяговий ПЧ складається з некерованого випрямляча та автономних інверторів напруги (АІН). ПЧ визначає найважливіші масогабаритні, енергетичні, вартісні показники та регульовальні характеристики. Від конструкції та технології виготовлення ПЧ залежить експлуатаційна надійність електрообладнання тепловоза та його ремонтпридатність. Тому сучасні ПЧ виготовляються тільки на основі надійних та високотехнологічних біполярних транзисторів з ізольованим затвором (Insulated-Gate Bipolar Transistors – IGBT). Вони є основною складовою силової електроніки для створення силових ключів АІН.

У світі є трохи більше десятка фірм, що спроможні займатися розробкою та виробництвом IGBT (Infineon, Mitsubishi, ABB, Semikron, Fuji та інші). У конкурентній боротьбі між собою ці фірми постійно покращують технології виробництва IGBT з метою покращення їх техніко-економічних показників і завоювання ринку збуту. Але розроблення технології виробництва напівпровідникових приладів є дуже складною задачею, тому що покращення одних параметрів майже завжди призводить до погіршення інших параметрів. Тому в презентаційних статтях виробники модулів IGBT завжди підкреслюють кращі параметри своїх модулів і замовчують про погіршені параметри. Зважаючи на це, навіть маючи доволі повний технічний опис (даташит) IGBT-модуля від виробника, досить складно визначити який виробник виготовляє кращі модулі IGBT на певну напругу, струм і частоту. Саме тому актуальною метою є проведення аналізу підбору IGBT-модуля в конкретно взятому випадку (для конкретного значення напруги, струму та діапазону робочої частоти) та запропонування методики підбору IGBT-модулів для ПЧ тепловозів з передачею змінного струму, в основі якої буде покладено визначення комплексних критеріїв, що представляють найкращу сукупність параметрів IGBT, які умовно можна назвати критеріями якості. Ці критерії якості дозволяють визначити IGBT-модуль, який за своїми електрофізичними параметрами є кращим для проектування кожного конкретного типу перетворювача. Як наслідок, у подальшому це дозволить удосконалювати ПЧ шляхом заміни базових IGBT-модулів на сучасні більш якісні модулі.

#### **ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕДАЧ СУЧАСНИХ ТЕПЛОВОЗІВ З МАШИНАМИ ЗМІННОГО СТУМУ**

Автори: Сидоренко Ю. О., студент групи ЛГ1511,

Ярема І. О., студент групи ЛГ16120

Науковий керівник – к. т. н., доцент Красильников В. Н.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Прагнення спростити конструкцію тягових електродвигунів, понизити їх масу і вартість, підвищити надійність роботи, звести до мінімуму потребу в їх обслуговуванні і ремонті привело до створення для тепловозів передачі змінно-змінного струму. У такій передачі застосовуються і тяговий генератор, і тягові електродвигуни змінного струму.

Тепловоз ТЕ120 – макетний магістральний вантажний тепловоз з електропередачею. Осьова формула (30 – 30). Рік випуску – 1975.

Випробування: у грудні 1978 року тепловоз здійснив першу поїздку по шляхах МПС в ході налагоджувальних випробувань. У 1979 р ВНИТИ проводив випробування тепловоза в експлуатаційних умовах на ділянці Ново-Кондрашевська – Старобільськ Донецької залізниці. Випробування показали, що при швидкості 35-100 км/год коефіцієнт корисної дії

тепловоза становить 0,29, а ККД передачі при швидкості 55-57 км/год досягає 0,85. Встановлено також, що тепловоз при швидкостях нижче 35-40 км/год схильний до буксування. На підставі результатів випробувань макетного зразка тепловоза з асинхронними тяговими електродвигунами була зроблена рекомендація про будівництво двохсекційного тепловоза 2ТЕ120.

На основі даних, отриманих під час випробувань та деяких конструктивних особливостях тепловоза 2ТЕ120 був створений магістральний тепловоз 2ТЭ25А «Вітязь» – сучасний вантажний тепловоз з асинхронним тяговим приводом та, як наслідок, електричною передачею змінно-змінного струму. Потужність тепловоза по дизелю складає  $2 \times 2500$  кВт, осьова формула –  $2 \times (30 - 30)$

На тепловозі 2ТЭ25А застосований комплект електрообладнання, характерними відмінностями якого від електрообладнання серійних тепловозів з електричною передачею змінно-постійного струму являються:

- застосування замість двох електричних машин (тягового і допоміжного генераторів), однокорпусного тягового агрегату;
- використання тягових асинхронних електродвигунів з короткозамкнутим ротором, та інші.

Асинхронний тяговий двигун АД917УХЛ1 потужністю 350 кВт та максимальною частотою струму статора 125 Гц, отримує живлення від автономних інверторів напруги (АІН) IGBT-транзисторах, які входять до складу тягового статичного перетворювача частоти (СПЧ), який в свою чергу живиться від синхронного тягового генератора.

Тяговий агрегат АСТГ2800/400-100 з незалежним збудженням призначений для живлення через випрямний інверторний модуль асинхронних тягових електродвигунів, системи самозбудження та енергоспоживачів допоміжних систем. Номінальна потужність тягового агрегата 2300 кВт, він складається з тягового і допоміжного синхронних трифазних генераторів, які виконані в одному корпусі.

Тяговий СПЧ М-ТЗТП-Т-1-У2 призначений для живлення АТД при їх роботі як в режимі тяги, так і в режимі електричного гальмування. Випрямляч тягового СПЧ виконаний за схемою, що передбачає послідовне з'єднання в групу двох трифазних мостів, живлення кожного з яких здійснюється від однієї з двох трифазних обмоток статора тягового генератора.

Тяговий генератор марки GE 5GMG205 являє собою електричну машину змінного струму. В якості генератора використовується трифазна синхронна колекторна машина, що складається з двох основних елементів: нерухомої частини – статора і рухомий обертається частини – якоря (ротор).

Тяговий електродвигун марки GE 5GEB30 являє собою трифазну асинхронну електричну машину з короткозамкненим ротором. Кожна колісна пара приводиться в обертання індивідуальним тяговим електродвигуном. Складається з трьох основних компонентів: станина (корпус), статор і короткозамкнений ротор.

На тепловозі ТЕ33А також застосовані асинхронні трифазні електричні машини з короткозамкненим ротором. Даний тип електричних машин є найбільш простими за конструкцією, дешевими у виготовленні, найнадійнішими в експлуатації, не вимагають великих витрат на обслуговування і ремонт, має мінімальну масу на одиницю потужності і високий коефіцієнт корисної дії.

Пускова характеристика двигуна з короткозамкненим ротором при постійній частоті забезпечує плавність моменту при рушанні до максимального значення з ростом швидкості. Зовнішня характеристика асинхронного двигуна жорстка, таку ж характеристику мають двигуни постійного струму незалежного збудження.



## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В УКРАЇНІ

Автор – Бабченко Є. К., студентка групи ЛГ1611

Науковий керівник – асистент Шепотенко А. П.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Залізничний транспорт в Україні є однією з базових галузей економіки. Це залізничний транспорт загального користування, підпорядкований Державній адміністрації залізничного транспорту України, та залізничні під'їзні колії різних форм власності, які не належать до залізничного транспорту загального користування.

Важливість залізничного транспорту полягає, по-перше, у тому, що Україна знаходиться на шляху між країнами Європи та Азії, які стрімко розвиваються. Через територію України проходять транспортні коридори як Схід – Захід та Балтика – Чорне море. По-друге, він має такі переваги як низькі тарифи, відносна безпека і регулярність перевезень.

Зараз значна частина залізничних колій та залізничних терміналів не відповідає європейським стандартам. Якщо розглядати пасажирські перевезення, то проблемою є відсутність належного рівня сервісу на залізничних вокзалах та в самих поїздах, поганий санітарний стан вагонів, відсутність розваг протягом тривалої дороги (відеозал, дитячі вагони). Все це робить подорож залізницею малоприємною для пасажирів. Щодо вантажоперевезень, то тут проблемою є неефективні схеми навантаження та розвантаження потягів, занепад гілок, що рідко використовуються. Вирішення цих проблем потребує значних капіталовкладень, але основною проблемою є пошук необхідних коштів.

Необхідними умовами для ефективного реформування залізничного транспорту є:

- збереження залізниць у державній власності;
- забезпечення функціонування і розвитку залізничного транспорту як єдиного виробничо-технологічного комплексу, що характеризується високим рівнем централізованого управління, та надання можливості для концентрації матеріальних і фінансових ресурсів і розпорядження ними;
- системний підхід до проведення реформ;
- адаптація системи управління залізничним транспортом до ринкових умов господарювання;
- підвищення ефективності діяльності та інвестиційної привабливості галузі;
- узгодження принципів управління залізничним транспортом та організаційно-правової форми господарювання з нормами європейського законодавства;
- стимулювання підприємницької ініціативи, посилення мотивації праці та підвищення рівня соціальної захищеності залізничників.

Основними напрямками реформування галузі є:

- розмежування господарських функцій і функцій державного управління;
- утворення єдиного суб'єкта господарювання на базі Укрзалізниці, залізниць та інших підпорядкованих їй підприємств, установ та організацій;
- розмежування в системі залізничного транспорту природно-монопольного і конкурентного секторів, створення умов для демонополізації окремих сфер діяльності галузі та розвитку конкуренції, забезпечення доступності інфраструктури залізниць для користувачів;
- формування структури управління за видами комерційної діяльності, поступове роздержавлення конкурентного сектору;
- удосконалення системи тарифів на послуги залізничного транспорту.

На сьогоднішні реалії Укрзалізниці такі: прагнення збільшити темпи економічного розвитку галузі з абстрактної категорії в конкретну реальну перспективу.

Головний принцип подальшого функціонування залізничного транспорту України – це збереження нинішнього потенціалу національної залізничної системи, її ролі як однієї з базових галузей економіки України, зміцнення її позицій на ринку транспортних послуг.

## **ОЦІНКА ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ГАЛУЗІ В УКРАЇНІ**

Автор – Колісник Д. І., студентка групи ЛГ1511

Науковий керівник – асистент Шепотенко А. П.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Серед усіх видів транспорту в Україні, як і в багатьох країнах, провідне місце займає залізничний транспорт, що пояснюється його універсальністю: можливістю обслуговувати всі галузі економіки і задовольняти потреби населення в перевезеннях практично у всіх кліматичних зонах і в будь-який час. Подальший розвиток залізничної галузі стає важливим державним завданням, від вирішення якого залежить економічний і соціальний розвиток держави, її інтеграція у світове співтовариство.

На відміну від підприємств промисловості залізничний транспорт не тільки самий фондоемний, в його структурі знаходяться в експлуатації сотні, тисячі різноманітних машин, серед них найбільш чисельним є рухомий склад: пасажирські і вантажні вагони, електровози і тепловози для пасажирського і вантажного руху, а також для маневрової роботи, крім того, експлуатуються сотні дизель-поїздів, електросекцій та ін. Тому їх заміна на більш технічно досконалу техніку проходить поступово, більш повільніше, ніж в інших галузях промисловості чи навіть в інших видах транспорту (наприклад, історія розвитку авіації за 100 років чи автомобілебудування). У цьому зв'язку парова тяга проіснувала на залізничних дорогах майже 150 років і зараз на Львівській залізниці ще експлуатуються паровози.

Тепловоз був винайдений на початку ХХ століття а широкого поширення отримав у період дизелізації й електрифікації залізниць у 1960-1970 рр. Технічна реконструкція тяги на залізничному транспорті стала справжньою революцією, яка дозволила скоротити штати локомотивних бригад при зростанні перевезень, підвищити середню масу поїздів і швидкість руху, скоротити більш ніж в 3 рази енергетичні витрати на переміщення потягів, істотно знизити собівартість перевезень, скоротити шкідливий вплив залізничного транспорту на природу. З соціальних позицій робота машиніста локомотива чи локомотивних бригад стала чистою, більш легкою і привабливою.

До впровадження електричної і дизельної тяги залізничний транспорт на тягу поїздів споживав п'яту частину вугілля, що видобувалося, і не тільки кам'яного вугілля, а кращого вугілля, тому що в топках паровозів використовувалися спеціальні марки вугілля. Наприклад, залізниці після заміни паровозів на електровози при середньорічному зростанні обсягів перевезень на 5-6% багато десятиліть працювали без збільшення штату локомотивних бригад у цілому по мережі залізниць.

Більш тривалішим періодом (майже 80 років) відзначається впровадження на залізничному транспорті автоматичного гальмування. До впровадження цього винаходу на всіх потягах слідувала кондукторська бригада, яка складалася з декількох чоловік.

Також одним із найбільших технічних заходів була заміна підшипників ковзання на підшипники кочення чи заміни польстерних букс вантажних вагонів на роликові, яка проходила з 50-х років і була закінчена на початку 90-х років минулого століття.

Технічний стан тягового рухомого складу – одна з основних проблем Укрзалізниці (УЗ) в теперішній час. Парк електровозів практично повністю зношений і потребує оновлення.

Єдиним можливим виробником українських локомотивів сьогодні є Крюківський вагоноремонтний завод (КВБЗ). Раніше локомотиви випускав Луганський тепловозобудів-

ний завод (ПАТ Луганськтепловоз), поставки з якого зараз заблоковані, і НПК Електро-зобудування (колишній Дніпровський електровозобудівний завод). На сьогодні він також не може випускати магістральні електровози для шляхів загального користування.

У найближчі 10 років УЗ необхідно повністю замінити 95% парку електровозів, який зараз становить 1 700 одиниць. При наявності фінансування цей обсяг може легко покрити КВБЗ.

Створення якісно нового тягового та моторвагонного рухомого складу з використанням сучасних досягнень світового локомотивобудування має забезпечити високі споживчі якості, а універсальність – можливість його використання в умовах перевезень, які постійно змінюються. Переваги нового рухомого складу повинні забезпечувати істотне підвищення надійності, продуктивності і скорочення експлуатаційних витрат, яке, в свою чергу, дозволить отримати кошти для придбання нових локомотивів, електропоїздів і вагонів.

### **ОСОБЛИВОСТІ ТЕ33АС В ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Автор – Кравченко В. С., студент групи ЛГ1611

Науковий керівник – асистент Шепотенко А. П.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

В порівнянні зі старими локомотивами які експлуатуються в ТЧ-3 Мелітополь, а саме 2ТЕ116, ТЕП70, ЧМЕЗ . Середній вік яких складає 30 років , а експлуатаційний ресурс 20 років , стало гостре питання оновлення тепловозного рухомого складу. На заміну старим магістральним локомотивам 2ТЕ116 прийшли нові серії ТЕ33АС фірми «General Electric». Це односекційний шестивісний локомотив потужністю 3356 кВт з 12-циліндровим чотиритактним V-подібним дизелем типу GEVO12. Оснащений мікропроцесорною системою управління з електронним впорскуванням палива і бортовою системою діагностики.

В експлуатації новий односекційний тепловоз здатний замінити двосекційний тепловоз типу 2ТЕ10. Порівняно з попереднім поколінням тепловозів на цих локомотивах знижені шкідливі викиди в атмосферу більше ніж на 40 %, витрати палива і мастила — на 17 %. Данні локомотиви експлуатуються на ділянках зі складним профілем Федорівка-Камиш Зоря-Волноваха-Пологи-Запоріжжя 2. На сьогоднішній день дозвіл на експлуатацію мають машиністи декількох депо, а саме Мелітополь, Пологи, Волноваха, хотілось би відокремити Миколаїв звідки локомотив №2002 повернувся з несправностями, а саме не працюють двірники , буферні фонарі та розпломбовано обладнання.

Отже, як себе зарекомендували данні локомотиви після 3-х місяців експлуатації на Українських магістралях? З позитивного боку:

- зручне управління, за допомогою джойстиків
- всі процеси управління локомотивом автоматизовані. Бортовий комп'ютер контролює температуру: масла, води, буксового вузла. Зручний дисплей показую всю основну інформацію: швидкість, прискорення та гальмування, зусилля на автотчепі в гальмівному і динамічному навантаженні. Реєструються всі параметри з момент початку експлуатації локомотива: тяговому , динамічному, холостому, позиції, все помилки які допустили локомотивні бригади.

- комфортна кабіна машиніста з сучасною звукоізоляцією та шумоізоляцією, кожне скло з підігрівом, локомотиви обладнанні двома печами для підігріву їжі , одним холодильником , ергономічними кріслами, з самої кабіни відкривається добрий огляд за колією і в цілому.

- використання АЛСМУ та касет, дозволило відмовитися від використання швидкостемірних стрічок та писців.

- мала кількість автоматів та контакторів, все це замінено блочною системою, що підвищило надійність локомотива в цілому.

- великий проміжок між ТО-2, який дорівнює 90 діб, локомотиви тільки екіпірують паливом, водою та піском.

- висока економічність.

- композитні гальмівні колодки в парі з динамічним гальмуванням, показали свій високий ресурс.

До недоліків можливо віднести наступні проблеми, а саме:

- локомотивні бригади не мають можливості до позаштатного усунення несправностей. Доступ до повної інформації мають тільки айтішники.

- через малу вагу локомотив схильний до буксування, що негативно сказується на рамі візка, через що можливий ризик виникнення тріщин.

- в зимовий час, якщо гальмівні колодки «холодні» не виправдовують себе. Через те що лід. Вимушені постійно тримати їх «нагрітими», а це в свою чергу негативно відбивається на стані самих колодок.

- якщо в потязі великий об'єм втрати повітря з гальмівної магістралі, то комп'ютер не збирає схему, через що деякий час були вимушені формувати потяги з «нових вагонів».

- недостатній рівень кваліфікації обслуговуючого персоналу.

- не працюють біотуалети.

Отже данні локомотиви себе добре зарекомендують на просторах УЗ, тільки за однієї умови, якщо вони будуть отримувати своєчасний догляд в необхідному обсязі.

#### **ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ПОТЯГІВ НА МАГНІТНІЙ ПОДУШЦІ (MAGLEV)**

Автор – Винник Д. В., студент групи ЛГ1611

Науковий керівник – асистент Шепотенко А. П.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Сучасний розвиток науки і техніки надає можливість будувати високошвидкісні магістралі для залізничного транспорту, середня швидкість рухомого складу на яких складає 200 км/год, а в окремих випадках понад 550 км/год.

Світовий досвід будівництва та експлуатації високошвидкісних магістралей в країнах Європи і Азії свідчить про те, що реалізація таких проектів створює основу динамічного зростання економіки країни і підвищують її стійкість, поряд із власною ефективністю, виступають каталізатором розвитку галузей промисловості, малого та середнього бізнесу, економічного підйому міст і регіонів.

Економіка і добробут суспільства в країні тісно пов'язані з розвитком мережі залізниць, де одним з ключових напрямків є розширення полігону швидкісних і високошвидкісних перевезень між найбільшими агломерациями країни.

Один з випадків досягнення таких швидкостей реалізується завдяки магнітолевітуючій системі в поєднанні з керованим електроприводом на базі лінійних двигунів. Сама ідея створити поїзда на магнітних подушках активно розроблялася ще в початку двадцятого століття. Однак втілити даний проект в той час по ряду причин так і не вдалося. До виготовлення подібного поїзда приступили лише в 1969 р. Саме тоді на території ФРН почали укладати магнітну трасу, по якій повинно було пройти новий транспортний засіб, який згодом назвали так: поїзд-маглев. Запущено воно було в 1971 р. Зараз найактивніші розробки таких систем ведуть: німецька компанія Transrapid, та японська компанія Magnetic Levitation. Швидкість, яку можуть розвинути поїзда на магнітних подушках, можна порівняти зі швидкістю літаків. У зв'язку з цим даний вид транспорту може стати серйозним конкурентом тим повітряним авіалініям, які працюють на відстані до тисячі кілометрів.

Для обох транспортних систем загальним є те, що рух вагонів уздовж колійного полотна в них забезпечується за рахунок використання лінійного електричного синхронного двигуна. Різниця в тому, що в Transrapid для цих цілей застосовується електромагнітна система, а в Magnetic Levitation – електродинамічна.

До переваг такого виду транспорту можна віднести насамперед досить низьке споживання електроенергії (енергія Maglev використовується у три рази ефективніше, ніж у автомобіля і в п'ять разів – ніж у літака), ККД даного потягу вище в порівнянні з ККД сучасних потягів, низький шум, перспективи по досягненню швидкостей перевезення, можливість реалізації швидкісних ліній з відносно великими вертикальними ухілами, що спрощує їх будівництво в гористій місцевості, відносно мале зношення ходової частини. Навіть незначне скорочення або збільшення відстані між магнітами і полотном регулюється силами відштовхування і притягання. Це дозволяє системі бути саморегульованою.

До недоліків даних потягів насамперед потрібно віднести високу вартість будівництва та обслуговування колії, електромагнітне забруднення, можливі перешкоди в роботі електроприладів, ізолюваність ліній та неможливість їх використання для низькошвидкісного сполучення, необхідність спеціальної підготовки персоналу, недостатня електромагнітна сила для забезпечення левітації на малих швидкостях (до 100 км/год), що зумовлює необхідність впровадження в конструкцію ходової частини підтримуючих візків, велика вага магнітів.

Через високу вартість спорудження електромагнітної системи ця технологія поки не набула широкого розповсюдження.

На даний момент поїзда на магнітній подушці експлуатуються тільки в Китаї, Японії та Південній Кореї. Але, зважаючи на переваги такого транспорту та можливість усунення основних недоліків з розвитком технологій, поїзди на магнітній подушці можуть зайняти своє місце в проектах майбутнього (таких, зокрема, як Hyperloop).

### **МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛОВОЗА 2ТЭ116**

Автор – Бабенко Я. В., студент групи ЛГ1511

Науковий керівник – асистент Шепотенко А. П.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

У тепловозних господарствах близько 40% експлуатаційних витрат припадає на придбання дизельного палива. Витрата палива дизель-генератором локомотива визначається в першу чергу конструкційних характеристик дизеля, якістю роботи системи регулювання та режимами навантаження. Розглянемо питання підвищення паливної економічності тепловозів ТЭ116 за допомогою електронних систем регулювання дизель-генераторів. Основними шляхами зниження експлуатаційної витрати палива магістральними тепловозами при роботі під навантаженням є: зниження витрати палива на найбільш часто використовуваних режимах; перерозподіл режимів завантаження силових установок.

З огляду на впровадження на тепловозах 2ТЭ116 мікропроцесорних систем регулювання з'явилася можливість підвищити ефективність застосування секційної тяги при дотриманні таких умов: збереження п'ятнадцятипозиційного управління і застосування алгоритму асинхронного навантаження силових установок; захист дизеля від зниження тиску масла в його масляній системі нижче заданих значень і сигналізації в разі спрацювання цього захисту; обмеження 1мс при перехідних режимах в залежності від тиску наддуву; двоступеневе зниження потужності тягового генератора (ТГ) при буксованні колісних пар і плавне відновлення її після припинення буксування; обмеження потужності ТГ при відключенні одного з ТЕД; обмеження циклової подачі палива при пуску дизеля; забезпечення роботи силових установок в режимі секційних тяги; автоматичне відключення функції ре-

гулювання збудження ТГ при переході на аварійний режим роботи генератора зі збереженням регулювання частоти обертання валу дизеля; обмеження струму ТГ; обмеження напруги ТГ.

Наступні зміни на серійних дизель-генераторах 1А-9ДГ, при проведенні капітального ремонту: мікропроцесорна система управління частоти обертання і потужності ЕРЧМЗОТЗ; зміни геометрії паливних кулаків розподільного вала для збільшення швидкості плунжера; установка модифікованого турбокомпресора, налаштованого на підвищений тиск наддуву; застосування поршнів, що забезпечують підвищений ступінь стиснення.

Проведені стендові випробування вдосконалених дизель-генераторів 1А-9ДГ показали, що при повній потужності дизеля зниження частоти обертання валу з 1000 до 850 хв-1 привело до підвищення механічного ККД в області експлуатаційних режимів на 2,5%. Збільшення ступеня стиснення з 12,4 до 13,5 дозволило підвищити індикаторний ККД у всьому діапазоні робочих режимів. Підвищення швидкості руху плунжера паливних насосів високого тиску з 1,62 до 1,8 м/с збільшило максимальний тиск впрыску з 75 МПа до 90-95 МПа, знизило період затримки самозаймання і зменшив тривалість подачі палива, що також сприяло підвищенню ККД дизеля. Оптимізація характеристик проточної частини турбокомпресора привела до деякого збільшення коефіцієнта надлишку повітря при потужності 20 – 40% від максимальної ефективної потужності дизеля і забезпечила реалізацію номінальної потужності дизеля в діапазоні частоти обертання 850 хв-1.

В ході випробувань отримані наступні переваги: прискорений запуск дизеля; більш точна підтримка частоти обертання валу дизель-генератора на холостому ходу; більш точна підтримка ефективної потужності на всіх позиціях контролера машиніста; підвищена швидкість переходу силової установки з позиції на позицію (на холостому ходу тривалість розгону дизеля при переході по позиціях склало в середньому 2 с, розгін під навантаженням – до 3 с, зниження частоти обертання по позиціях приблизно 2 с.); тривалість розгону вала дизеля з мінімального до максимального значення знизилася, тривалість виходу на номінальну потужність скоротилася і склала близько 45 с (на серійному ДГ близько 55 с), а тривалість зниження частоти до мінімальної – 17 + 20 с; більш плавне рушення тепловоза з місця; роздільне управління рівнем потужності по секціях тепловоза; досягнута практично бездимний робота тепловоза на всіх режимах роботи силової установки, включаючи запуск і перехідні процеси; приблизно в два рази знижена токсичність вихлопних газів.

Система управління автоматично плавно коригує налаштування тепловозній характеристики, забезпечуючи частоту обертання валу дизеля 850 хв-1, при температурі навколишнього середовища +15 °С і нижче, і підвищення частоти до 1000 хв-1 при +40 °С.

Максимальна величина перерегулювання частоти обертання дизель-генератора, зафіксована в процесі проведення випробувань, склала близько 4%, що істотно менше 10% обмеження, зазначеного в Технічних умовах.

Контрольні поїздки з вантажними поїздами, дослідного тепловоза №1360 і серійного №1359 показали, що витрата палива на вимірювач перевізної роботи склав:

- для тепловоза 2ТЭ116 №1360 – 25,0 кг/104 т-км брутто;
- для 2ТЭ116 №1359 – 27,7 кг/104 т-км брутто.

Таким чином, питома експлуатаційний витрата палива у дослідного тепловоза виявився в середньому на 10,8% нижче, ніж у серійного.

## УДОСКОНАЛЕННЯ УТРИМАННЯ ТА РЕМОНТУ ТЕПЛОБМІННИКІВ ДОПОМІЖНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОВОЗА

Автор – Соловеєнко А. О., студент групи ЛГ1821

Науковий керівник – к. т. н., доцент Мартишевський М. І.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

В процесі експлуатації функціональні показники надійності охолоджувальних пристроїв тепловоза (далі – ОПТ) мають тенденцію до погіршення. Нестабільний температурний стан теплоносіїв дизеля (води і масла) призводить: до зниження надійності елементів обладнання силової установки та її експлуатаційного ККД; до погіршення паливної економічності; до підвищеної витрати масла і т.п. В результаті зниження надійності дизеля повсюдно ростуть експлуатаційні витрати і вартість життєвого циклу тепловоза в цілому.

Ефективна робота ОПТ, безпосередньо визначає надійність і довговічність роботи обладнання дизеля, що охолоджується водою і маслом. Крім того, охолоджуючі пристрої тепловоза займають 12-18% обсягу їх кузова; на ОПТ доводиться 85-88% обсягу всього допоміжного обладнання; 7-9% надвізкової маси тепловоза; ОПТ споживають 4-7% номінальної потужності тепловоза на привід насосів і вентиляторів.

Під час роботи дизеля його складальні одиниці і деталі інтенсивно нагріваються і якщо їх не охолоджувати, то дизель практично не зможе працювати. Тому тепло від нагрітих вузлів і деталей відводиться в охолоджувальну воду і масло. Але запаси води і масла на тепловозі обмежені і при роботі дизеля їх температура швидко досягає граничного значення, тому для нормальної роботи дизеля потрібно охолодження води і масла. На тепловозі передбачено охолоджувальний пристрій, основними частинами якого є холодильна камера, теплообмінник і система регулювання температури. В якості охолоджувача використовується повітря навколишнього середовища. Теплообмінники призначені для охолодження водою масла дизеля або гідравлічної передачі. В сучасних тепловозах в більшості випадків застосовують двоконтурну систему охолодження з водомасляним теплообмінником в контурі охолодження наддувочного повітря.

Основними проблемами, з якими зустрічаються при ремонті теплообмінників є забруднення водяної і масляної порожнин, витікання масла з сальнику, протікання трубок, забруднення внутрішньої поверхні.

Відомо, що в трубчато-пластинчастих теплообмінниках протікають одночасно три функціонально-залежних, термодинамічних процесу: теплопередача від теплоносіїв дизеля, в результаті виходить, до атмосферного повітря; падіння аеродинамічного напору повітря, що проходить через решітку секції радіатора теплообмінника; гідравлічний перепад тисків води в системі охолодження до і після радіатора. Багато в чому залежить ефективність роботи теплообмінника.

Найбільш доцільно слід використовувати гладкотрубні теплообмінники із зовнішнім омиванням трубок маслом, так як вони є найбільш простими по конструкції і технології виготовлення і надійними в експлуатації. Наявність прямих трубок не створює труднощів при очищенні внутрішніх поверхонь і заміні пошкоджених трубок. Крім того, трубчаста конструкція дозволяє працювати при порівняно високому тиску теплоносіїв.

Для підвищення інтенсивності передачі теплоти в теплообмінниках необхідно максимально зрівнювати термічні опори тепловіддачі від масла до поверхні охолодження і від неї до охолоджувальної води. Вирівнювання термічних опорів досягається ребрами трубок.

Також пропонується удосконалення теплообмінного устаткування, а саме рекуперативних теплообмінників, що дозволяє істотно знизити частку застосування кольорових металів, поліпшити маса-габаритні характеристики і підвищити їх надійність.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЯГОВИХ РОЗРАХУНКІВ ДЛЯ ПОЇЗДІВ ВШМ

Автор – Швідь М. М., студент групи ЛГ1822

Науковий керівник – к. т. н., старший викладач Кислий Д. М.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Основним завданням теорії тяги є дослідження та розрахунок руху поїздів. У класичній механіці і в технічній кібернетиці також проводять розрахунки руху тіл і систем. Однак цілі і методи вирішення завдань цих трьох споріднених галузей знань мають не тільки спадкоємний зв'язок, а й деякі відмінності, які необхідно мати на увазі при розрахунку і дослідженні руху поїздів.

Для розрахунку руху поїзда повинні бути задані маса складу, серія локомотива, гальмівні засоби, профіль колії, розташування станції на лінії. Потрібно визначити механічний рух і параметри стану рухомого складу, що забезпечують досягнення поставленої мети при дотриманні умов безпеки і надійності роботи локомотива.

З постановки задачі про управління рухом поїзда видно, що мова йде про керований рух складної системи, що переслідує певну мету. Для визначення мети і вибору методу розрахунків руху складних систем широко використовується так званий системний підхід, сутність якого полягає в тому, що для дослідження поведінки системи необхідно враховувати взаємозв'язок різних елементів системи. Взаємозв'язок повинен бути розглянутий не як проста механічна сукупність елементів, а як єдність їх взаємодій в досягненні мети. Отже, поїзд будемо розглядати не як автономну систему, а як ланку в системі залізниці, а його рух – як частину технологічного процесу перевезень. Відповідно до системного підходу мета руху поїзда повинна визначатися виходячи з цільової функції дороги, яка зводиться до забезпечення максимальної пропускної і провізної здатності залізниць шляхом збільшення маси і швидкості руху поїздів. Зрозуміло, управління рухом може переслідувати й інші завдання, але всі вони повинні вирішуватися в рамках основної мети. Цілі можна досягти шляхом управління станом і поведінкою системи. Таким чином, рух поїзда на відміну від природного руху є цілеспрямованим. Так як поїзд є елементом в системі залізниці, то управління його рухом підпорядковане цільової функції, технології перевезень і організації руху поїздів за графіком.

Для дотримання графіка руху машиніст, керуючись режимними картами та власним досвідом, підтримує швидкість руху поїзда, відповідну графіку руху. За умови, що кількість зупинок невелика, ця задача не є складною. У разі великої кількості зупинок, що передбачає зупинки та розгони, задача ускладнюється.

Отже, пропонуємо обрати критерієм оптимальності виконання графіка руху поїздів. При тому, розгін поїзда, якщо розглядати його з точки зору накопичення кінетичної енергії, використовує найбільшу кількість енергоресурсів, тому додатковим критерієм оптимальності вважатимемо прискорення поїзда.

Для реалізації програми енергооптимізації режимів ведення пасажирських поїздів високошвидкісних магістралей пропонуємо використати оптимізований класичний метод тягових розрахунків з впровадженням функції оптимізації по прискоренню, тому очікувані результати розрахунків мають знизити витрати енергоресурсів до 5%, загальний час поїздки без врахування простоїв на станціях має збільшитись до 10%, а технічна швидкість знизитись до 6%. Слід зауважити, що розрахунковий час розгону з використанням функції оптимізації по прискоренню є сталою величиною, що впливає на поліпшення виконання графіка руху поїздів.



## ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ДИЗЕЛЯ 16ЧН26/26

Автор – Тимченко Д. О., студент групи ЛГ1821

Науковий керівник – к. т. н., старший викладач Кислий Д. М.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

Теплота, що виділяється при згоранні палива, тільки частково переходить в корисну, ефективну роботу на валу двигуна. Решта її втрачається з відпрацьованими газами, передається в систему охолодження, навколишнє середовище, тобто складає теплові втрати. Зовнішній тепловий баланс дозволяє оцінити ефективність використання хімічної енергії палива двигуном, розрахувати і підібрати оптимальні конструкції охолоджуючих пристроїв, теплообмінників, вирішити проблему утилізації теплоти, що відводиться в навколишнє середовище.

Значна частка теплоти, що утворюється від згорання палива, навіть на найекономічнішому режимі – номінальному, втрачається в охолоджуючі рідини та з відпрацьованими газами, кількість корисно використаної теплоти складає менше половини від загальної. На режимі холостого ходу значення ефективного коефіцієнту корисної дії дизеля зменшується в рази (в порівнянні з номінальним режимом), що обумовлено зростанням втрат теплоти в систему охолодження, унаслідок неможливості підтримки оптимального теплового стану силової установки при стоянці тепловоза і його роботі на вказаному режимі.

Існує два можливих напрямки використання термічного потенціалу відпрацьованих газів і охолоджуючої води двигунів внутрішнього згорання – забезпечення теплотою споживачів, що її потребують, і отримання додаткової корисної роботи, котра або передається безпосередньо на колінчатий вал двигуна, або використовується для приводу агрегатів силової установки.

Одним з напрямів утилізації теплових втрат з охолоджуючими рідинами дизеля є використання принципу рециркуляції нагрітого повітря між охолоджуючим пристроєм і кузовом тепловоза, що дозволяє теплоту, що віддається в радіаторах тепловозів від охолоджуючої рідини, перепускати в повітрязабірні пристрої дизеля, забезпечуючи підігрів надувочного повітря за рахунок багаторазової його рециркуляції, особливо на часткових режимах і холостому ходу. При цьому теплота не відводиться з охолоджуючого пристрою в навколишнє середовище, а повертається в кузов тепловоза, а отже, в циліндри дизеля.

Прикладом реалізації першого напрямку є варіант утилізації теплоти відпрацьованих газів за допомогою теплообмінника, розташованого в глушнику. Рідина, що прокачується через теплообмінник, нагрівається та може бути використана в холодну пору року для обігріву кабіни, акумуляторних батарей, прискореного прогрівання двигуна.

У сучасних схемах утилізації, що реалізовані за першим напрямком, коефіцієнт використання тепла випускних газів доведений до 45-67%, а тепла охолоджувальних рідин двигуна – до 60-90%.

Теплоутилізаційними схемами передбачено можливість регулювання теплової потужності з утилізатором у широких межах, аж до повного відключення систем обігріву. Спосіб використання вторинних енергоресурсів двигуна й вид застосовуваної для цього теплоутилізаційної схеми залежать від потреб споживача в тепловій енергії, конструктивних особливостей силової установки і її систем, теплового балансу.

## МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ВОДИ ТА МАСЛА НА ТЕПЛОВОЗІ 2ТЭ116

Автор – Ботін О. В., студент групи ЛГ17120

Науковий керівник – старший викладач Децюра О. Я.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

На сьогоднішній день на магістральному тепловозі 2ТЭ116 застосовується привід змінного струму для всіх споживачів допоміжної потужності.

Усі електромотори приводу допоміжного обладнання: мотор-вентилятори холодильної камери, мотор-вентилятори тягових двигунів, та мотор-вентилятори випрямної установки отримують живлення безпосередньо від синхронного тягового генератора типу ГС-501А, який виробляє трифазний електричний струм частотою 100 Гц.

Привід вентиляторних коліс в цій системі нерегульований, що є одним з її недоліків. На тепловозах інших серій привід вентилятора холодильника виконується регульованим в залежності від температур охолоджуючих рідин, що дозволяє заощаджувати витрати енергії в залежності від загального навантаження дизель-генераторної установки та інших зовнішніх факторів. В загальному випадку це виконується за рахунок зміни обертів вентиляторного колеса, якщо це можливо конструктивно та існує система контролю температури охолоджуючої рідини. Витрати на переохолодження дизеля можуть сягати 10-11 кВт.

На тепловозі 2ТЭ116 встановлені 4 вентиляторних колеса діаметром 1100 мм. Вентиляторами і приводом жалюзі керує чотириграничне термореле типу ТПД-4П з твердим наповнювачем. Витрата повітря через секції радіаторів визначається кількістю працюючих вентиляторів і частотою обертання їх робочих коліс, яка залишається постійною при навантаженні дизеля до певної позиції контролера, перепад температури вмикання дорівнює відповідно 3-5 °С. Максимальні оберти колеса становлять приблизно 1950-1970 хв-1. Така система САРТ відноситься до типу релейної чотириступінчастої. Спеціальні розрахунки показують, що при релейному груповому регулюванні температурні витрати енергії в 3-6 разів більше, ніж при безперервному груповому регулюванні (з урахуванням ККД вентиляторів та їх приводу). Це відношення витрат енергії може становити 2,5-3 рази.

Основний недолік такої системи з обмеженням регулювання – це значні перевитрати енергії на охолодження, яке зумовлене періодичним вмиканням вентилятора. Такий режим також негативно впливає на міцність і надійність механічних конструкцій систем. Більш ефективна і економічна система з регулюванням частоти обертання вентиляторного колеса.

З метою усунення цих недоліків ми пропонуємо вдосконалити систему керування обертами вентилятора, за рахунок введення в коло живлення вентиляторів перетворювача змінного струму 100 Гц, який ми отримуємо от синхронного генератора в змінний струм з плавно регульованою частотою струму, що повинно дозволити змінювати обороти вентилятора в залежності від температури охолоджуючої рідини. Для застосування в якості перетворювача можемо застосувати перетворювач будь-якої конструкції, але загальною потужністю до 150 кВт. Сигнал на вмикання системи регулювання обертів буде надходити від існуючого реле ТПД-4П із корекцією необхідного діапазону параметрів за допомогою програмного контролера, який додаємо до схеми керування.

## ЗАСТОСУВАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ПРИСТРОЇВ ПРИ РЕМОНТІ ЕЛЕКТРОВОЗІВ

Автор – Неведров О. В., студент групи 1Лмаг

Науковий керівник – д. т. н., доцент Горобченко О. М.

*Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)*

Покращення показників ремонтного виробництва пропонується досягнути шляхом вдосконалення потокового методу. Він характеризується спеціалізацією ділянок і робочих місць, ритмічністю й безперервністю виробничого процесу. Основною ланкою потокового виробництва є потокова лінія, що представляє собою сукупність робочих місць, розташованих у послідовності технологічного процесу й призначених для виконання певних, закріплених за ними операцій.

Весь процес деповського ремонту можна розділити на чотири операції: очищення, дефектування, ремонт і випробування, виконувани на відповідних спеціалізованих позиціях потокової лінії.

Для удосконалення процесу піднімання кузова електровоза при розбирання запропоновано застосування електричних домкратів і монтажних візків для постановки кузова після викочування візків.

Колісно-моторні блоки пропонується ремонтувати за допомогою наведеного стану для розбирання, складання й обкатування колісно-моторних блоків.

Також розроблено схему потокової лінії, що являє собою комплекс спеціалізованих робочих місць – ремонтних позицій. Кожну ремонтну позицію оснащують спеціальним устаткуванням, механізмами, пристроями, інструментом і вимірювальними приладами, необхідними для виробництва на цій позиції передбачених робіт.

Покращення проведення діагностичних операцій пропонується досягти впровадженням сучасних дефектоскопічних пристроїв. Ультразвуковий дефектоскоп призначений для контролю деталей на наявність дефектів типу порушення однорідності матеріалів, зварених (паяних) з'єднань, виміру глибини і координат залягання дефектів, виміру відносин амплітуд сигналів, відбитих від дефектів. Дефектоскоп має режим зв'язку з персональним комп'ютером, а саме з робочою програмою "Ultra". Цей режим дозволяє перевести дані з пам'яті дефектоскопа на пам'ять комп'ютера з наступним їхнім протоколюванням.

Спеціалізований віхреструмний дефектоскоп призначений для виявлення поверхневих тріщин у деталях з феромагнітних матеріалів із грубо обробленою плоскою й криволінійною поверхнею, переважно у виробках залізничного рухомого состава.

Дефектоскоп магнітопорошковий призначений для проведення магнітопорошкового контролю деталей феромагнітних матеріалів. За допомогою дефектоскопа при контролі виявляються дефекти типу поверхневих і підповерхневих порушень сплошності феромагнітних матеріалів різної форми: волосовини, тріщини різного походження, непроварів зварених з'єднань, флокенів, заходів, надривів і т.п.

За допомогою дефектоскопа можна виявляти поверхневі дефекти із шириною розкриття від 1 напівтемних (за умови, що відношення ширини розкриття й глибини дефекту не менш 10).

Дефектоскопом допускається проводити контроль по немагнітних покриттях (хром, кадмій, фарба й ін.). Покриття товщиною до 20 напівтемних не впливає на чутливість контролю.

## УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЧНОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОДВИГУН

Автор – Юрченко В. В., студент групи ІЕТмаг

Науковий керівник – д. т. н., доцент Горобченко О. М.

*Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)*

В сучасних умовах, методи діагностики та перевірки на випробувальних станціях тягових електродвигунів як змінного так і постійного струму мають застарілий характер та впливають на достовірність отриманих результатів. Всі комутаційні дії виконуються робітниками, що призводить до зменшення якості та достовірності отриманих результатів та займаючи багато часу на проведення дослідження. З метою покращення якості діагностики, зменшення людського фактору, пропонується модернізація та покращення наявних автоматичних вимірювальних комплексів тягових електричних двигунів, який буде фіксувати характеристичні дані більш точно, в порівнянні з людиною.

Як відомо з вимог Правил ремонту електричні машини після проведення заводських та депоських ремонтів повинні пройти відповідні випробовування. Випробовування проводяться на спеціальних станціях, призначених для випробовування певного типу тягових електродвигунів. Щоб завчасно виявити та уникнути майбутню несправність, проводяться спеціальні приймально-здавальні випробування. Випробувальні станції, які працюють на ремонтних підприємствах та в депо, були виготовлені в минулому столітті, і їх технічний рівень не відповідає вимогам сьогодення.

В основу випробовування покладений принцип взаємного навантаження, коли один двигун працює в режимі двигуна, а другий — в режимі генератора. Усі дії щодо випробувань здійснюються оператором в ручному режимі, показання приладів і проведення необхідних розрахунків проводиться персоналом випробувальних станцій в ручному режимі, а їх результати залежать від професійності обслуговуючого персоналу, а також технічних можливостей обладнання випробувальної станції. Основними джерелами живлення електричною енергією є електромашинні перетворювачі, а комутуюча апаратура — контактна, в основному з рухомого складу. Електромашинні перетворювачі енергоємні, вимогливі в експлуатації та потребують частих профілактичних оглядів і капітальних ремонтів.

Обладнання існуючих станцій не дає можливості вимірювати всі необхідні параметри тягових двигунів електрорухомого складу. Також клас комутації визначається візуально, що не дає можливості визначити його фактичну величину. Операції з накопичення, передачі даних, аналіз отриманих результатів та проведення діагностики обладнання випробувальних станцій також виконується працівниками випробувальної станції за допомогою переносних приладів й інструменту та індивідуальних комп'ютерів, а передача даних здійснюється працівниками станцій на паперових носіях.

Значну кількість перерахованих передчасних виходів із ладу тягових двигунів можна було уникнути за наявності досконалої сучасної випробувальної станції з автоматизованим процесом випробування. Він дає можливість отримати достовірну інформацію про стан та параметри електричних машин, передачу їх на певну відстань для опрацювання, а також проведення аналізу отриманих результатів та порівняння їх з номінальними, а у разі невідповідності параметрів нормативним – припинення випробування машин.

Таким чином можна констатувати, що розробка нових методів та засобів випробувань тягових двигунів, що дозволяють усунути недоліки існуючих і підвищити ефективність процесу випробування тягових двигунів в умовах заводів по ремонту і локомотивного депо, є актуальним завданням, тим самим зменшуючи вплив людського фактору.

## ДІАГНОСТУВАННЯ ЦИЛІНДРОВО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ЛОКОМОТИВНИХ ПОРШНЕВИХ КОМПРЕСОРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Автори: Кислий Д. М., к. т. н., старший викладач, Десяк А. Є., аспірант

Науковий керівник – д. т. н. професор Капіца М. І.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна*

До локомотивних компресорів ставляться високі вимоги, оскільки, від надійності роботи компресора залежить робота автогальм поїзда, а це, в свою чергу, впливає на безпеку руху в цілому.

Зазвичай в умовах локомотивних депо та заводів несправності компресорів виявляють шляхом перевірки дефектоскопами, контрольно-вимірними пристроями та візуальним оглядом після попереднього повного або часткового розбирання. Також часто перевірку технічного стану деталей компресорів виконують шляхом використання стендів з елементами вібраційного діагностування та спектральної перевірки масла.

Діагностування за термо- і газодинамічними параметрами, дозволяє більш точно виконати технічну діагностику локомотивного компресора. В якості діагностичних параметрів, в такому випадку, використовують, початкову та кінцеву температури повітря на вході та виході в компресор, початковий та кінцевий тиск повітря, початкову та кінцеву температуру холодоагенту і т. д.

Зв'язки між діагностичними параметрами встановлюються в результаті попередньої обробки статистичної інформації параметрів працюючого справного компресора. Число діагностичних параметрів залежить від рівня системи технічної діагностики і може бути досить великим. Зібрана інформація обробляється на ЕОМ.

Технічне забезпечення діагностичних пристроїв може бути покращено за рахунок застосування мікропроцесорної техніки. Поєднання функцій діагностування та автоматизації систем діагностики дозволить не тільки перейти до системи обслуговування і ремонту за технічним станом, а й оптимізувати роботу систем компресора з урахуванням його фактичного стану. Комплексна система діагностики може забезпечити оцінку техніко-економічного стану компресорних машин: продуктивності, потужності та ККД. Поточний стан компресора порівнюється з паспортним станом, на основі чого визначаються причини зниження техніко-економічних показників компресора, заздалегідь плануються обсяг і характер подальшого ремонту.

Для оцінки поточного стану компресора з успіхом можуть бути використані індикаторні діаграми, що знімаються, наприклад, при випробуваннях поршневих компресорів. За діаграмами можуть бути визначені: індикаторний тиск в робочій камері компресора, індикаторна робота і потужність, дійсна об'ємна та масова продуктивність продуктивність, а також несправності і їх причини.

Характерними несправностями, які можна визначити по індикаторній діаграмі є:

- запізнення відкриття та закриття впускного клапана;
- запізнення відкриття та закриття нагнітаючого клапана;
- нещільності нагнітаючого та впускного клапанів;
- збільшений опір впускного і нагнітального трубопроводів;
- пропуски газу між поршнем і циліндром;
- занадто жорсткі пружини клапанів;
- дефекти пружин клапанів.

На індикаторній діаграмі в певному масштабі по горизонтальній осі відкладений об'єм, що  $V$  всмоктується компресором, а по вертикальній – відповідний об'ємові та циклові тиск  $P$ .

Зіставлення діаграм, знятих з компресора що діагностується з еталонною діаграмою справного компресора дозволяє по зсуву характерних точок судити про можливі несправності і відхилення.

Індикаторні діаграми знімають при повному навантаженні і сталому режимі роботи компресора. Рекомендується знімати індикаторні діаграми одночасно зі всіх циліндрів. На кожній відзначають час, номер циліндрів, частоту обертання, тиск, масштаб індикаторного пристрою і марку поршня. За площею діаграми, частотою обертання колінчастого вала компресора і тиску визначають дійсну об'ємну та масову продуктивність компресора (з урахуванням температурних поправок).

Один з найбільш складних і відповідальних етапів при створенні систем технічної діагностики – розробка алгоритму діагностування. При розробці алгоритмів діагностування використовують математичні методи технічної діагностики: статистичні, матричні та логічні. На основі точної математичної моделі, адекватність якої повинна бути доведена на основі статистичних діагностичних показників, можна судити про несправності об'єкту діагностування та також про його залишковий ресурс.

Що ж стосується локомотивного компресора, то найбільш інформативною та найбільш складною є математична модель стану газу в циліндрі, модель роботи впускних і випускних клапанів і модель взаємодії поршня та циліндра. За результатами математичного моделювання процесів, що протікають в компресорів під час різних циклів, можна робити висновок про справність того чи іншого вузла та ймовірний залишковий ресурс компресора.

Наукове видання

## **НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ПРОГРЕС НА ТРАНСПОРТІ**

Тези доповідей 79 Всеукраїнської науково-технічної конференції  
молодих вчених, магістрантів та студентів

*Українською мовою*

*Друкуються в авторській редакції*

Відповідальний за випуск *О. С. Куроп'ятник*

Комп'ютерна верстка *О. С. Куроп'ятник*