

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені  
академіка В. Лазаряна

**ХАРЧЕНКО ОЛЕСЯ ІВАНІВНА**

УДК 656.21.073

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ  
ЗАСОБІВ ЗАЛІЗНИЦЬ ШЛЯХОМ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ  
РЕСУРСІВ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі «Прикладна математика» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор  
**Босов Аркадій Аркадійович**,  
Дніпропетровський національний університет  
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор  
**Нагорний Євген Васильович**,  
Харківський національний автомобільно-  
дорожній університет, завідувач кафедри  
транспортних технологій

кандидат технічних наук, доцент  
**Мацюк В'ячеслав Іванович**,  
Державний економіко-технологічний  
університет транспорту, доцент кафедри  
управління процесами перевезень

Захист відбудеться «26» листопада 2015 р. о 14.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.820.02 при Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2, к. 314, зала засідань.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2.

Автореферат розісланий «20» жовтня 2015 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
д.т.н., професор

І. В. Жуковицький

## **ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність теми.** Головною метою функціонування залізниць є своєчасне забезпечення потреб торгових та виробничих підприємств, а також населення у якісних транспортних послугах.

Незважаючи на те, що залізничний транспорт є базовою галуззю національної економіки та основою транспортної системи країни рівень якості надання транспортних послуг не відповідає європейському рівню та не забезпечує конкурентне середовище у транспортній галузі. Основну увагу при вирішенні питання якості транспортних послуг необхідно приділити значному зносу рухомого складу та недостатньому об'єму інвестицій, необхідних для оновлення транспортних засобів. Стан транспортних засобів на сьогоднішній день та подальше хронічне недофінансування може привести до втрати можливості безперервного задоволення потреб суспільства у транспортних послугах та до погіршення показників безпеки руху.

Існуючі методи оцінювання ефективності експлуатації транспортних засобів залізниць не стимулює їх оновлення. У зв'язку з цим тема дисертації, направлена на комплексне вирішення задачі підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів з врахуванням економічних, екологічних та соціальних показників функціонування залізниць є актуальною як для залізничної галузі, так і для економіки України.

**Зв'язок з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана згідно з «Стратегією розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року», схваленою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 року № 1555-р, з «Транспортною стратегією України на період до 2020 року», затверджена рішенням № 2174-р Кабінету Міністрів України від 20.10.2010 р. Дисертаційна робота пов'язана з науково-дослідною роботою виконаною Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна «Аналіз відповідності технічного оснащення залізничного транспорту ВАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг» існуючим та перспективним обсягам роботи» (№ державної реєстрації 0111U009657), в якій автор є співвиконавцем та співавтором звітів.

**Мета та задачі дослідження.** Метою дослідження є підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів залізниць за рахунок реалізації базових принципів концепції сталого розвитку. Поставлена мета досягається в результаті вирішення наступних задач:

- аналіз підходів до підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів залізниць з позиції їх сталого розвитку;
- розробка системи показників для оцінки ефективності експлуатації транспортних засобів залізниць, яка дозволяє характеризувати їх сталий розвиток;
- розробка математичної моделі функціонування залізничних станцій та її програмного забезпечення для оцінки параметрів, які характеризують

ефективність експлуатації транспортних засобів залізниць та їх сталий розвиток;

- дослідження впливу параметрів попиту на транспортні засоби залізниць на показники сталого розвитку;

- оцінювання синергетичного ефекту від впровадження заходів з підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів залізниць.

**Об'єктом дослідження** є процес експлуатації транспортних засобів залізниць.

**Предметом дослідження** є закономірності впливу експлуатаційних параметрів на ефективність експлуатації транспортних засобів залізниць з позиції їх сталого розвитку.

**Методи дослідження.** При розробці системи показників використані методи системного аналізу. При розробці моделей функціонування залізничних станцій використані методи та принципи об'єктно-орієнтованого програмування, лінійного програмування, а також імітаційного моделювання. Планування повного факторного експерименту, методи статистичного аналізу та методологія регресійного аналізу використані для встановлення залежностей між показниками, які характеризують попит на транспортні засоби, та показниками сталого розвитку. Оцінка ефективності заходів з підвищення ефективності використання транспортних засобів проведена за допомогою принципів синергетики.

**Наукова новизна** полягає у запропонованому підході до підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів залізниць з позицій їх сталого розвитку.

*Вперше* запропоновано критерій для оцінки ефективності експлуатації транспортних засобів, який на відміну від існуючих дозволяє в комплексі оцінити ефективність використання транспортних засобів за основними напрямками сталого розвитку.

*Вперше* розроблено методiku вирішення задачі оптимального розподілу ресурсів за напрямками сталого розвитку, який дозволяє визначити найбільш пріоритетний напрямок розвитку залізниць на основі параметрів попиту на транспортні засоби.

*Отримав подальший розвиток* об'єктно-орієнтований підхід до моделювання процесу функціонування залізничних станцій, який раніше не використовувався для створення моделей функціонування залізничних станцій на макрорівні.

*Отримав подальший розвиток* метод оцінювання ефективності експлуатації засобів залізниць, що дозволяє виконати попередню оцінку синергетичного ефекту від реалізації заходів по забезпеченню сталого розвитку.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в розробці методики визначення раціонального розподілу ресурсів за напрямками сталого розвитку залізниць. Запропоновані імітаційні моделі функціонування залізничних станцій можуть бути використані для вирішення задачі

оптимальної експлуатації засобів транспорту на транспортній мережі, а також для оптимізації засобів забезпечення транспортних та вантажно-розвантажувальних робіт залізничних станцій.

Основні результати дисертаційних досліджень прийняті до впровадження в службі та відділах комерційної роботи та маркетингу Придніпровської залізниці, що підтверджується відповідним актом впровадження.

Результати роботи використовуються у навчальному процесі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна при підготовці спеціалістів та магістрів зі спеціальності «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті» та при виконанні дипломних проектів та магістерських робіт студентами цієї ж спеціальності, що підтверджується відповідним актом.

**Особистий внесок здобувача.** Усі положення і результати теоретичних та експериментальних досліджень, що виносяться на захист та приведені в роботі, отримані автором самостійно. У наукових роботах, які опубліковані у співавторстві, особистий вклад здобувача полягає у наступному: запропоновані методи встановлення локальних зв'язків та побудова за ними системи математичних моделей [1]; обґрунтовано економічні показники роботи залізничних станцій, сформовано інженерну постановку та виконано вирішення задачі оцінки впливу показників на економічну складову роботи станції [3].

**Апробація результатів дисертації.** Матеріали та результати дисертаційної роботи були розглянуті, обговорені та схвалені на 4-й міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка та технологія» (Київ, ДЕТУТ, 2008 р.); міждержавній науково-методичній конференції «Проблеми математичного моделювання» (Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2008 р.); 69,71 міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2009, 2011 рр.); II міжнародній науково-практичній конференції «Інтеграція України у міжнародну транспортну систему» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2010 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2011 р.); 7-й міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми економіки транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2014 р.); 8-й міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми економіки транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2015 р.).

У повному обсязі дисертація доповідалась і була схвалена у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна на міжкафедральному науковому семінарі.

**Публікації.** За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 16 наукових робіт: 7 статей у наукових фахових виданнях, які входять до переліку Міністерства освіти і науки України, серед них 3 статті – у виданнях, що

входять до міжнародних наукометричних баз, 8 тез доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях та отримано 1 авторське свідоцтво.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, трьох додатків та списку використаних джерел. Повний обсяг роботи складає 180 сторінок, з них 142 сторінок основного тексту. Робота проілюстрована 44 рисунками, наведено 21 таблицю, додатки розміщені на 22 сторінках, список використаних джерел складається з 137 найменувань на 16 сторінках.

### **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У вступі обґрунтована актуальність проблеми, сформульовані мета та задачі дослідження, відображені наукова новизна, практичне значення одержаних результатів та особистий внесок автора, наведено відомості про апробацію та публікацію результатів досліджень.

В першому розділі виконано аналіз традиційних наукових підходів до підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів залізниць, а також вивчено концепцію сталого розвитку та її реалізація при оцінюванні ефективності функціонування складних систем, проведено аналіз розробок та визначені напрямки підвищення ефективності використання технічних засобів залізниць.

Дослідження в області підвищення ефективності використання технічних засобів були проведені та опубліковані в роботах багатьох вітчизняних та закордонних вчених, таких як: А.А. Босов, Д.М. Козаченко, Є.В. Нагорний, Т.В. Бутько, А. О. Мурадян, П. А. Новіков, Д. В. Ломотько, В.І. Мацюк, Н. В. Панова, Т. В. Полишко, М. М. Сергієнко, В. І. Пасічник, А. М. Маслов, Д. І. Кочнева, А. С. Мирошник, М. М. Чеховська, О.Л. Кузіна, А. А. Машуков та інші. Застосування концепції сталого розвитку та її реалізація при оцінюванні ефективності функціонування складних систем розглядали в своїх роботах О.М. Пшінько, Ю.С. Бараш, Т. В. Бегун, Ю.В. Косов, С. Н. Бобилев, Н. В. Островський, Н.П. Тарасова, О.Л. Кузнецов та інші.

Існуюча, на сьогоднішній день, система показників оцінки роботи транспортних засобів зорієнтована на роботу залізниць в умовах росту обсягів перевезень та підвищення інтенсивності використання транспортних засобів та постійних пристроїв. При спаді обсягу перевезень та утворенні резервів пропускнуої та переробної спроможності перегонів, станцій та вузлів застосування статистичної оцінки роботи залізниць може привести до прийняття помилкових рішень, які сприяють зниженню ефективності функціонування. Нові методи оцінки ефективності експлуатації транспортних засобів залізниць повинні бути направлені на комплексну оцінку їх функціонування.

Проведений аналітичний огляд літератури показав, що у більшій частині робіт у якості критерію ефективності (цільової функції) використовується комплексні показники економічного характеру. У деяких працях враховують екологічну складову, але ця задача вирішується окремо від задачі підвищення

економічної ефективності технологічних процесів. При цьому можна стверджувати, що соціальна складова функціонування залізничних станцій в процесі експлуатації транспортних засобів, в проаналізованих роботах не розглядається взагалі. Такий підхід не відповідає сучасній парадигмі управління складними технологічними та соціально-економічними системами – концепції сталого розвитку. Вирішення задачі ефективної експлуатації транспортних засобів залізниць з позиції їх сталого розвитку передбачає вибір раціонального розподілу ресурсів, які забезпечували би на перспективу збалансоване вирішення проблем соціально-економічного розвитку, зниження негативного впливу на довкілля, а також забезпечували би сучасні та майбутні потреби різних галузей та сфер людської діяльності.

Проведений аналіз дозволив виділити у якості основних напрямків підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів залізниць з позиції їх сталого розвитку – формування технологій удосконалення процесів функціонування залізничних станцій, комплексну оцінку екологічної складової процесів функціонування та її врахування у задачах удосконалення технологій, а також врахування соціальної складової процесів функціонування залізничних станцій.

На основі проведеного аналізу сформульована мета та задачі дослідження, що були вирішені у процесі виконання дисертаційної роботи.

**В другому розділі** виконано розробку системи показників, яка дозволяє оцінити ефективність експлуатації транспортних засобів залізниць за основними напрямками сталого розвитку, визначено основні задачі, порядок та методи їх розв'язання та запропонована дворівнева модель функціонування залізничної станції.

Крім основних напрямків сталого розвитку до показників оцінювання ефективності експлуатації транспортних засобів доцільно віднести критерії, які дозволяють характеризувати якість обслуговування клієнтури (підприємств-вантажовласників).

У якості показника, який характеризує ефективність експлуатації транспортних засобів у напрямку удосконалення технологічних процесів, запропоновано використовувати інтегральний критерій ефективності, який відображає приведену по вартості технічного оснащення  $i$ -ого типу суму:

$$E_{\text{тех}} = \sum_i \Delta R_i \cdot c_{Ri}, \quad (1)$$

де  $\Delta R_i$  – скорочення (приріст) технічного оснащення  $i$ -ого типу внаслідок впровадження заходів з удосконалення технологічних процесів;  $c_{Ri}$  – вартість використання технічного оснащення  $i$ -ого типу у процесі експлуатації транспортних засобів.

У якості основних видів технічного оснащення, які забезпечують технологічні процеси залізничних станцій та просування матеріалопотоку між станціями, розглянуто виробниче та енергетичне оснащення. До виробничого оснащення віднесено транспортні засоби, а також засоби механізації вантажно-

розвантажувальних робіт. Енергетичне оснащення було розділено за типом на електричне, яке забезпечує функціонування електрифікованих ділянок транспортної мережі, а також паливне, яке забезпечує виконання операцій на не електрифікованих ділянках та в транспортних вузлах.

З урахуванням типів оснащення показник удосконалення технологій має вигляд:

$$E_{\text{тех}} = \Delta T_{\text{лок}} \cdot c_{\text{лок}} + \Delta T_{\text{м}} \cdot c_{\text{м}} + \Delta R_{\text{п}} \cdot c_{\text{п}} + \Delta R_{\text{ел}} \cdot c_{\text{ел}}, \quad (2)$$

де  $\Delta T_{\text{лок}}$  – зміна сумарного часу роботи локомотивів на залізничних станціях, год;  $\Delta T_{\text{м}}$  – зміна сумарного часу роботи вантажо-розвантажувальних механізмів (ВРМ) та інших механізмів залізничних станцій, год;  $\Delta R_{\text{п}}$  – зміна витрат палива, яке використовується при експлуатації транспортних засобів при переміщенні вагонів по транспортній мережі залізниці між залізничними станціями, т;  $\Delta R_{\text{ел}}$  – зміна витрат електричної енергії, яка використана транспортними засобами, кВт·год;  $c_{\text{лок}}$ ,  $c_{\text{м}}$  – вартість 1 години роботи локомотивів, а також 1 години роботи механізмів сортувальних пристроїв та ВРМ відповідно, грн/год;  $c_{\text{п}}$ ,  $c_{\text{ел}}$  – вартість 1 т палива та 1 кВт·год відповідно, грн/т и грн/кВт·год.

Екологічну складову сталого розвитку доцільно оцінювати на основі показників, які відображають приведену до грошового еквіваленту зміну викидів забруднюючих речовин та шумове забруднення довкілля:

$$E_{\text{ек}} = \Delta M_{\text{атм}} \cdot c_{\text{ек}} + \Delta D_{\text{шум}} \cdot c_{\text{шум}}, \quad (3)$$

де  $\Delta M_{\text{атм}}$  – зміна викидів шкідливих речовин в атмосферу при роботі транспортних засобів, ум. т;  $c_{\text{ек}}$  – грошовий еквівалент збитку, нанесеного у результаті викидів 1 тони окисі вуглецю в атмосферу, грн/ум. т;  $\Delta D_{\text{шум}}$  – зміна шумового забруднення від роботи транспортних засобів та механізмів сортувальних пристроїв залізничного транспорту за рахунок технічного удосконалення ходової частини рухомого складу та засобів механізації, дБА;  $c_{\text{шум}}$  – грошовий еквівалент збитку, нанесеного в результаті шумового забруднення довкілля, грн/дБА.

Соціальна складова процесу експлуатації засобів транспорту оцінена безпосередньо сумою грошових відрахувань на заходи з підвищення заробітної платні робітників залізничних станцій, а також на соціальні програми (витрати на охорону здоров'я, санаторно-курортні витрати і т.п.) та програми по навчанню робітників:

$$E_{\text{соц}} = \Delta C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{нав}}, \quad (4)$$

де  $\Delta C_{\text{зп}}$  – грошові кошти, які направлені на підвищення заробітної платні робітників, грн;  $C_{\text{соц}}$  – відрахування на соціальні програми, грн;  $C_{\text{нав}}$  – відрахування на програми по навчанню робітників, грн.

Показник розвитку за напрямком підвищення якості обслуговування оцінено за формулою:

$$E_{\text{як}} = \Delta T_{\text{ваг}} \cdot c_{\text{ваг}}, \quad (5)$$



де  $\Delta T_{\text{ваг}}$  – зміна сумарного часу обробки вагонів на залізничних станціях та вантажних пунктах, а також при пересуванні вагонопотоку у межах ділянки транспортної мережі залізниці, год;  $c_{\text{ваг}}$  – середньозважена вартість 1 години простою вантажного вагону, грн/год.

Оскільки чисельні показники оцінки сталого розвитку мають однакові одиниці виміру, тоді інтегральний показник може бути представлений у вигляді арифметичної суми цих показників, а задача забезпечення сталого розвитку визначається як максимізація значень критерію:

$$E_i = E_{\text{тех}} + E_{\text{ек}} + E_{\text{соц}} + E_{\text{як}} \rightarrow \max. \quad (6)$$

З метою підвищення критерію ефективності були визначені оптимізаційні заходи технічного та технологічного характеру, реалізація яких здійснюється за рахунок фінансових коштів  $C_{\text{сп}}^t$ , що виділяються з прибутку залізниці за попередній період на забезпечення сталого розвитку. Якщо сума грошових коштів на протязі періоду  $t$  незмінна  $C_{\text{сп}}^t = \text{const}$ , то цільову функцію  $F_{\text{ц}}$  задачі забезпечення найбільш ефективного варіанту сталого розвитку можна представити у вигляді:

$$F_{\text{ц}} = \frac{E_i}{C_{\text{сп}}} = \delta_{\text{тех}} \cdot \varepsilon_{\text{тех}} + \delta_{\text{ек}} \cdot \varepsilon_{\text{ек}} + \delta_{\text{соц}} \cdot \varepsilon_{\text{соц}} + \delta_{\text{як}} \cdot \varepsilon_{\text{як}} \rightarrow \max, \quad (7)$$

де  $\delta_{\text{тех}}$ ,  $\delta_{\text{ек}}$ ,  $\delta_{\text{соц}}$ ,  $\delta_{\text{як}}$  – частка грошових коштів у загальному об'ємі за напрямками сталого розвитку удосконалення технологій, зниження шкідливого впливу на навколишнє середовище, забезпечення соціальної складової функціонування та підвищення якості обслуговування клієнтури відповідно;  $\varepsilon_{\text{тех}}$ ,  $\varepsilon_{\text{ек}}$ ,  $\varepsilon_{\text{соц}}$ ,  $\varepsilon_{\text{як}}$  – функції еластичності витрат ресурсів за напрямками розвитку удосконалення технологій, зниження шкідливого впливу на довкілля, забезпечення соціальної складової функціонування та підвищення якості обслуговування клієнтури відповідно.

Оптимізація цільової функції (7) відносно змінних  $\delta_{\text{тех}}$ ,  $\delta_{\text{ек}}$ ,  $\delta_{\text{соц}}$ ,  $\delta_{\text{як}}$  повинно виконуватись з врахуванням сукупності обмежень:

$$\begin{cases} \delta_{\text{тех}} + \delta_{\text{ек}} + \delta_{\text{соц}} + \delta_{\text{як}} = 1, \\ \delta_{\text{тех}} \geq \delta_{\text{тех}}^{\min}, \\ \delta_{\text{ек}} \geq \delta_{\text{ек}}^{\min}, \\ \delta_{\text{соц}} \geq \delta_{\text{соц}}^{\min}, \\ \delta_{\text{як}} \geq \delta_{\text{як}}^{\min}, \end{cases} \quad (8)$$

де  $\delta_i^{\min}$  – встановлена нижня межа частки ресурсів для забезпечення  $i$ -ого напрямку сталого розвитку.

Наявність інших обмежень пов'язано з тим, що у множині функцій еластичності  $\varepsilon_{\text{тех}}$ ,  $\varepsilon_{\text{ек}}$  и  $\varepsilon_{\text{як}}$  існують пари функцій, значення яких визначаються

загальними параметрами, які характеризують технологічні процеси функціонування залізничних станцій.

Функція еластичності витрат ресурсів  $\varepsilon_i$  по  $i$ -ому напрямку забезпечення сталого розвитку визначено, як відношення ефекту  $E_i$ , отриманого від заходів, на які витрачено ресурси  $P_i$ :

$$\varepsilon_i = \frac{E_i}{P_i}. \quad (9)$$

Для напрямку забезпечення соціальної складової функціонування у якості ефекту виступає безпосередньо сума виділених коштів, тому  $\varepsilon_{\text{соц}} = 1$ .

Детальний аналіз складових критерію ефективності та ресурсів за напрямками сталого розвитку як функцій від характеристик транспортних засобів дозволяє стверджувати, що чисельні характеристики транспортних засобів є аргументами функцій еластичності витрат ресурсів  $\varepsilon_{\text{тех}}$ ,  $\varepsilon_{\text{ек}}$  и  $\varepsilon_{\text{як}}$ :

$$\begin{cases} \varepsilon_{\text{тех}} = f(\mathbf{N}_l, \mathbf{N}_g), \\ \varepsilon_{\text{ек}} = f(\mathbf{N}_l, \mathbf{N}_g), \\ \varepsilon_{\text{як}} = f(\mathbf{N}_l, \mathbf{N}_g), \end{cases} \quad (10)$$

де  $\mathbf{N}_l, \mathbf{N}_g$  – вектори кількості маневрових локомотивів та ВРМ відповідно.

Із сукупності функціональних залежностей (10) чисельні характеристики транспортних засобів залізниць можуть бути виражені через відповідні зворотні функції:

$$\begin{cases} \mathbf{N}_l = \varphi(\varepsilon_{\text{тех}}), \mathbf{N}_g = \psi(\varepsilon_{\text{тех}}), \\ \mathbf{N}_l = \varphi(\varepsilon_{\text{ек}}), \mathbf{N}_g = \psi(\varepsilon_{\text{ек}}), \\ \mathbf{N}_l = \varphi(\varepsilon_{\text{як}}), \mathbf{N}_g = \psi(\varepsilon_{\text{як}}), \end{cases} \quad (11)$$

де  $\varphi(\cdot), \psi(\cdot)$  – функціональні залежності векторів кількості маневрових локомотивів та ВРМ відповідно від функцій еластичності витрат ресурсів.

Оскільки значення елементів векторів  $\mathbf{N}_l$  та  $\mathbf{N}_g$  повинно бути однаковим для сукупності функцій (10), то при вирішенні задачі забезпечення найбільш ефективного варіанту сталого розвитку необхідно враховувати систему наступних пар обмежень:

$$\begin{cases} \varphi(\varepsilon_{\text{тех}}) = \varphi(\varepsilon_{\text{ек}}), \psi(\varepsilon_{\text{тех}}) = \psi(\varepsilon_{\text{ек}}), \\ \varphi(\varepsilon_{\text{тех}}) = \varphi(\varepsilon_{\text{як}}), \psi(\varepsilon_{\text{тех}}) = \psi(\varepsilon_{\text{як}}), \\ \varphi(\varepsilon_{\text{ек}}) = \varphi(\varepsilon_{\text{як}}), \psi(\varepsilon_{\text{ек}}) = \psi(\varepsilon_{\text{як}}). \end{cases} \quad (12)$$

Система обмежень (12) використовується при оптимізації цільової функції задачі (7) відносно векторів транспортних засобів  $\mathbf{N}_l$  та  $\mathbf{N}_g$ .

Залізнична станція розглядається як складна ієрархічна система, що взаємодіє з зовнішнім середовищем, яке представлено у вигляді інших залізничних станцій транспортної мережі, тому вирішення задачі підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів залізниць та забезпечення сталого розвитку використовується системний підхід і станція розглядається на двох ієрархічних рівнях:

- на мікрорівні – залізнична станція в цілому як сукупність елементів, яка безпосередньо забезпечує просування матеріального потоку та під'їзні колії як окремий елемент станції, який задовольняє попит засобами під'їзної колії;
- на макрорівні – залізнична станція як елемент залізничної транспортної системи, що поєднана відповідними шляхами сполучень з іншими елементами, які в процесі функціонування створюють та забезпечують просування матеріального потоку.

Ієрархія об'єктів, які використовуються для опису залізничних станцій при розробці моделей її функціонування, представлена на рис. 1.

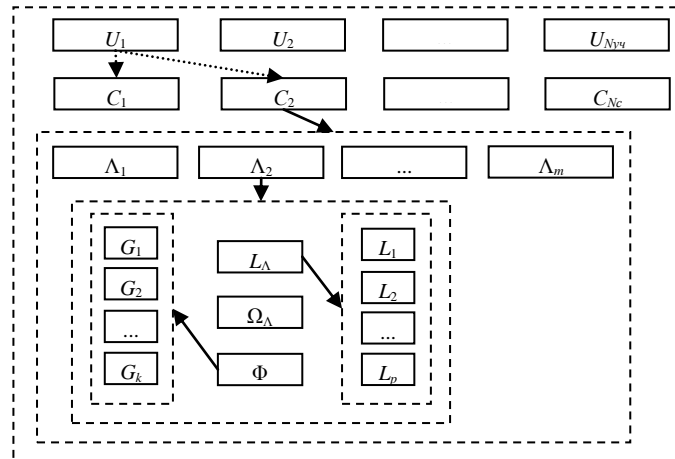


Рисунок 1 – Ієрархія об'єктів залізничних станцій

Моделювання процесу функціонування залізничної станції у дисертаційній роботі виконується на двох рівнях:

- на макрорівні: моделювання процесу просування вагонопотоку між залізничними станціями транспортної мережі у межах залізниці;
- на мікрорівні: моделювання процесу обробки вагонопотоку на вантажних станціях;

У **третьому розділі** проведено експериментальне дослідження на базі імітаційної моделі Придніпровської залізниці, чисельні результати якого послужили основою для встановлення загального вигляду функціональних залежностей показників еластичності витрат ресурсів від параметрів попиту на транспортні засоби.

Сталий розвиток в роботі оцінюється на підставі критерію ефективності (7), але для визначення чисельного значення показника ефективності було проведено попереднє обґрунтування чисельних значень техніко-експлуатаційних і техніко-економічних показників, які його визначають та характеризують раціональний з позиції сталого розвитку варіант функціонування залізничних станцій.

Вирішення задачі оцінювання параметрів, які характеризують сталий розвиток проводилося у наступній послідовності:

- оптимальний розподіл вантажної роботи на ділянках та залізничних станціях (вирішення мережевої задачі на макрорівні);

- визначення оптимальної кількості засобів транспортних та вантажно-розвантажувальних робіт на вантажних станціях транспортної мережі (вирішення оптимізаційних задач на макрорівні та мікрорівні);
- вирішення задачі оптимального розподілу ресурсів, які виділяються на забезпечення сталого розвитку.

Оптимальний розподіл вантажної роботи на ділянках та станціях проводиться на основі граф-моделі, для розробки якої використано інструментарій Microsoft Visual Studio 2013, у якості мови програмування було обрано C#. Вирішення мережевої задачі передбачає розподіл вагонопотоку для заданої матриці кореспонденцій, яка характеризує попит, з врахуванням пропускної спроможності.

Визначення оптимальної кількості засобів забезпечення транспортних та вантажно-розвантажувальних робіт станцій, здійснюється в результаті пошуку екстремумів функції  $E_{\text{тех}}$  відносно кількості маневрових локомотивів та кількості ВРМ як аргументів даної функції.

$$\begin{aligned}
 E_{\text{тех}} = & 24 \cdot N_l \cdot c_{\text{прост}}^{\text{лок}} + 90 \cdot \frac{(c_{\text{пер}}^{\text{лок}} - c_{\text{прост}}^{\text{лок}}) \cdot N_l^{0,664} \cdot \xi_q^{0,884}}{\xi_t^{0,885}} + 2172 \cdot \frac{c_{\text{прост}}^{\text{гр}} \cdot \xi_q^{2,527}}{N_l^{0,429} \cdot \xi_t^{1,979}} + \\
 & + 176 \cdot \frac{c_{\text{прост}}^{\text{пор}} \cdot \xi_q^{0,978}}{N_l^{0,054} \cdot \xi_t^{0,865}} + 104 \cdot \frac{(c_{\text{пер}}^{\text{зав}} + c_{\text{пер}}^{\text{пор}}) \cdot \xi_q^{1,054}}{\xi_t^{0,961}} + 24 \cdot c_{\text{прост}}^{\text{мех}} \cdot N_g + \\
 & + 48704 \cdot \frac{c_{\text{прост}}^{\text{зав}} \cdot N_l^{0,305} \cdot \mu_\tau^{1,129} \cdot \xi_q^{2,982}}{N_g^{2,368} \cdot \xi_t^{2,698}} + 123 \cdot (c_{\text{прост}}^{\text{зав}} + c_{\text{пер}}^{\text{мех}} - c_{\text{прост}}^{\text{мех}}) \cdot \mu_\tau,
 \end{aligned} \tag{13}$$

де  $c_{\text{прост}}^{\text{лок}}$  і  $c_{\text{пер}}^{\text{лок}}$  – середньозважені питомі витрати на роботу маневрових локомотивів при очікуванні прибуття вагонів та переміщення подач вагонів відповідно, грн/год.;  $c_{\text{прост}}^{\text{зав}}$  і  $c_{\text{пер}}^{\text{зав}}$  – питомі витрати на простій та переміщення вагону у завантаженому стані відповідно, грн/год.;  $c_{\text{прост}}^{\text{пор}}$  і  $c_{\text{пер}}^{\text{пор}}$  – питомі витрати на простій вагонів та переміщення порожнього вагону відповідно, грн/год.;  $c_{\text{прост}}^{\text{мех}}$  і  $c_{\text{пер}}^{\text{мех}}$  – питома вартість простою ВРМ та питома вартість обслуговування вагонів на вантажному фронті;  $\xi_q$  – коефіцієнт, який відображає співвідношення кількісних характеристик попиту та обслуговуючої системи;  $\xi_t$  – коефіцієнт, який відображає співвідношення часової характеристики інтенсивності попиту та часової характеристики продуктивності обслуговуючої системи.

Оптимальний розподіл ресурсів, які виділяються на забезпечення сталого розвитку, визначається як значення вектору  $\mathbf{x} = |\delta_{\text{тех}} \quad \delta_{\text{ек}} \quad \delta_{\text{соц}} \quad \delta_{\text{як}}|$ , яке відповідає оптимальному значенню цільової функції (7). Попереднім етапом рішення даної оптимізаційної задачі є оцінка чисельних значень вектору  $\mathbf{c} = |\varepsilon_{\text{тех}} \quad \varepsilon_{\text{ек}} \quad 1 \quad \varepsilon_{\text{як}}|$  – значень функцій еластичності витрат ресурсів.

Для проведення експериментальних досліджень в області підвищення експлуатації транспортних засобів було використано імітаційну модель для залізничних станцій Придніпровської залізниці, яка містить оптимізаційні функції (оптимізації розподілу вантажної роботи по станціям, розрахунку

оптимальної кількості обслуговуючих механізмів, а також оптимального розподілу ресурсів за напрямками сталого розвитку).

Необхідність проведення імітаційного моделювання на базі програмної моделі залізничних станцій Придніпровської залізниці обумовлена стохастичністю попиту на транспортні засоби, а також ймовірнісною природою технологічного процесу обслуговування вагонопотоку. Чисельні значення часток ресурсів, які виділяються на забезпечення відповідних напрямків сталого розвитку, визначаються на основі чисельних значень параметрів попиту. Таким чином, виникла необхідність у визначенні функціональних залежностей значень  $\delta_{\text{тех}}$ ,  $\delta_{\text{ек}}$  та  $\delta_{\text{як}}$  від характеристик стохастичного попиту на транспортні засоби, оскільки значення часток ресурсів, які виділяються на забезпечення сталого розвитку, у конкретній ситуації на ринку коректно можуть бути оцінені тільки на базі таких залежностей.

У якості основних чисельних параметрів, які дозволяють описати ймовірнісний попит на транспортні засоби, у розробленій програмній моделі виділені реалізації випадкових величин інтенсивності поїздопотоків на транспортній мережі, а також кількості вагонів у складі поїздів. При проведенні експериментальних досліджень з метою визначення функціональної залежності показників еластичності витрат ресурсів за напрямками сталого розвитку від характеристик попиту на транспортні засоби у дисертаційній роботі розглядалося математичне очікування інтенсивності поїздопотоків  $\mu_{\zeta}$  та математичне очікування кількості вагонів  $\mu_{\psi}$  у складі одного вантажного поїзду. Таким чином, метою проведення імітаційного моделювання є визначення наступних функціональних залежностей:

$$\begin{cases} \varepsilon_{\text{тех}} = f(\mu_{\zeta}, \mu_{\psi}), \\ \varepsilon_{\text{ек}} = f(\mu_{\zeta}, \mu_{\psi}), \\ \varepsilon_{\text{як}} = f(\mu_{\zeta}, \mu_{\psi}). \end{cases} \quad (14)$$

Для проведення повного факторного експерименту було розроблено план експериментальних досліджень, який дозволяє оцінити нелінійний характер залежностей показників еластичності витрат ресурсів за напрямками сталого розвитку від параметрів випадкових величин попиту на транспортні засоби.

Чисельними результатами імітаційного моделювання є масив з чотирьох змінних – функцій еластичності витрат ресурсів  $\varepsilon_{\text{тех}}$ ,  $\varepsilon_{\text{ек}}$ ,  $\varepsilon_{\text{як}}$  та функції відгуку  $F_{\text{ц}}$ . Аналіз отриманих вибірок показав, що в усіх серіях нормально розподілені випадкові величини функцій еластичності витрат ресурсів за напрямками зниження шкідливого впливу на довкілля та підвищення якості обслуговування клієнтури. При цьому функція еластичності витрат ресурсів на розвиток технологій удосконалення процесів має гамма-розподіл в усіх серіях дослідів. Гістограми розподілу випадкових величин функцій еластичності  $\varepsilon_{\text{тех}}$ ,  $\varepsilon_{\text{ек}}$  та  $\varepsilon_{\text{як}}$  в першій серії опитів показані на рис. 2-4.

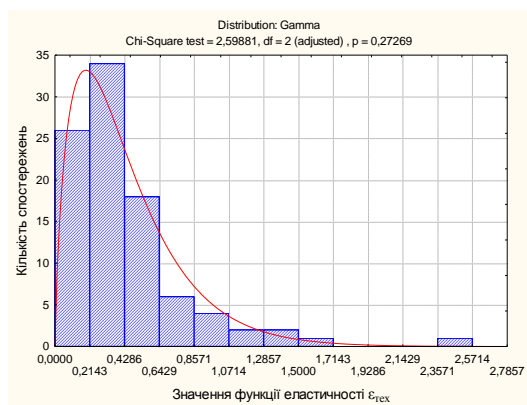


Рисунок 2 – Гістограма розподілу показника еластичності витрат ресурсів на удосконалення технологій

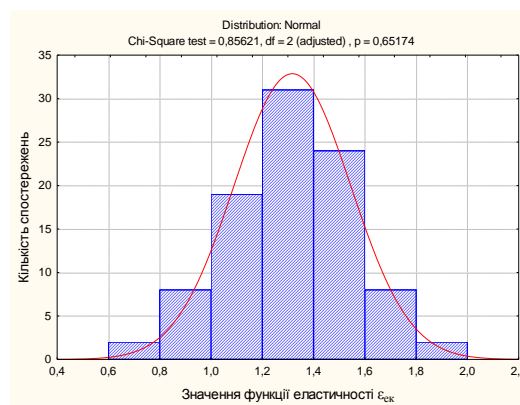


Рисунок 3 – Гістограма розподілу показника еластичності витрат ресурсів на зниження шкідливої дії на навколишнє середовище

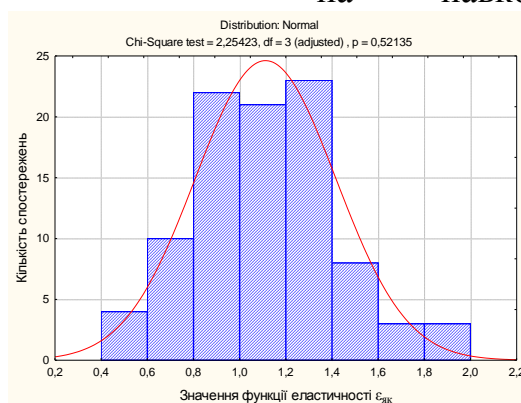


Рисунок 4 – Гістограма розподілу показника еластичності витрат ресурсів за напрямком підвищення якості обслуговування

Значення функції відгуку  $F_{\text{ц}}$  визначається на основі функцій еластичності у відповідності із залежністю (7), при цьому значення часток ресурсів за напрямками сталого розвитку, які оцінюються за результатами вирішення задачі лінійного програмування симплекс-методом, виступають у якості нормуючих значень. Таким чином, результат складання двох нормально розподілених величин  $\epsilon_{\text{ек}}$  та  $\epsilon_{\text{як}}$  і гама-розподіленої величини  $\epsilon_{\text{тек}}$  визначає нормальність функції відгуку.

У четвертому розділі за результатами регресійного аналізу отримано залежності функцій еластичності витрат ресурсів від параметрів попиту, які є основою для вирішення задачі оптимізації розподілу ресурсів за напрямками сталого розвитку, а також розроблені практичні рекомендації по забезпеченню процесу сталого розвитку залізничних станцій. Проведено оцінювання синергетичного ефекту від впровадження заходів з підвищення ефективності використання засобів залізниць.

Для обробки результатів експериментальних досліджень та визначення функціональних залежностей функцій еластичності витрат ресурсів від параметрів попиту була використана методологія регресійного аналізу

отриманих у результаті експерименту вибірок. Визначення цих залежностей було проведено у наступній послідовності:

- формування альтернативних гіпотез про вигляд регресійних моделей;
- визначення коефіцієнтів регресійних моделей для запропонованих альтернативних гіпотез;
- оцінка адекватності отриманих регресійних моделей та вибір моделей найбільш адекватних.

Таким чином, функції еластичності витрат ресурсів за напрямками сталого розвитку в залежності від параметрів попиту на транспортні засоби визначаються як наступна сукупність:

$$\begin{cases} \varepsilon_{\text{тех}} = \mu_{\zeta}^{0,477} \cdot \mu_{\psi}^{0,043}, \\ \varepsilon_{\text{ек}} = 0,370 \cdot \mu_{\zeta} + 0,206 \cdot \ln \mu_{\psi}, \\ \varepsilon_{\text{соц}} = 1, \\ \varepsilon_{\text{як}} = 0,054 \cdot \mu_{\zeta} + 0,268 \cdot \ln \mu_{\psi}. \end{cases} \quad (15)$$

Отримані залежності на практиці дозволяють прийняти рішення відносно вибору найбільш перспективних напрямків витрат ресурсів при цьому достатньою інформацією для прийняття рішення є статистичні характеристики попиту – математичне очікування значень інтенсивності поїздопотоків  $\mu_{\zeta}$  та математичне очікування кількості вагонів у складі вантажного поїзду  $\mu_{\psi}$ .

Було встановлено, що найбільше значення частки витрат ресурсів відповідає тому напрямку, для якого значення функції еластичності витрат ресурсів є максимальним по відношенню до значень функції еластичності для інших напрямків сталого розвитку.

Значення функцій еластичності витрат ресурсів за напрямками сталого розвитку знаходяться у інтервалах, що перетинаються, які мають відносно широку загальну область значень. Тому очевидним є гіпотеза про те, що існує варіабельність для сукупності найбільш пріоритетних напрямків сталого розвитку, яка визначається параметрами попиту.

На рис. 5 показані залежності значень функції еластичності  $\varepsilon_i$  від математичного очікування інтенсивності вагонопотоку при фіксованому значенні параметру  $\mu_{\psi} = 40$  вагонів. У діапазоні, що розглядається, для значення параметру  $\mu_{\zeta} \leq 0,21$  максимальне значення має функція  $\varepsilon_{\text{соц}}$ , в діапазоні  $0,21 < \mu_{\zeta} \leq 0,72$  найбільшим значенням характеризується функція  $\varepsilon_{\text{як}}$ , в діапазоні  $0,72 < \mu_{\zeta} \leq 0,81$  – функція  $\varepsilon_{\text{ек}}$ , і функція  $\varepsilon_{\text{тех}}$  має максимальне значення при  $\mu_{\zeta} > 0,81$ .

Для залежностей функцій еластичності  $\varepsilon_i$  від параметру  $\mu_{\psi}$  при фіксованому  $\mu_{\zeta} = 0,75$  (рис. 6) виділяються наступні діапазони значень  $\mu_{\psi}$ , в яких значення однієї з функцій максимальні: для значення параметра  $\mu_{\psi} \leq 24,32$  максимальне значення має функція  $\varepsilon_{\text{соц}}$ , в діапазоні  $24,32 < \mu_{\psi} \leq 36,29$  найбільшим значенням характеризується функція  $\varepsilon_{\text{тех}}$ , в діапазоні  $36,29 < \mu_{\psi} \leq 45,72$  – функція  $\varepsilon_{\text{ек}}$ , а функція  $\varepsilon_{\text{як}}$  має максимальне значення при  $\mu_{\psi} > 45,72$ .

Наведені на рис. 5 і 6 приклади свідчать про те, що для встановлення найбільш пріоритетних напрямків сталого розвитку достатньо встановити, яка з функцій еластичності має максимальне значення для відомих  $\mu_\zeta$  і  $\mu_\psi$ . Для цього достатньо визначити межі діапазонів  $\mu_\zeta$  та  $\mu_\psi$ , в яких відповідні функції еластичності характеризуються найбільшими значеннями.

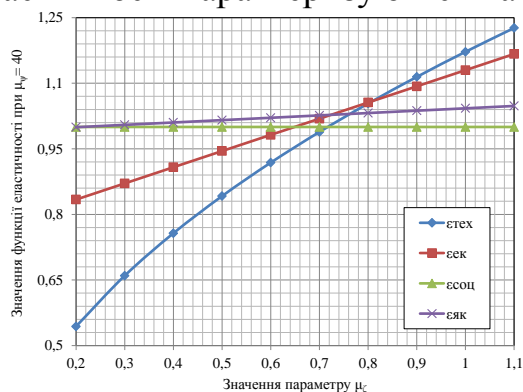


Рисунок 5 – Залежності функцій еластичності витрат ресурсів від параметру  $\mu_\zeta$  при  $\mu_\psi = 40$

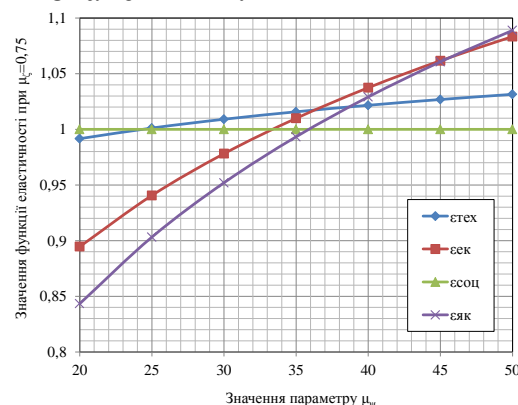


Рисунок 6 – Залежності функцій еластичності витрат ресурсів від параметру  $\mu_\psi$  при  $\mu_\zeta = 0,75$

В табл.1 наведено найбільш пріоритетні напрямки сталого розвитку залізничних станцій Придніпровської залізниці для інтервалів значень параметрів попиту, які були розглянуті у рамках дисертаційної роботи ( для позначення напрямків сталого розвитку в таблиці використовується маркери: Т – удосконалення технологій, Е – зниження шкідливої дії на навколишнє середовище, С – розвиток соціальної складової, Я – підвищення якості обслуговування).

Таблиця 1 – Найбільш пріоритетні напрямки витрат ресурсів на забезпечення сталого розвитку Придніпровської залізниці

Значення параметру $\mu_\zeta$	Значення параметру $\mu_\psi$						
	20	25	30	35	40	45	50
0,2	С	С	С	С	С	Я	Я
0,3	С	С	С	С	Я	Я	Я
0,4	С	С	С	С	Я	Я	Я
0,5	С	С	С	С	Я	Я	Я
0,6	С	С	С	С	Я	Я	Я
0,7	С	С	С	С	Я	Я	Я
0,8	Т	Т	Т	Т	Е	Е	Е
0,9	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Е
1	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т
1,1	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т

Отримані в табл. 1 результати можна використовувати на практиці для визначення найбільш пріоритетного напрямку витрат ресурсів на основі відомих чисельних параметрів попиту.

Проведена в роботі оцінка синергетичного ефекту від впровадження заходів з підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів залізниць



(рис. 7) дозволяє зробити висновок, що залежність величини синергетичного ефекту від параметрів попиту має нелінійну залежність. Мінімальне значення синергетичного ефекту характерно для значення математичного очікування інтенсивності руху в 0,7 од./год. при середньому значенні кількості вагонів у складі вантажного поїзда в 35 од., а максимальне значення ефекту спостерігається для мінімальних значень параметрів попиту із діапазону, що розглядався.

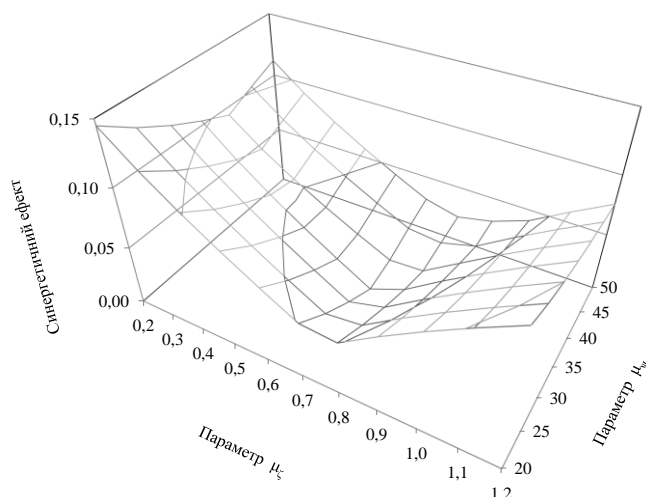


Рисунок 7 – Залежність відносного показника синергетичного ефекту від параметрів попиту на транспортні засоби (на прикладі Придніпровської залізниці).

## ВИСНОВКИ

В даній дисертаційній роботі представлені отримані автором результати, які дозволили вирішити науково-технічну задачу з підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів за рахунок раціонального розподілу ресурсів за напрямками сталого розвитку.

1. Проведений аналіз розробок в області підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів залізниць, дозволив зробити висновок, що існуючі моделі можуть використовуватись при оптимізації використання ресурсів, врахуванні екологічної складової технологічних процесів, але існуючі роботи не містять моделей, які дозволяють запропонувати заходи, які враховують основні вимоги до сталого розвитку в комплексі. Виконаний аналіз також дозволив виділити у якості основних напрямків підвищення експлуатації транспортних засобів залізниць впровадження технологій, які удосконалюють технологічні процеси, комплексну оцінку екологічної складової, а також врахування соціальної складової процесів функціонування.

2. Запропонована система показників дозволяє оцінити ефективність експлуатації транспортних засобів залізниць за основними напрямками сталого розвитку - впровадження технологій, які удосконалюють технологічні процеси, зниження впливу техногенної системи на довкілля, забезпечення соціальної складової розвитку, а також підвищення якості обслуговування клієнтури.

Складовими запропонованого інтегрального показника сталого розвитку є сукупність констант, які визначають економічні параметри експлуатації транспортних засобів, і сукупність показників, які характеризують результат удосконалення техніко-технологічної експлуатації транспортних засобів залізниць.

3. Запропонована модель функціонування залізничної станції дозволяє структурувати залізничні станції як складну систему. На базі розробленої моделі функціонування залізничної станції на макрорівні вирішуються задача оптимального використання засобів транспорту між станціями, а також мережева задача підвищення ефективності використання рухомого складу за рахунок визначення оптимального варіанту розподілу вагонопотоків по транспортній мережі. Розроблена модель функціонування вантажної станції дозволяє вирішувати задачу оптимальної кількості засобів транспортних і вантажно-розвантажувальних робіт станцій.

4. Розроблена імітаційна модель функціонування залізничних станцій та її програмна реалізація, яка містить функції оптимізації розподілу засобів транспорту по станціям, розрахунку оптимальної кількості засобів транспортних і вантажно-розвантажувальних робіт станцій, а також оптимального розподілу ресурсів за напрямками сталого розвитку, дозволяє врахувати недетермінованість параметрів попиту на транспортні засоби. Програмна реалізація імітаційної моделі для залізничних станцій Придніпровської залізниці використана у якості бази для проведення експериментальних досліджень в області підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів залізниць за рахунок забезпечення їх сталого розвитку.

5. Результати проведеного імітаційного моделювання показали, що значення функції еластичності витрат ресурсів на удосконалення технологій має гамма-розподіл, а розподіл випадкових величин еластичності витрат ресурсів за напрямками підвищення екологічної безпеки та якості обслуговування є нормальним. Чисельні результати імітаційного моделювання використані у якості даних для визначення функціональних залежностей показників еластичності витрат ресурсів від параметрів попиту на транспортні засоби.

6. Отримані за результатами регресійного аналізу залежності функцій еластичності витрат ресурсів від параметрів попиту на транспортні засоби є основою для вирішення задачі оптимізації розподілу ресурсів за напрямками сталого розвитку. Використання отриманих регресійних моделей для оцінки коефіцієнтів при визначенні критерію ефективності дозволяє врахувати параметри стохастичного попиту на транспортні засоби при формуванні стратегії сталого розвитку.

7. Вирішуючи задачу оптимального розподілу ресурсів для різних поєднань значень параметрів попиту на транспортні засоби ( $\mu_\zeta$  та  $\mu_\psi$ ) було встановлено, що для найбільш ефективного варіанту експлуатації транспортних засобів залізниць найбільше значення частки ресурсів відповідає тому напрямку сталого розвитку, для якого значення функції еластичності витрат

ресурсів є максимальним по відношенню до значень функцій еластичності для інших напрямків сталого розвитку. Отримані результати доцільно використовувати на практиці для визначення найбільш пріоритетного напрямку витрат ресурсів на основі відомих чисельних параметрів попиту на транспортні засоби.

8. Результати оцінки синергетичного ефекту від впровадження заходів з підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів залізниць, отримані на основі програмної моделі, дозволяють зробити висновок, що залежність величини синергетичного ефекту від параметрів попиту має виражений нелінійний характер. Найменше значення синергетичного ефекту характерно для значення математичного очікування інтенсивності руху в 0,7 од./ год. при середньому значенні кількості вагонів у складі вантажного поїзда в 35 од., а максимальне значення ефекту спостерігається для мінімальних значень параметрів попиту із діапазону, що розглядався (при середній інтенсивності руху в 0,2 од./год. та при середній кількості вагонів в складі -20).

### **СПИСОК ОСНОВНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Приходько В.И. Теоретические основы структурного моделирования на основе ориентированного графа локальных связей / В.И. Приходько, С.В. Мямлин, О.И. Харченко // Залізничний транспорт України. – 2007. – № 5. – С. 46-49.

2. Харченко О.И. Математическое моделирование работы дирекции железнодорожных перевозок / О.И. Харченко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2007. – Вип.19. – С.138-144.

3. Босов А.А. Математичне моделювання раціонального використання ресурсів залізничної станції (Повідомлення 1) / А.А. Босов, К.У. Єлісеєнко, О.І. Харченко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2009. – Вип.27. – С. 205-209.

4. Харченко О.И. Теоретические основы моделирования технологии доставки грузов / О.И. Харченко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2011. – Вип.37. – С. 55-58.

5. Харченко О.И. Исследование подходов к повышению эффективности функционирования подразделений железнодорожного транспорта с позиции устойчивого развития / О.И. Харченко // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2014. – № 4 (52). – С. 52-59 (журнал зареєстровано в наукометричних системах Google Scholar, DOAJ, Index Copernicus, DRJI та ін.).

6. Харченко О.И. Формування системи показників сталого розвитку підрозділів залізничного транспорту / О.І. Харченко // Залізничний транспорт України. – 2015. – № 1. – С. 18-21 (статті реферуються у наукометричній базі РИНЦ).

7. Харченко О.І. Визначення оптимального розподілу капіталовкладень для забезпечення сталого розвитку залізниць / О.І. Харченко // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2015. – № 2 (56). – С. 77-86 (журнал зареєстровано в наукометричних системах Google Scholar, DOAJ, Index Copernicus, DRJI та ін.).

8. А.с. Комп'ютерна програма «Імітаційна модель підрозділу залізничного транспорту»: свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №60039 від 05.06.2015. / О.І. Харченко.

### **СПИСОК ПРАЦЬ АПРОБАЦІЙНОГО ХАРАКТЕРУ**

9. Харченко О.І. Структурное моделирование на железнодорожном транспорте / О.І. Харченко // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології : 4 міжнар. наук.-практич. конф. 26-27 лютого 2008 р.: тези доп. – Київ: ДЕТУТ. – 2008. – С.156-157.

10. Харченко О.І. Структурне моделювання роботи дирекції залізничних перевезень / О.І. Харченко // Проблеми математичного моделювання: міждерж. наук.-метод. конф. 15-16 травня 2008 р.: тези доп. – Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2008. – С. 160-161.

11. Харченко О.І. Исследование влияния работы железнодорожной станции на атмосферный воздух / О.І. Харченко // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 69 міжнар. наук.-практич. конф. 21-22 травня 2009 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2009. – С.103-104.

12. Елисеенко К.В. Определение свойств объекта с помощью классов толерантности / К.В. Елисеенко, О.І. Харченко // Интеграция Украины в международную транспортную систему: II междунар. научно-практ. конф. 27 - 28 мая 2010 г.: тезисы докл. – Днепропетровск: ДНУЖТ. – 2010. – С.35-36.

13. Харченко О.І. Теоретические основы моделирования технологии доставки груза / О.І. Харченко // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 71 міжнар. наук.-практич. конф. 14-15 квітня 2011 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2011. – С.154-155.

14. Харченко О.І. Математичне моделювання технологічного процесу / О.І. Харченко // Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті: міжнар. наук.-практич. конф. 12-13 травня 2011 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2011. – С.27-28.

15. Харченко О.І. Дослідження підходів до управління підприємствами залізничного транспорту як складної системи / О.І. Харченко // Проблеми економіки транспорту: 7 міжнар. наук.-практич. конф. 24-25 квітня 2014 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2014. – С.151-152.

16. Харченко О.І. Формування системи показників сталого розвитку підрозділів залізничного транспорту / О.І. Харченко // Проблеми економіки транспорту: 8 міжнар. наук.-практич. конф. 23-24 квітня 2015 р.: тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ. – 2015. – С.77-78.

## АНОТАЦІЯ

Харченко О.І. Підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів залізниць шляхом раціонального розподілу ресурсів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпропетровськ, 2015.

Дисертація присвячена питанню підвищення рівня ефективності експлуатації транспортних засобів за рахунок раціонального розподілу ресурсів залізниць за напрямками сталого розвитку.

В роботі виконано аналіз наукових підходів до підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів залізниць, а також вивчено концепцію сталого розвитку та її реалізацію при управлінні складними системами, проведено аналіз розробок та визначено напрямки підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів залізниць з позиції їх сталого розвитку. Виконано розробку системи показників, яка дозволяє оцінити ефективність експлуатації транспортних засобів залізниць за основними напрямками сталого розвитку, запропоновано модель функціонування залізничних станцій на макрота мікрорівні. Проведені експериментальні дослідження, які послужили основою для встановлення загального вигляду функції еластичності витрат ресурсів за напрямками сталого розвитку та створили підґрунтя для визначення функціональних залежностей показників еластичності витрат ресурсів від параметрів попиту на транспортні засоби. За результатами регресійного аналізу отримано залежності функцій еластичності витрат ресурсів від параметрів попиту, які є основою для вирішення задачі оптимізації розподілу ресурсів за напрямками сталого розвитку, а також розроблені практичні рекомендації по підвищенню експлуатації транспортних засобів залізниць та забезпеченню процесу їх сталого розвитку.

**Ключові слова:** транспортні засоби залізниць, підвищення ефективності, залізничні станції, сталий розвиток, залізничний транспорт, імітаційна модель.

## АННОТАЦИЯ

Харченко О.И. Повышение эффективности эксплуатации транспортных средств железных дорог путем рационального распределения ресурсов. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Днепропетровск, 2015.

Диссертационная работа посвящена вопросу повышения уровня эффективности эксплуатации транспортных средств за счет рационального распределения ресурсов железных дорог по направлениям устойчивого развития.

На основании проведенного анализа разработок в области повышения эффективности эксплуатации транспортных средств железных дорог, а также изучив концепцию устойчивого развития и ее реализацию при управлении сложными системами, было выделено основные направления повышения эффективности эксплуатации транспортных средств железных дорог за счет обеспечения их устойчивого развития.

Предложенная система показателей позволяет оценить эффективность эксплуатации транспортных средств железных дорог с позиций внедрения технологий, совершенствующих технологические процессы, снижения влияния техногенной системы на окружающую среду, обеспечения социальной составляющей развития, а также повышения качества обслуживания клиентуры.

С целью решения задачи оптимального распределения грузовой работы между станциями, а также решения задачи определения оптимального количества средств транспортных и погрузо-разгрузочных работ была разработана двухуровневая модель функционирования железнодорожных станций.

В качестве базы для проведения экспериментальных исследований в области повышения эффективности эксплуатации транспортных средств железных дорог за счет обеспечения их устойчивого развития была создана программная реализация имитационной модели железнодорожных станций Приднепровской железной дороги, которая позволяет учесть недетерминированность параметров спроса на транспортные средства.

В результате проведенного эксперимента были получены численные результаты, которые использованы в качестве данных для определения функциональных зависимостей показателей эластичности затрат ресурсов от параметров спроса на транспортные средства.

Полученные по результатам регрессионного анализа зависимости функций эластичности затрат ресурсов от параметров спроса являются основой для решения задачи оптимизации распределения ресурсов по направлениям устойчивого развития.

Полученные зависимости рекомендовано использовать на практике для определения наиболее приоритетного направления затрат ресурсов на основании известных численных параметров спроса.

В работе определен синергетический эффект от внедрения мероприятий по повышению эффективности эксплуатации транспортных средств железных дорог.

**Ключевые слова:** транспортные средства железных дорог, повышение эффективности, железнодорожные станции, устойчивое развитие, железнодорожный транспорт, подразделения железнодорожного транспорта.

## THE SUMMARY

Kharchenko O.I. Improving the efficiency of vehicles operation of railways through the rational allocation of resources – Manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.22.20 – exploitation and repair of transport means. – Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, Dnipropetrovsk, 2015.

In the paper the analysis of scientific approaches to improve the efficiency of vehicle operation of railways, and studied the concept of sustainable development and its implementation in the management of complex systems analysis and development and the direction of improving the efficiency of vehicle operation of railways from the perspective of sustainable development. Completed development of a system of indicators to evaluate the effectiveness of that vehicle operation of railways in key areas of sustainable development, the model of functioning railway stations at macro and micro level. Experimental studies that formed the basis for establishing as a function of the elasticity of total cost of resources in areas of sustainable development and the basis for determining functional dependencies elasticities spending resources on the parameters of the demand for vehicles. The results obtained regression analysis functions depending on the elasticity of spending resources on demand options that are the basis for solving the problem of optimizing the allocation of resources in areas of sustainable development, and practical recommendations to improve railway vehicle operation and maintenance process of sustainable development.

**Keywords:** vehicles railways, efficiency, railway stations, sustainable development, rail transport, simulation model.

**ХАРЧЕНКО ОЛЕСЯ ІВАНІВНА**

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ  
ЗАСОБІВ ЗАЛІЗНИЦЬ ШЛЯХОМ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ  
РЕСУРСІВ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку 17.09.2015 р.

Формат 60x84 1/16. Ум. др. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,0.

Тираж 100 пр. Зам. № 609.

Дніпропетровський національний університет  
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №1315 від 31.03.2003

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:  
вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010.