

УДК 629.472.3

ФАЛЕНДИШ А. П., доктор технічних наук, професор,  
ВИХОПЕНЬ І. Р., аспірант,  
ЦАПЕНКО В. Ю., магістрант,  
ШАТАЙЛО Ф. О., магістрант (Український державний університет залізничного транспорту)

## Підвищення ефективності використання електричного рухомого складу в депо

*У статті описано розроблений комплекс заходів, метою якого є підвищення ефективності використання тягового електрорухомого складу в депо.*

*Подано математичний запис структурної схеми комплексу, метою якого є виконання математичного обґрунтування ефективності його впровадження, та визначення по черговості запровадження заходів із запропонованого комплексу.*

**Ключові слова:** локомотивне депо, експлуатація електричного рухомого складу, ефективність експлуатації, технологія ремонту, модернізація електровозів, сучасні електровози, режимні карти.

### Вступ

В Програмі електрифікації залізниць на 2015-2020 рр., яка затверджена наприкінці травня 2015 р. Укрзалізницею, передбачається електрифікувати понад 860 км колії на Одеській, Львівській, Південно-Західній та Придніпровській магістралях.

У прискоренні електрифікації всіх цих напрямків зацікавлені як залізничники, так і держава. Це пояснюється тим, що на сьогодні собівартість перевезень теплотягою на 55-60% більша, ніж електротягою. На закупівлю дизельного пального залізниці витрачають кошти, що рівні з витратами на закупівлю електроенергії на електротягу. І це при тому, що обсяги перевезень на теплотязі становлять усього 9 % від загальних обсягів перевезень. Враховуючи, що електроенергія Україною виробляється самотужки, це сприятиме енергетичній незалежності та суттєвій економії коштів у галузі [1].

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для вирішення задачі щодо підвищення ефективності використання електричного рухомого складу в локомотивному депо проведено аналіз досліджень та публікацій на тему: ремонт електрорухомого складу (ЕРС); організація експлуатаційного процесу та модернізація тягового ЕРС.

Для забезпечення виконання вантажних та пасажирських перевезень потрібно приділяти значну увагу оновленню парку локомотивів, його своєчасному і якісному ремонту. Старіння локомотивного парку і його ремонтних комплексів веде до різкого погіршення їх технічного стану. Тому розроблена програма

оптимізації системи планово-попереджувального ремонту локомотивів з урахуванням їх фактичного стану. Для вирішення цього питання пропонується також: оптимізація ремонтної бази депо з урахуванням полігонних технологій; оптимізація ремонтної бази локомотиворемонтних заводів; оптимізація системи ремонту за рахунок формування нової циклічності ремонту і формування нових видів заводського ремонту; забезпечення безпеки руху на основі впровадження сучасних систем керування якістю технічного обслуговування ТО та ремонту рухомого складу; впровадження моніторингу технічного стану рухомого складу.

Темі модернізації тягового рухомого складу приділяють багато уваги такі науковці та виробничники, як Курбасов А. С., Белухін Д. С., Сергієнко М. І., Варченко Е. В., Лаптев А. А., Олонцевич Д. А. [11 - 16].

Слід зазначити велику різноманітність запропонованих варіантів модернізації електричного рухомого складу: від незначного втручання в конструкцію до заміни майже всього обладнання електровоза.

Оптимізації організації експлуатаційного процесу приділяють увагу такі вчені, як: Логвінова Н. О., Кислий Д. М., Іванов О. П., Бобирь Д. В., Гуриков С. В., Калашніков К. А. [2 - 7].

Для вирішення задачі економії енергоресурсів на тягу поїздів виділяють два основних напрямки роботи:

- оптимізація графіка руху поїздів;
- застосування раціональних режимів керування локомотивом при заданому графіку руху часу ходу.

При цьому другий напрямок є найбільш ефективним, з точки зору економії енергоресурсів, хоча не менш актуальним є і перший.

Аналіз робіт [2 - 5] у галузі оптимального керування показує, що для визначення раціональної програми ведення поїзда по ділянці найбільш перспективними є багатокрокові схеми й алгоритми оптимізації, що ґрунтовані на динамічному програмуванні, його модифікаціях та векторній оптимізації.

Дослідження проблеми збільшення швидкостей руху поїздів, має місце в роботах великої кількості вчених. Практично всіх їх можна розподілити на дві групи: дослідження, направлені на економіко-математичні моделі, що мінімізують витрати залізниць на перевезення, пов'язані з прискоренням просування вантажопотоків, та дослідження з оптимізації маси та швидкості вантажних поїздів, з точки зору використання максимальної пропускної спроможності залізничних напрямків.

#### Визначення мети і задачі дослідження

Метою статті є розроблення комплексу заходів з підвищення ефективності використання електрорухомого складу у депо.

Задачі, які потрібно вирішити в ході даної роботи: аналіз публікацій та досліджень на дану тему; побудова структурної схеми обраних заходів, їх детальний опис; вибір критеріїв оцінки очікуваної ефективності від їх впровадження.

#### Основна частина дослідження

Ефективне вирішення поставленої задачі можливе за рахунок виконання комплексу заходів, які будуть спрямовані на покращення кожної із сфер роботи локомотивного або моторвагонного депо. Для кращого розуміння вищесказаного на рис. 1 схематично зображено комплекс заходів та його структуру, яка розподіляється на три частини, що являють собою умовно розділену роботу, що виконує депо.

З метою здійснення обґрунтування вибору того чи іншого заходу із запропонованого комплексу або обґрунтування застосування комплексу в цілому подано запис структурної схеми в математичному вигляді:

$$A = \{A_1; A_2; A_3\}, \quad (1)$$

де  $A_1$  – комплекс експлуатаційних заходів;

$A_2$  – комплекс конструктивних заходів;

$A_3$  – комплекс ремонтних заходів.

Відповідно до кожної із груп заходів запропоновано основні напрямки покращення ефективності їх роботи.

Це можна зобразити у вигляді масиву:

$$A_1 = \{A_{1.1}; A_{1.2} \dots A_n\}, \quad (2)$$

$$A_2 = \{A_{2.1}; A_{2.2} \dots A_n\}, \quad (3)$$

$$A_3 = \{A_{3.1}; A_{3.2} \dots A_n\}, \quad (4)$$

де  $A_{1.1}; A_{1.2} \dots A_n$  – напрямки покращення ефективності роботи депо в організації експлуатації;

$A_{2.1}; A_{2.2} \dots A_n$  – напрямки покращення ефективності роботи депо в реалізації конструктивних заходів;

$A_{3.1}; A_{3.2} \dots A_n$  – напрямки покращення ефективності роботи депо в організації ремонту ТРС.

У свою чергу кожен із запропонованих заходів, для подальшого їх порівняння, охарактеризовано трьома основними показниками: вартістю запровадження заходу, терміном окупності та очікуваним прибутком.

Тоді

$$A_{1.1} = \{C_{1.1}; T_{1.1}; P_{1.1}\}, \quad (5)$$

де  $C_{1.1}$  – вартість запровадження заходу, грн;

$T_{1.1}$  – термін окупності запровадженого заходу, р.;

$P_{1.1}$  – очікуваний прибуток від запровадження заходу, грн.

За аналогічною схемою можна подати математичний опис інших двох груп заходів.

$$A_{2.1-n} = \{C_{2.1-n}; T_{2.1-n}; P_{2.1-n}\}.$$

В сумі, із множини результатів, буде формуватись загальний параметр, що характеризуватиме ефективність використання електровозів у депо.

Для здійснення розрахунків, метою яких є визначення порядку впровадження того чи іншого заходу із комплексу запропонованих, прийнято рішення застосувати коефіцієнт „важливості заходу“.

Формула для розрахунку коефіцієнта „важливості заходу“:

$$k = \left(P - \frac{C}{T}\right) \cdot 10^{-6} \quad (6)$$

Відмінним варіантом визначення порядку запровадження заходів запропонованих у комплексі є метод вагових коефіцієнтів. Даний метод був обраний з метою виконання визначення порядку запровадження того чи іншого заходу відносно критеріїв їх оцінки, які були описані вище.

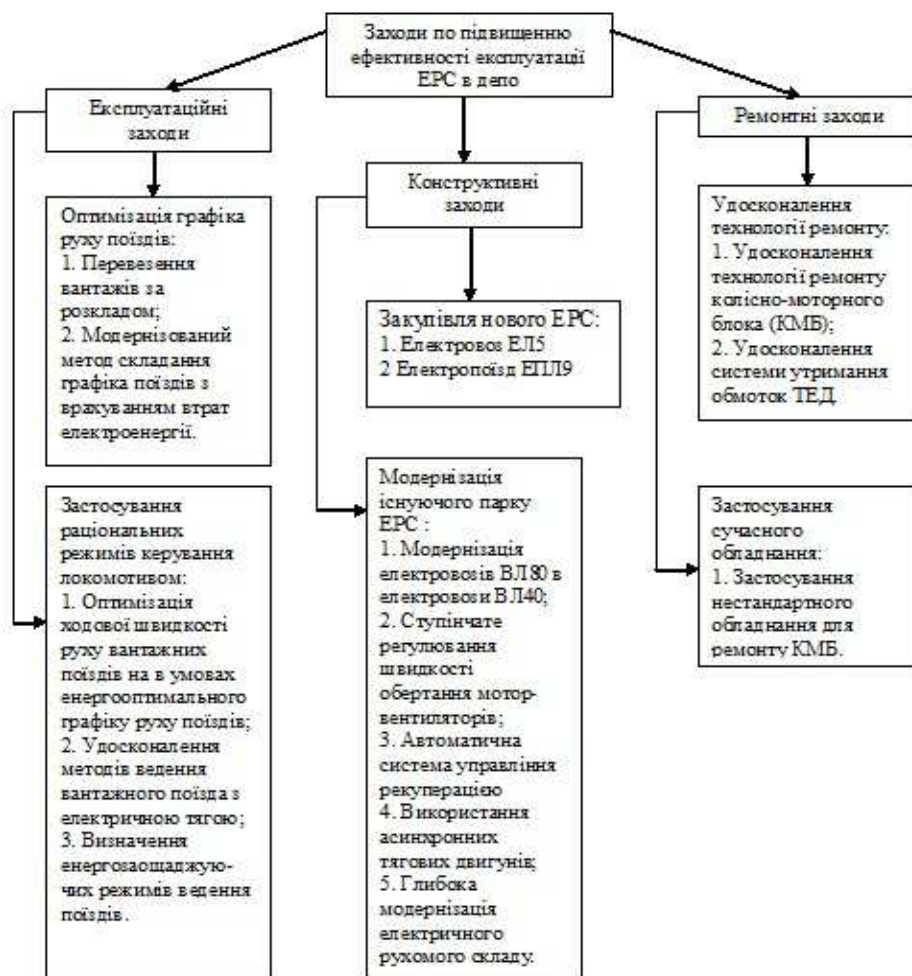


Рис. 1. Структурна схема заходів, спрямованих на підвищення ефективності експлуатації електричного рухомого складу в депо

Для виконання розрахунку даного методу виконується вибір вагових коефіцієнтів для кожного із критеріїв на основі оцінки їх важливості експертами.

Після проводиться визначення значення кожного із заходів відповідно до критерію його оцінки. Значення обраних оцінок важливості заходів за критеріями подано в табличній формі (див. табл. 3).

Визначення пріоритетності кожного із запропонованих заходів здійснюється перемноженням оцінки важливості заходу на відповідний коефіцієнт відповідного критерію.

Отримані результати множення оцінки важливості заходу за критеріями з ваговими коефіцієнтами критеріїв сумують для кожного із запропонованих заходів.

Відповідно з отриманими результатами сумування здійснюють впорядкування заходів від найбільшого

значення до найменшого.

Аналогічно – від найбільшого до найменшого, здійснюють впорядкування заходів на основі величини визначеного коефіцієнта „важливості заходу“.

Очікуваним результатом розрахунку вищеподаних алгоритмів є отримання порядку запровадження запропонованих заходів.

На основі розглянутих моделей було розроблено відповідне програмне забезпечення з визначення першочерговості проведення заходів щодо покращення експлуатації електричного рухомого складу.

Розглянемо детально запропоновані заходи на прикладі електровозів у локомотивному депо. Порівняння різних моделей поїзда показує, що найбільшу похибку у розрахунку швидкості й функціонала ефективності керування дає модель у вигляді матеріальної точки, а найкращу збіжність

дають дискретні моделі у вигляді гнучкої нерозтяжної нитки зі змінною погонною масою та схема "поїзд – ланцюжок твердих тіл", однак ефективна реалізація останньої в оптимізаційних задачах викликає певні обчислювальні труднощі, тому використовується вона лише при дослідженні механічних коливальних процесів, силових взаємодій екіпажів та урахування відповідних обмежень [2].

Одним з найбільш ефективних шляхів економії енергоресурсів є впровадження енергетично оптимальних графіків рухів поїздів і оптимальних режимних карт на головних напрямках залізниць України.

Новим вирішенням комплексного завдання щодо удосконалення режимів тяги вантажних поїздів з урахуванням вартості спожитої активної і реактивної електроенергії в умовах змінних тарифів та оптового ринку електроенергії є кусково-лінійна апроксимація тарифів на електроенергію ОРЕ, що складається із чотирьох інтервалів та дозволяє з необхідною для практики точністю розрахувати вартісно-оптимальні режими тяги поїздів.

Розроблений адаптивний метод розрахунку раціональних режимів ведення поїздів, побудований на нечіткій моделі управління, дає змогу використовувати результати дослідницьких поїздок для формування, із достатньою для практики точністю, режимів тяги. [3].

Удосконалення алгоритму визначення енергоощадних траєкторій руху поїздів з побудовою багатопараметричної функції управління потужності дозволяє зменшити витрату енергоресурсів від 11 до 13 % залежно від профілю колії, маси поїзда та поїзної ситуації порівняно з методикою [4].

Для визначення раціональних швидкостей руху пасажирських та вантажних поїздів проведено оцінку впливу ходових швидкостей руху вантажних поїздів на параметри функціонування інфраструктури ділянки колії, електрифікованої змінним струмом.

При збільшенні ходової швидкості вантажних поїздів (при незмінній швидкості пасажирських) зменшуються величини додаткових витрат електроенергії, тому на залізничних напрямках з великими розмірами пасажирського руху оптимальна ходова швидкість вантажних поїздів з урахуванням даного чинника буде незначно більшою, ніж та, яка отримана при зупинках вантажного поїзда [5].

За допомогою застосування евристичного алгоритму для визначення раціональної послідовності відправлення та інтервалів між поїздами визначено оптимальні інтервали часу між відправленнями поїздів. При дотриманні даних інтервалів витрати електроенергії в тяговій мережі значно зменшаться [6].

Технологія руху вантажних поїздів за розкладом [7] дозволяє отримати економічну вигоду за рахунок зниження затрат на організацію і забезпечення перевезень та підвищення продуктивності рухомого

складу, про що свідчить досвід американських та канадських залізниць.

Застосування технології руху вантажних поїздів за розкладом гарантує відправлення готового рухомого складу по твердій нитці графіка, узгодженій за напрямком прямування та забезпеченій локомотивом і локомотивною бригадою.

Одним із найпростіших у плані реалізації, але не найдешевших варіантів вирішення поставленої задачі є закупівля сучасних зразків електровозів. Як варіант – магістральний вантажний електровоз змінного струму (рис. 2) [8].

Значно дешевшим являється варіант проведення модернізації існуючого парку ЕРС.

З 2008 року на замовлення УЗ проводиться глибока модернізація вантажних електровозів серії ВЛ80 у модифіковані секції ВЛ40у [9]. У результаті дві секції вантажного електровоза переобладнують у два електровоза, призначених для пасажирських поїздів, що дозволяє зменшити дефіцит пасажирських електровозів змінного струму і вивести з експлуатації пасажирські локомотиви серії ВЛ60, які відпрацювали нормативний строк, та вантажні електровози ВЛ80т і ВЛ80с, які через нестачу пасажирських електровозів почали активно використовувати в пасажирському русі.



Рис. 2. Магістральний вантажний електровоз змінного струму 2EL15

Модернізацію проводять Запорізький електровозоремонтний завод (ЗЕРЗ) і Львівський локомотиворемонтний завод (ЛЛРЗ) (рис. 3).

Модернізація електровозів шляхом введення ступінчатого регулювання швидкості обертання вентиляторів охолодження електричних двигунів залежно від реалізованої ними сили тяги забезпечує економію в середньому 225 тис. кВт-год електроенергії на власні потреби за рік (типова конструкція передбачає постійну максимальну швидкість їх обертання) [10 - 11].



Рис. 3. Модернізовані електровози ВЛ40у: зліва модернізація ЗЕРЗ, справа модернізація ЛЛРЗ

Повернення електроенергії в тягову мережу при застосуванні рекуперативного гальмування дозволяє зменшити використання електричної енергії на тягу поїздів і, як наслідок, зменшує питомі витрати в електротязі. Електровози, обладнані системою автоматичного керування рекуперативним гальмуванням, дають можливість рекуперувати енергію на високих швидкостях у певних умовах. Автоматична система дозволяє знижувати витрату піску при рекуперативному гальмуванні [12].

Варіантом для модернізації є використання асинхронних тягових двигунів (АТД) при застосуванні в системі перетворювача, формуючого напругу, змінну за частотою і амплітудою, що потрібно для АТД [13].

При асинхронному приводі можливо скоротити час виконання ремонтних операцій та збільшити добовий час роботи електровозів на 30 %, відповідно збільшити продуктивність у 2 рази.

За узгодженням з Департаментом локомотивного господарства (ЦТ) МПС, ОАО «ВЭлНИИ» розроблено технічні умови для виконання капітально-відновлювального ремонту (КВР), з метою продовження строку служби електровозів змінного струму, ВЛ80т і ВЛ80с, за рахунок глибокої модернізації [14].

Таким чином, основний економічний ефект від створення електровоза Н80М на базі відпрацьованих ВЛ80т і ВЛ80с буде отриманий від впровадження рекуперативного електричного гальмування, удосконаленої системи вентиляції та нової, економічної системи допоміжного електроприводу.

Якість роботи ЕРС, в основному, залежить від рівня їх безвідмовності в експлуатації. Перебої в роботі, зупинки і затримки на шляху прямування,

викликані відмовою локомотивів, призводять до зниження ефективності використання залізничних колій та великих економічних втрат.

Досягнути підвищення надійності локомотивів, покращення їх техніко-економічних показників можна удосконаленням експлуатації, технічного обслуговування та ремонту.

Загальною тенденцією у сфері організації технічного обслуговування та ремонту локомотивів є бажання знизити затрати на їх виконання і досягнути більш високих значень міжремонтних пробігів за умови забезпечення їх надійної роботи.

Створено удосконалений комплекс нестандартного технологічного обладнання для ремонту колісно-моторних блоків з опорно-осьовим підвищенням тягових електродвигунів, застосування якого дозволяє механізувати трудомісткі операції при складанні КМБ, підвищити якість виконання ремонтних операцій, скоротити час простою в ремонті [15].

Заходи та рекомендації з удосконалення системи технічного утримання ізоляції ТЕД електровозів з урахуванням особливостей кліматичних умов зовнішнього середовища. Застосування цих систем дозволить зменшити кількість відмов ізоляції ТЕД на 15...20 %. запропонована удосконала система збору, зберігання та обліку інформації про стан ізоляції обмоток ТЕД електровозів [16].

На базі запропонованої моделі було розроблено програмне забезпечення з визначення порядку виконання раціонального заходу робіт у депо. В результаті збору інформації за кожним із заходів було сформовано базу даних (табл. 1) відповідно до (1-5). Результати розрахунків подано в табл. 2.

## Вихідні дані

Назва заходу	Назва критерію порівняння		
	Вартість запровадження заходу С, грн	Термін окупності запровадженого заходу Т, міс	Очікуваний прибуток від запровадження заходу Р, грн
<b>Експлуатаційні заходи</b>			
<b>Оптимізація графіка руху поїздів:</b>			
- Перевезення вантажів за розкладом	10000	1	85600
- Модернізований метод складання графіка руху поїздів із врахуванням втрат електроенергії	1200	3	3930
<b>Застосування раціональних режимів керування локомотивом:</b>			
- Оптимізація ходової швидкості руху вантажних поїздів в умовах енергооптимального графіка руху поїздів	1500	2	6200
- Удосконалення методів ведення вантажного поїзда з електричною тягою	3200	3	9800
- Визначення енергоощадних режимів ведення поїзда	2300	2	11000
<b>Конструктивні заходи</b>			
<b>Закупівля нового ЕРС:</b>			
- Електровоз ЕЛ5	55000000	77	8510000
<b>Модернізація існуючого парку ЕРС :</b>			
- Модернізація електровозів ВЛ80 в електровози ВЛ40	23000000	36	7630000
- Ступінчате регулювання швидкості обертання мотор-вентиляторів	87000	15	65000
- Автоматична система управління рекуперацією	132000	13	121000
- Використання асинхронних тягових двигунів	450000	24	220000
- Глибока модернізація електровоза ВЛ 80 в Н80М	25000000	41	7150000
<b>Ремонтні заходи</b>			
<b>Удосконалення технології ремонту:</b>			
- Удосконалення технології ремонту колісно-моторного блока (КМБ)	50000	7	75000
- Удосконалення системи утримання обмоток ТЕД	120000	28	50000
<b>Застосування сучасного обладнання:</b>			
- Застосування нестандартного обладнання для ремонту КМБ	280000	19	165000

Виходячи з отриманих результатів розрахунку коефіцієнта важливості заходу від його запровадження, в першу чергу, в депо доцільно виконувати закупівлю нового тягового рухомого складу (коефіцієнт важливості якого склав – 7,795), наступним заходом є модернізація електровозів ВЛ80 в електровози ВЛ40у (коефіцієнт важливості якого склав – 6,991), на третьому місці – глибока модернізація електровозів ВЛ80 в електровози Н80М (коефіцієнт важливості заходу якого склав – 6,540). Наступними по порядку є : використання асинхронних ТЕД (коефіцієнт

важливості якого склав – 0,201); застосування нестандартного обладнання для ремонту КМБ (коефіцієнт важливості якого склав – 0,150).

Вихідними даними для виконання розрахунків за методом вагових коефіцієнтів є їх величина, призначена кожному із критеріїв порівняння методом експертної оцінки.

Значення обраних вагових коефіцієнтів критеріїв порівняння заходів подано в табл. 3. Оцінку важливості критеріїв порівняння подано в табл. 4.

Таблиця 2

## Результати розрахунків коефіцієнта „важливості заходу“

Назва заходу	Коефіцієнт „важливості заходу“, $k$
Експлуатаційні заходи	
Оптимізація графіка руху поїздів:	
- Перевезення вантажів за розкладом	0,075
- Модернізований метод складання графіка руху поїздів із врахуванням втрат електроенергії	0,003
Застосування раціональних режимів керування локомотивом:	
- Оптимізація ходової швидкості руху вантажних поїздів в умовах енергооптимального графіка руху поїздів	0,005
- Удосконалення методів ведення вантажного поїзда з електричною тягою	0,008
- Визначення енергоощадних режимів ведення поїзда	0,009
Конструктивні заходи	
Закупівля нового ЕРС:	
- Електровоз ЕЛ5	7,795
Модернізація існуючого парку ЕРС :	
- Модернізація електровозів ВЛ80 в електровози ВЛ40	6,991
- Ступінчате регулювання швидкості обертання мотор-вентиляторів	0,059
- Автоматична система управління рекуперацією	0,110
- Використання асинхронних тягових двигунів	0,201
- Глибока модернізація електровоза ВЛ 80 в Н80М	6,540
Ремонтні заходи	
Удосконалення технології ремонту:	
- Удосконалення технології ремонту колісно-моторного блока (КМБ)	0,067
- Удосконалення системи утримання обмоток ТЕД	0,045
Застосування сучасного обладнання:	
- Застосування нестандартного обладнання для ремонту КМБ	0,150

Таблиця 3

## Вагові коефіцієнти критеріїв порівняння

Назва критерію	Ваговий коефіцієнт
Вартість запровадження заходу $C$ , грн	9
Термін окупності запровадженого заходу $T$ , міс	3
Очікуваний прибуток від запровадження заходу $P$ , грн	9

## Оцінка важності критеріїв порівняння

Назва заходу	Назва критерію порівняння		
	Вартість запровадження заходу С, грн	Термін окупності запровадженого заходу Т, міс	Очікуваний прибуток від запровадження заходу Р, грн
	Ваговий коефіцієнт=9	Ваговий коефіцієнт=3	Ваговий коефіцієнт=9
<b>Експлуатаційні заходи</b>			
<b>Оптимізація графіка руху поїздів:</b>			
- Перевезення вантажів за розкладом	1	1	9
- Модернізований метод складання графіка руху поїздів із врахуванням втрат електроенергії	1	1	9
<b>Застосування раціональних режимів керування локомотивом:</b>			
- Оптимізація ходової швидкості руху вантажних поїздів в умовах енергооптимального графіка руху поїздів	9	1	3
- Удосконалення методів ведення вантажного поїзда з електричною тягою	3	9	3
- Визначення енергоощадних режимів ведення поїзда	9	3	9
<b>Конструктивні заходи</b>			
<b>Закупівля нового ЕРС:</b>			
- Електровоз ЕЛ5	9	1	9
<b>Модернізація існуючого парку ЕРС :</b>			
- Модернізація електроозів ВЛ80 в електровози ВЛ40	9	3	9
- Ступінчате регулювання швидкості обертання мотор-вентиляторів	1	1	1
- Автоматична система управління рекуперацією	1	1	1
- Використання асинхронних тягових двигунів	3	9	3
- Глибока модернізація електровоза ВЛ 80 в Н80М	9	9	3
<b>Ремонтні заходи</b>			
<b>Удосконалення технології ремонту:</b>			
- Удосконалення технології ремонту колісно-моторного блока (КМБ)	1	3	3
- Удосконалення системи утримання обмоток ТЕД	3	3	3
<b>Застосування сучасного обладнання:</b>			
- Застосування нестандартного обладнання для ремонту КМБ	9	1	9

Результати визначення порядку запровадження запропонованих заходів методом вагових коефіцієнтів подано в табл. 5.



## Результати розрахунків оцінки порядку запровадження заходів експертним методом

Назва заходу	Назва критерію порівняння			Всього
	Вартість запровадження заходу С, грн	Термін окупності запровадженого заходу Т, міс	Очікуваний прибуток від запровадження заходу Р, грн	
	Ваговий коефіцієнт=9	Ваговий коефіцієнт=3	Ваговий коефіцієнт=9	
<b>Експлуатаційні заходи</b>				
Оптимізація графіка руху поїздів:				
- Перевезення вантажів за розкладом	9	3	81	93
- Модернізований метод складання графіка руху поїздів із врахуванням втрат електроенергії	9	3	81	93
Застосування раціональних режимів керування локомотивом:				
- Оптимізація ходової швидкості руху вантажних поїздів в умовах енергооптимального графіка руху поїздів	81	3	27	111
- Удосконалення методів ведення вантажного поїзда з електричною тягою	27	27	27	81
- Визначення енергоощадних режимів ведення поїзда	81	9	81	171
<b>Конструктивні заходи</b>				
Закупівля нового ЕРС:				
- Електровоз ЕЛ5	81	3	81	195
Модернізація існуючого парку ЕРС :				
- Модернізація електровозів ВЛ80 в електровози ВЛ40	81	9	81	171
- Ступінчате регулювання швидкості обертання мотор-вентиляторів	9	3	9	21
- Автоматична система управління рекуперацією	9	3	9	21
- Використання асинхронних тягових двигунів	27	27	27	81
- Глибока модернізація електровоза ВЛ 80 в Н80М	81	27	27	135
<b>Ремонтні заходи</b>				
Удосконалення технології ремонту:				
- Удосконалення технології ремонту колісно-моторного блока (КМБ)	9	9	27	27
- Удосконалення системи утримання обмоток ТЕД	27	9	27	27
Застосування сучасного обладнання:				
- Застосування нестандартного обладнання для ремонту КМБ	81	3	81	165

Виходячи з отриманих результатів порядок запровадження заходів такий: 1. Закупівля нового ТРС, електровозів ЕЛ5 (захід отримав оцінку = 195); 2. Модернізація електровозів ВЛ80 в електровози ВЛ40у (захід отримав оцінку = 171); 3. Визначення енергоощадних режимів ведення поїзда (захід отримав оцінку = 171); 4. Застосування нестандартного обладнання для ремонту КМБ, даний захід отримав оцінку = 165); 5. Глибока модернізація електровозів ВЛ80 в електровози Н80М (захід отримав оцінку = 135).

### Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку

Запропоновано комплекс заходів, результатом впровадження якого є підвищення ефективності використання електровозів у депо.

Для надання конкретних цифр для оцінки ефективності впровадження запропонованого комплексу заходів здійснено розрахунки за двома методами: за критерієм „важливості заходу“ та методом вагових коефіцієнтів.

Порядок запровадження заходів згідно з розрахунком коефіцієнта „важливості заходу“ показав такі результати:

1. Закупівля нового тягового рухомого складу, електровозів ЕЛ5 (коефіцієнт „важливості заходу“ – 7,795).

2. Модернізація електровозів ВЛ80 в електровози ВЛ40у (коефіцієнт „важливості заходу“ – 6,991).

3. Глибока модернізація електровозів ВЛ80 в електровози Н80М (коефіцієнт „важливості заходу“, – 6,540).

4. Використання асинхронних ТЕД (коефіцієнт „важливості заходу“ – 0,201).

5. Застосування нестандартного обладнання для ремонту КМБ (коефіцієнт „важливості заходу“ – 0,150).

Порядок запровадження заходів згідно з результатами розрахунків порівняння критеріїв оцінки методом вагових коефіцієнтів такий:

1. Закупівля нового ТРС, електровозів ЕЛ5 (захід отримав оцінку 195).

2. Модернізація електровозів ВЛ80 в електровози ВЛ40у (захід отримав оцінку 171).

3. Визначення енергоощадних режимів ведення поїзда (захід отримав оцінку 171).

4. Застосування нестандартного обладнання для ремонту КМБ, даний захід отримав оцінку 165).

5. Глибока модернізація електровозів ВЛ80 в електровози Н80М (захід отримав оцінку 135).

### Список використаних джерел

1. Королук, Т. Де буде струм? [Електронний ресурс] / Т. Королук. – Режим доступу: <http://www.magistral-uz.com.ua/> (Дата звернення 09.11.2016).

2. Бобирь, Д. В. Удосконалення режимів ведення вантажного поїзда з електричною тягою [Текст]: автореферат / Д. В. Бобирь. – 2007. – С. – 6-15.
3. Иванов, О.П. Удосконалення режимів тяги поїздів за вартісними показниками при змінних тарифах на електроенергію [Текст]: автореферат / О. П. Иванов. – 2013. – С. – 11-23.
4. Кислий, Д. М. Визначення енергоощаджуючих режимів ведення поїздів [Текст] / Д. М. Кислий // Наука і прогрес транспорту: вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2016. – №1 (61). – С. 71-84.
5. Логвінова, Н. О. Оптимізація ходової швидкості руху вантажних поїздів на залізничному напрямку в умовах енергооптимального графіку руху поїздів [Текст] / Н.О. Логвінова // Електрифікація транспорту, 2015. – № 9. – С. 102-107.
6. Клашников, К. А. Модернизированный метод составления графика движения поездов с учетом потерь электроэнергии [Текст] / К. А. Клашников // Энергоснабжение в транспортных технологиях. – 2013. С. – 4-8.
7. Гуриков, С. В. Эффективность перевозок грузов по расписанию на примере Западно-Сибирской железной дороги [Текст] / С. В. Гуриков, Е. Д. Псеровская // Технические и математические науки: молодежный научный форум. – 2015. – № 6(25). – С. 67-72.
8. Магистральный грузовой электровоз переменного тока 2ЕЛ5 [Електронний ресурс] / інформація / ПАО Луганськтепловоз. – Режим доступу: <http://www.luganskteplovoz.com/ProdOsnProduct/Onl%20yOsnProduct/17#>. (Дата звернення 08.11.2016).
9. ВЛ40у [Електронний ресурс] / Вікіпедія вільна енциклопедія. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%9B40%D0%A3>. (Дата звернення 06.11.2016).
10. Автоматизированное регулирование скорости мотор-вентиляторов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.zeldortrans-journal.ru/publik/spezproekt/2005/september-05-09/mihayl.htm>. (Дата звернення 06.11.2016).
11. Варченко, Е. В. Модернизация системы вентиляции электровозов переменного тока ВЛ80 [Текст] / Е. В. Варченко, В. В. Чумак, В. М. Оливсон // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 22. – С. 10-12.
12. Основні напрямки роботи Укрзалізниці з енергозбереження та її результати [Текст] / М. І. Сергієнко // Локомотив — інформ. – 2010. – № 4. – С. 24 — 26.
13. Белухин, Д.С. Вариант модернизации вспомогательных электроприводов электровозов

переменного тока [Електронний ресурс] / сайт СЦБИСТ. – Режим доступу: <http://scbist.com/xx2/43192-03-1999-vtoroe-rozhdienie-elektrovozov-vl80.html>. (Дата звернення 06.11.2016).

14. Асинхронный привод электровозов: эффективность перевозок, технологичность производства / А. С. Курбасов // Транспорт Российской Федерации. – 2008. – № 6(19). – С. 51-53.
15. Лаптев, А. А. Обеспечение работоспособности колесо-моторных блоков электровозов путем совершенствования технологии ремонта [Текст]: автореферат / А. А. Лаптев. – 2011. – С. 3-17.
16. Оленцевич, Д. А. Совершенствование системы технического содержания изоляции тяговых двигателей электровозов [Текст]: автореферат / Д. А. Оленцевич. – 2010. – С. 3-20.
17. Капітально в умовах депо [Електронний ресурс] // Магістраль: всеукраїнська транспортна газета. – Режим доступу: <http://www.magistral-uz.com.ua/>. (Дата звернення 09.11.2016).
18. Статьи технической тематики из периодических изданий «Регионального Центра Инновационных Технологий» // Второе рождение электровозов ВЛ80 / А. М. Рутштейн [Електронний ресурс] – ВЭЛНИИ. Режим доступу <http://rcit.su>. (Дата звернення 08.11.2016).
19. Нікітін, А. В. Удосконалення методики розрахунку і параметрів твердого графіку руху вантажних поїздів: автореферат / А. В. Нікітін. – 2000. – С. 3-24.

**Фалендыш А.П., Вихопень И.Р., Цапенко В.Ю., Шатайло Ф.А. Повышение эффективности использования электрического подвижного состава в депо.** В статье приведены описания разработанного комплекса мероприятий, целью которого является повышение эффективности использования тягового электроподвижного состава в депо.

Приведены математические записи структурной схемы комплекса, целью которого является выполнение математического обоснования эффективности его внедрения, и определения по очередности внедрения мероприятий из предложенного комплекса.

**Ключевые слова:** локомотивное депо, эксплуатация электровозов, эффективность эксплуатации, технология ремонта, модернизация электровозов, современные электровозы, режимы, режимные карты.

**Falendysh Anatoliy P., Vyhopen Ivan R., Tsapenko Vladimir Y., Shataylo Theodore O. Increasing effective use of the electric rolling stock at locomotive depot.** This article describes the developed set of activities whose goal is to increase the efficiency of use of the traction electric rolling stock depot.

For effective solve the problem suggested to perform a complex of measures aimed at improving each of the areas of activity of the locomotive depot. For a better understanding of the above, the figure in the main text of Article schematic set of activities - its structure, which is divided into three parts, which are conditionally divided the work that carries the depot.

In purpose of the determine the order of implementation of measures from the developed complex and justify the use of the complex as a whole, shows a plot of the block diagram shown in the figure in the mathematical form.

To perform the calculations and justify determine the order of the adoption of measures describes the calculation of "the importance of the event" factor that takes into account the main parameters that characterize each of the events. The list of parameters and their values according to the analysis of data presented in tabular form in the main text of the article.

Different method for determining the sequence of implementation of measures chosen method of weighting coefficients, which is based on the appointment of weighting factors for each of the selected parameters characterizing the event expert method.

Based on the calculation algorithms described and presented initial data performed software development, and shows the obtained results of the calculations on which the composition of the county list which reflects the order of the introduction of measures complex.

**Keywords:** locomotive depot, electric locomotives exploitation, operation efficiency, repair technology, modernization of electric locomotives, electric locomotives modern, regime cards.

Надійшла 09.11.2016 р.

**Фалендиш Анатолій Петрович** – доктор технічних наук, професор кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу», Український державний університет залізничного транспорту, м.Харків, Україна.

**Вихопень Іван Романович** – аспірант кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу», Український державний університет залізничного транспорту, м.Харків, Україна. E-mail: [crownwick@bigmir.net](mailto:crownwick@bigmir.net).

**Цапенко Володимир Юрійович** – магістрант кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» Український державний університет залізничного транспорту, м.Харків, Україна.

**Шатайло Федір Олексійович** – магістрант кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» Український державний університет залізничного транспорту, м.Харків, Україна.

**Falendysh Anatoliy** - PhD, Professor, Professor department of "Maintenance and repair of rolling stock" Ukrainian State University Railway Transport, Kharkiv, Ukraine.

**Vyhopen Ivan Romanovich.** - Postgraduate student, department of "Maintenance and repair of rolling stock", Ukrainian State University Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: crownwick@bigmir.net.

**Tsapenko Vladimir Y.** – magistrant, department "Maintenance and repair of rolling stock", Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine.

**Shataylo Theodore O.** – magistrant, department "Maintenance and repair of rolling stock," Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine.