

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет “Транспортна інженерія”

Кафедра “Локомотиви”

“ДО ЗАХИСТУ”

Зав.кафедрою Б. Боднар Борис БОДНАР

“19” 01 2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи *магістра*

на тему: “Дослідження ефективності використання альтернативних
видів тяги на станції”

за освітньою програмою: “Локомотиви та локомотивне господарство”
зі спеціальності 273 “Залізничний транспорт”
галузі знань 27 “Транспорт”

Виконав: студент групи ЛГ2221

І. Полщук Іван ПОЛЩУК
Керівник О. Очкасов Олександр ОЧКАСОВ
Нормоконтролер Л. Колодій Людмила КОЛОДІЙ

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.

Студент І. Полщук

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
UKRAINIAN STATE UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES

Faculty “*Transport engineering*”

Department “*Locomotives*”

Explanatory Note
to Master’s Thesis

master

on the topic: “**Study of the efficiency of using alternative types of traction
at the Sknyliv station**”

according to educational curriculum: “*Locomotives and Locomotive Economy*”
in the Speciality 273 “*Railway transport*”
Branch of knowledge 27 “*Transport*”

Done by the student of the group *LG2221*:

Ivan POLISHCUK

Scientific Supervisor: Oleksandr OCHKASOV

Normative controller: Liudmyla KOLODII

Dnipro, 2024

Український державний університет науки і технологій

Факультет «*Транспортна інженерія*», кафедра «*Локомотиви*»

Спеціальність 273 «*Залізничний транспорт*»

за ОП «*Локомотиви та локомотивне господарство*»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри «Локомотиви»

_____ Борис БОДНАР

« ____ » _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу на здобуття ОС «*магістр*»

студенту групи *ЛГ2221*

Поліщуку Івану Борисовичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: «**Дослідження ефективності використання альтернативних видів тяги на станції Скнилів**»
затверджена наказом від «**17**» січня 2023 р № 31ст
2. Термін подання студентом закінченої роботи «**12**» січня 2024 р
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: показники роботи маневрового тепловоза ЧМЭЗ на станції Скнилів
4. Перелік креслень (демонстративного матеріалу)
 - 1) Схеми альтернативних видів тяги для виконання маневрової роботи.
 - 2) Матриця оцінки придатності тієї чи іншої технології тяги для різних сценаріїв експлуатації.

3) Гістограма розподілу часу тепловоза ЧМЭЗ по позиціях КМ під час виконання маневрової роботи на ст. Скнилів.

4) Експлуатаційні характеристики двигунів внутрішнього згорання.

5. Перелік питань до розробки та термін виконання

Назва розділу кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Обсяг розділу, %
Особливості експлуатаційної роботи на станції Скнилів	28.11.2023	20
Режими експлуатаційної роботи маневрових локомотивів	10.12.2023	20
Використання альтернативних видів тяги для маневрової роботи	19.01.2024	25
Визначення ефективності використання накопичувачів електричної енергії на тепловозах	09.01.2024	35

Студент _____ Іван ПОЛІЩУК

Керівник роботи _____ Олександр ОЧКАСОВ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І СЛОВНИК ТЕХНІЧНИХ ТЕРМІНІВ

АС ВТП	Автоматизована система ведення технологічних процесів
ТРА	Технічно-розпорядчий акт
ДГУ	Дизель-генераторна установка
ТО	Технічне обслуговування
ТР	Поточний ремонт
ККД	Коефіцієнт корисної дії
АКБ	Акумулятна батарея
ВПЕ	Водневий паливний елемент
КМ	Контактна мережа
ПКМ	Позиція контролера машиніста

					0032.220262.000.01МР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		4

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ I. ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА СТАНЦІЇ	
СКНИЛІВ	7
1.1 Основні показники експлуатаційної роботи	7
1.2. ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ СТАНЦІЇ СКНИЛІВ	13
Висновки до розділу 1	15
РОЗДІЛ II. РЕЖИМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАНЕВРОВИХ	
ЛОКОМОТИВІВ	16
2.1 УМОВИ І РЕЖИМИ РОБОТИ МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ	16
2.2 ВПЛИВ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ НА РЕЖИМИ РОБОТИ ТЕПЛОВОЗІВ	20
Висновки до розділу 2	25
РОЗДІЛ III. ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДІВ ТЯГИ ДЛЯ	
МАНЕВРОВОЇ РОБОТИ	26
Висновки до розділу 3	37
РОЗДІЛ IV. ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ	
НАКОПИЧУВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ТЕПЛОВОЗАХ	38
Висновки до розділу 4	49
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	50
БІБЛІОГРАФІЯ	52
СПИСОК РИСУНКІВ	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
СПИСОК ТАБЛИЦЬ	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
АНОТАЦІЯ І КЛЮЧОВІ СЛОВА	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.

					0032.220262.000.01MP.ПЗ					
Вим	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата						
Розробив		Поліщук І. Б.			Дослідження ефективності використання альтернативних видів тяги на станції Скнилів			Літ	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Очкасов О. Б.						У	5	52
Н. контр.					гр. ЛГ2221					
Затвердив		Боднар Б. Є.								

ВСТУП

На сьогодні одним із актуальних завдань світового масштабу є вирішення проблеми раціонального та економічного використання паливно-енергетичних ресурсів. Це пов'язано з тим, що значний розвиток паливно- і енергоємних галузей економіки, особливо транспортного сектору, призводить до інтенсивного скорочення запасів якісної органічної сировини, насамперед нафти і газу, що також є найбільш зручними та застосовуваними видами палива.

Слід відзначити, що саме залізничний транспорт є одним із найбільших споживачів енергоресурсів. Для підвищення ефективності економіки залізничного транспорту потрібне раціональне використання енергоресурсів та знаходження методів щодо їх скорочення. Тому на даний час, активно ведуться роботи щодо запровадження нових форм та методів роботи, які забезпечать зниження енерговитрат. Одним із напрямків пошуку шляхів зменшення витрати енергоресурсів є визначення ефективності використання різних видів тяги або доцільність їхнього поєднання.

Пріоритетним напрямом підвищення енергоефективності тягового рухомого складу є використання у складі тягового електроприводу накопичувачів енергії. Створення силових енергетичних установок, до складу яких входять основні джерела енергії та бортові накопичувачі енергії, дозволяє організувати ефективне акумулювання та подальше використання енергії, що і є найбільш потужним інструментом енергозбереження.

Об'єктом дослідження в даній роботі є маневровий локомотив ЧМЕЗ.

Предметом дослідження являється пошук шляхів ефективної експлуатації маневрового локомотива ЧМЕЗ на станції Скнилів.

					0032.220262.000.01МР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		6

РОЗДІЛ I. ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА СТАНЦІЇ СКНИЛІВ

1.1 ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Основні показники експлуатаційної роботи визначаються за кількістю вагонів та локомотивів. Чисельність вагонів виражається у фізичних та умовних одиницях. Фізичною одиницею вважається кожен вагон незалежно від кількості осей та вантажопідйомності. Умовними одиницями вимірюють довжину складу.

Показники експлуатаційної роботи поділяються на кількісні та якісні.

Кількісні показники характеризують обсяги перевезень пасажирів та вантажів, а також роботу рухомого складу. До них відносяться: кількість перевезених пасажирів, пасажирообіг, кількість завантажених та вивантажених вагонів (навантаження, вивантаження), вантажообіг, пробіги вагонів, локомотивів, поїздів, вантажонапруженість та ін.

Навантаження та вивантаження враховують у фізичних вагонах та тоннах, вантажообіг – у тонно-кілометрах нетто (т·км), пасажирообіг – у пасажиро-кілометрах (пас.-км). Пробіги рухомого складу вимірюються у вагоно-кілометрах (ваг.-км), локомотиво-кілометрах (локомотиво-км), поїздо-кілометрах (поїздо-км). Вантажонапруженість, або густина перевезень (завантаження лінії) визначається тонно-кілометрами нетто на 1 км лінії на рік.

Якісні показники характеризують використання рухомого складу. До них відносяться: швидкість руху поїздів, оборот вагона, середньодобовий пробіг та продуктивність вагонів, локомотивів, статичне та динамічне навантаження вагона, продуктивність праці та собівартість перевезень. Швидкість руху поїздів відображає рівень технічного оснащення залізниць та якість організації руху. З підвищенням швидкості руху поїздів скорочуються терміни доставки вантажів, прискорюється проїзд пасажирів, покращується використання вагонів та локомотивів, збільшується провізна спроможність ліній.

Існуюча система первинного обліку та звітності локомотивів дозволяє

					0032.220262.000.01МР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		7

встановити тимчасові періоди, у яких певний маневровий локомотив перебував у розпорядженні станції. Це враховується під час розрахунку значень інтегральних показників використання локомотивів на відповідному рівні. Крім того, за допомогою низки інформаційних систем можна встановити, чи рухався маневровий локомотив, чи стояв, як він пересувався: з вагонами або без них. Однак цього мало для розуміння корисності та ефективності його використання.

Стоянка маневрового локомотива може бути спричинена різними причинами або становити частину його роботи. Пересуватись маневровий локомотив може з складом поїзда, з одним або декількома вагонами чи резервом. У всіх випадках за такою формальною ознакою не можна визначити, наскільки раціонально використовується маневровий локомотив. За різних форм, методів маневрової роботи та особливостей умов на станціях це неможливо зробити автоматично.

Отже, показники, що успішно використовуються для обліку та визначення ефективності роботи поїзних локомотивів: пробіг, розрахункова швидкість прямування, коефіцієнт використання сили тяги локомотива, продуктивність, завантаження, час знаходження локомотива в русі та ін., у випадку з маневровими локомотивами є не достатньо інформативними і повинні бути модернізовані чи замінені іншими.

Показники наявності, стану та використання локомотивів

В результаті досліджень, проведених у роботі [1], було запропоновано декілька розрахункових показників, які доповнюють діючу систему показників наявності, стану та використання локомотивів з урахуванням специфіки маневрової роботи:

– коефіцієнт завантаження локомотива, спеціально виділеного для маневрової роботи на станціях та іншої маневрової роботи. Даний показник характеризується часткою часу, який необхідний для виконання необхідних операцій, у сумарному часі маневрових локомотивів робочого парку;

– продуктивність локомотива, спеціально виділеного для маневрової

					0032.220262.000.01MP.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		8

роботи на станційних коліях. Показник характеризується кількістю перероблених вагонів, які припадають на один локомотив робочого парку загалом на добу;

– коефіцієнт забезпеченості маневрової роботи на станції спеціально виділеними локомотивами - відношення розрахункової (планової) кількості маневрових локомотивів на станції за звітний період до фактичної кількості спеціально виділених локомотивів для виконання маневрової роботи на станції.

У цьому переліку коефіцієнт завантаження маневрового локомотива є єдиним показником, розрахунок якого залежить від випадкових величин, від фактичної тривалості маневрових операцій. Розглянемо деталі його розрахунку.

Коефіцієнт завантаження маневрового локомотива

Контроль ефективності використання маневрових локомотивів пропонується зробити на основі принципу обов'язковості дотримання технології: структура та тривалість операцій повинні відповідати встановленим на станції технологічним нормам, а їх кількість фактичному обсягу виконаної роботи.

Технологічним процесом кожної технічної, вантажної та пасажирської станції на підставі норм часу на маневрову роботу та хронометражних вимірювань встановлено тривалість маневрових операцій. Фактичну кількість таких операцій дають статистичні звіти. Об'єднавши ці відомості, можна встановити потрібний час, що необхідний (за технологією) виконання маневрової роботи з участю локомотива, і зіставити його з часом фактичного знаходження маневрових локомотивів у розпорядженні станції. Таким чином, коефіцієнт завантаження локомотивів, спеціально виділених для маневрової роботи на станціях та іншої маневрової роботи, визначиться за формулою (1) як відношення сумарного часу, необхідного для виконання маневрової роботи, до фактичних тимчасових витрат парку маневрових локомотивів, які виконали цю роботу $\sum T_{\text{роб.}}^{\text{ман}}$:

					0032.220262.000.01MP.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		9

$$K^3_{\text{ман}} = \frac{\sum T^{\text{техн.}}}{\sum T^{\text{ман}}_{\text{роб.}} \cdot k_{\text{п}} \cdot \alpha_{\text{вр.}}} \quad (1)$$

$$\sum T^{\text{техн.}} = \sum t_i^{\text{техн.}} \cdot n_{\text{оп } i}^{\text{факт}} \quad (2)$$

де $t_i^{\text{техн.}}$ – тривалість виконання маневрової операції згідно з технологічним процесом роботи станції; для всіх типів станцій визначається за Комплексною автоматизованою системою ведення технологічних процесів роботи залізничних станцій (АС ВТП) для кожного виду операцій, год;

$n_{\text{оп } i}^{\text{факт}}$ – фактична кількість маневрових операцій кожного виду, передбачених технологічним процесом роботи станції за звітний період. Визначається на основі наявних станційних автоматизованих систем;

$\sum T^{\text{ман}}_{\text{роб.}}$ – сумарна тривалість перебування у робочому парку за розглянутий розрахунковий період локомотивів, виділених для маневрової роботи на станції, на коліях незагального користування та на тракційних коліях лінійних підприємств. Як джерело даних рекомендовано використовувати форму внутрішньої статистичної звітності, год;

$k_{\text{п}}$ – коефіцієнт для обліку можливих перерв у маневровій роботі внаслідок відмов технічних засобів (коефіцієнт надійності інфраструктури), який без розрахунку для станцій може бути прийнятий як 0,97;

$\alpha_{\text{вр.}}$ – коефіцієнт ворожості пересування для обліку тривалості операцій, що викликають перерви у виконанні маневрової роботи, у загальній тривалості доби; при відсутності розрахунку для відповідної станції може бути прийнятий як 0,93–0,95.

					0032.220262.000.01МР.ПЗ	Арк.
						10
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Саме коефіцієнт завантаження покаже розрив між потрібним та фактичним робочим парком маневрових локомотивів на станції, який залежить не тільки від якості управлінських рішень, а й від безлічі об'єктивних та часто випадкових причин: фактичної, а не розрахункової нерівномірності підходу поїздів та виконання технологічних операцій, змін номенклатури вантажів, несправностей технічних засобів тощо. Тому разове зіставлення абсолютних значень фактичних і розрахункових тимчасових витрат за маневрову роботу може бути основою для аналізу. Однак динаміка значень показників маневрової роботи за звітний період (місяць, квартал, рік), зіставлення отриманих величин у розрізі однотипних станцій та однієї станції за різні періоди, аналіз значень показників за окремими видами операцій (розформування складів з гірки, закінчення формування подачі на витяжній колії, подача на вантажний фронт і т. д.) дасть інформацію для необхідних рішень щодо покращення управління чи коригування технології.

Аналіз тривалості виконання маневрових операцій

Точна тривалість виконання маневрових операцій – випадкова величина, яка залежить від стану вагонів, що надходять із зовнішньої мережі, місцевих умов та інших факторів. Тому актуальний є визначення меж, у яких перебуває ця випадкова величина, та закономірностей її розподілу.

Використання методів теорії ймовірностей та математичної статистики дозволяють вирішити поставлене завдання [2]. При обробці статистичних даних, по-перше, потрібно визначити вибіркоче середнє \bar{t} , що характеризує положення випадкової величини t , за формулою:

$$t = \sum_{i=1}^k t_i \cdot p_i \quad (3)$$

де t_i – значення випадкової величини в i -му інтервалі;

p_i – емпірична ймовірність (частина) рівності випадкової величини значенню t_i .

					0032.220262.000.01MP.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		11

$$p_i = \frac{h_i}{\sum_{i=1}^k h_i} \quad (4)$$

де h_i – кількість спостережень випадкової величини n_i ;

$\sum_{i=1}^k h_i$ – загальна кількість спостережень;

i – номер ($i = 1, 2, \dots, k$).

По-друге, потрібно визначити вибіркочну дисперсію D_t , що характеризує розсіювання значень випадкової величини біля її середнього значення:

$$D_t = \sum_{i=1}^k x_i^2 \cdot p_i - (\bar{t})^2 \quad (5)$$

σ_t – середньоквадратичне відхилення, що характеризує середнє абсолютне відхилення випадкової величини від його середнього значення:

$$\sigma_t = \sqrt{D_t} \quad (6)$$

І по-третє, для перевірки однорідна або неоднорідна сукупність даних, необхідно виконати оцінку коефіцієнта варіації V_t , що характеризує відносне розсіювання випадкової величини по відношенню до середнього значення:

$$V_t = \frac{\sigma_t}{\bar{t}} \quad (7)$$

Вибіркове середнє, що розраховане для однорідної сукупності є значним, тобто дійсно характеризує її, для неоднорідної сукупності – незначним, тобто не характеризує її внаслідок значного розкиду значень ознаки в сукупності.

					0032.220262.000.01MP.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		12

Коливання тривалості маневрових операцій призводять до відхилень коефіцієнта завантаження локомотивів у маневровій роботі на станції, які можуть бути розраховані за формулою:

$$\sigma_{k_{\text{ман}}^{\text{эф.}}} = \frac{1}{\left(\sum t_{\text{роб.}}^{\text{ман.}} \cdot k_{\text{п}} \cdot \alpha_{\text{вр.}}\right)} \sqrt{\sum D_{t_{\text{техн.}}} \cdot n^2} \quad (8)$$

де n – кількість окремих маневрових операцій.

Межі коефіцієнта завантаження локомотивів у маневровій роботі на станції можуть бути визначені за правилом трьох сігм: усі дані з ймовірністю 0,997 знаходяться в межах $\pm 3\sigma$ (формула 7) від середнього вибіркового (формула 3).

Отже, для розрахунку коефіцієнта завантаження локомотивів, спеціально виділених для маневрової роботи на станції, обґрунтовано можуть бути використані нормовані значення технологічного часу виконання маневрових операцій.

1.2. ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ СТАНЦІЇ СКНИЛІВ

Відповідно до ТРА станції Скнилів [3], станція за характером роботи є вантажна і віднесена до другого класу.

У непарному напрямку станція примикає до станції «Оброшин» двоколіїним перегонем, який обладнаний двостороннім автоматичним блокуванням. У парному напрямку станція примикає до ст. «Львів» та ст. «Рудне». До ст. «Львів» по колії I використовується одностороннє автоматичне блокування, по колії II – двостороннє автоматичне блокування. Між ст. «Скнилів» та ст. «Рудне» використовується двоколіїний перегін з двостороннім автоматичним блокуванням.

На ст. «Скнилів» є дві витяжні колії №29 і №31. На цих коліях здійснюється формування груп вагонів для подачі на вантажний район та під'їзні

					0032.220262.000.01МР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		13

колії.

На ст. «Скнилів» роботою маневрових локомотивів на всіх коліях станції розпоряджається маневровий диспетчер. Всі маневрові пересування в приймально-відправному парку допускаються тільки з дозволу чергового по станції. При передачі стрілок на місцеве управління з поста електричної централізації МВ-2 перевод стрілок при маневрах здійснюється маневровим диспетчером.

На станції є три маневрових райони (табл. 1).

Таблиця 1 – Спеціалізація районів роботи маневрових локомотивів

Райони роботи	Основний характер роботи, яка виконується	Серії локомотивів
1	2	3
Маневровий район №1		
Непарний бік приймально-відправного: колії №I, II, III, 4, 5, 6, 9, 11, 29, 33; Вантажний район: колії №13, 15, 17; Непарний бік парку «База»	Розформування та формування передаточних поїздів, відчеплення і причеп-лення груп вагонів до транзитних поїздів, підбирання вагонів по вантажних фронтах, подавання, забирання вагонів після закінчення вантажних операцій	ЧМЕЗ
Маневровий район №2		
Парний бік Приймально-відправного	Розформування і формування передаточних поїздів, відчеплення і причеп-лення груп вагонів до транзитних поїздів, підбирання вагонів по вантажних фронтах, подавання, забирання вагонів після закінчення вантажних операцій	ЧМЕЗ

1	2	3
Маневровий район №3		
Парний бік вантажного району; Парк «База»: колії №21, 23, 25	Розформування і формування передаточних поїздів, відчеплення і причеп-лення груп вагонів до транзитних поїздів, підбирання вагонів по вантажних фронтах, подавання, забирання вагонів після закінчення вантажних операцій	ЧМЕЗ

На станції працює один маневровий локомотив.

При необхідності в I маневровому районі дозволяється працювати двом маневровим локомотивам. При цьому:

– один з них працює на коліях №15, 17, 19, 21, 23 з виїздом до сигналу М35, а другий локомотив працює на коліях № III, 5, 9 з виїздом по Мшанській II перегонній колії за світлофор М27, або Рудненській I перегонній колії за сингал М24.

– один маневровий локомотив може працювати на коліях №5, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23 з виїздом по Мшанській II перегонній колії за сигнал М27, а другий в той же час працює по направленню колії № III з вихздом на колію № I за сигнал М31, або на колію № II за сигнал М25.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

– розглядаючи та аналізуючи показники, що успішно використовуються для обліку та визначення ефективності роботи локомотивів встановлено, що не всі вони є достатньо інформативними і за можливості повинні бути модернізовані або замінені іншими;

– розглянуто основні особливості роботи станції Скнилів, а саме виконання маневрової роботи.

					0032.220262.000.01МР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		15

РОЗДІЛ II. РЕЖИМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАНЕВРОВИХ ЛОКОМОТИВІВ

2.1 УМОВИ І РЕЖИМИ РОБОТИ МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ

Пошуки шляхів та оцінка ефективності експлуатації маневрових тепловозів, режимів роботи та паливної економічності можлива лише за ретельного вивчення, аналізу їх експлуатації, параметрів режимів навантаження дизель-генераторних установок (ДГУ), системи технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР).

Режими роботи тепловозів в експлуатації є різноманітними і залежать від багатьох факторів.

В якості оціночних показників режимів використовуються

- коефіцієнт використання потужності дизеля;
- розподіл часу роботи по позиціях контролера машиніста;
- кількість перемикачів контролера машиніста;
- кількість скидань-накидань навантаження на дизель.

Коефіцієнт використання потужності являє собою відношення середньо експлуатаційної потужності $N_{ем}$ до номінальної $N_{е ном}$.

$$k = \frac{N_{ем}}{N_{е ном}} \quad (9)$$

Якщо в період часу, що розглядається, враховується уся робота дизеля, включаючи його холостий хід, то коефіцієнт використання потужності носить назву коефіцієнт використання потужності бруто $k_{бр}$, якщо враховується лише робота дизеля під навантаженням, то цей коефіцієнт називається коефіцієнтом використання потужності нетто – $k_{нт}$.

Середньоексплуатаційна потужність визначається за формулою:

					0032.220262.000.01МР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		16

$$N_{\text{ем}}^{\text{нт}} = \frac{\sum B - \sum b_x \Delta \tau_x}{g_{\text{ем}} \sum \Delta \tau_n} \quad (10)$$

- де $\sum b_x \Delta \tau_x$ – витрата палива на холостому ході за дослід, кг;
 $\sum B$ – загальна витрата палива за дослід, кг;
 $g_{\text{ем}}$ – середня питома витрата палива при роботі під навантаженням, кг/(кВт год.);
 $\sum \Delta \tau_n$ – сумарний час роботи дизеля під навантаженням, год.

Ця формула може бути застосована для тепловозів з передачею будь-якого типу. Для тепловозів з електропередачею, що мають 15 позицій контролера машиніста, середньоексплуатаційна потужність (кВт) дизеля може бути визначена за наступною залежністю:

$$N_{\text{ем}}^{\text{бр}} = \frac{\sum_{i=0}^n I_{\text{гн}} U_{\text{гн}} \frac{1}{\eta_{\text{г}}} \Delta \tau_n k_{\text{доп}}}{\sum_{i=0}^n \Delta \tau_n} \quad (11)$$

- де $I_{\text{г}}, U_{\text{г}}, \eta_{\text{г}}$ – відповідно струм, напруга і ККД генератора на окремих позиціях контролера;
 $\Delta \tau$ – інтервал часу роботи дизеля на окремих позиціях, год.;
 $k_{\text{доп}}$ – коефіцієнт, що враховує втрати потужності на привід від дизеля допоміжних агрегатів на окремих позиціях.

По мережі залізниці і по різних маневрових тепловозах коефіцієнти використання потужності як правило складають: $k_{\text{бр}} = 0,087 \dots 0,122$;
 $k'_{\text{бр}} = 0,093 \dots 0,133$;

$k_{\text{бр}}$ – коефіцієнт використання потужності з врахуванням гарячого резерву;

					0032.220262.000.01МР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		17

$k'_{\text{ор}}$ – те ж без врахування гарячого резерву.

Коефіцієнт використання потужності при роботі під навантаженням $k_{\text{нт}} = 0,16...0,2$. Але є станції, де коефіцієнт використання потужності маневрових тепловозів знаходиться на дуже низькому рівні $k'_{\text{ор}} = 0,05...0,07$, а також станції, де він відносно високий $k'_{\text{ор}} = 0,14...0,17$.

Доля часу роботи дизелів на холостому ходу складає від 40 до 57% часу роботи дизелів за оборот тепловозу. Менші значення мають місце в літній час.

Коефіцієнт використання потужності дизелів становить $k_{\text{ор}} = 0,3...0,4$; $k_{\text{нт}} = 0,62...0,74$.

На номінальній потужності дизелі працюють від 2,5 до 15% сумарного часу. Кількість скидань до холостого ходу – накидань навантаження коливається від 4 до 6,1 за 1 годину роботи дизеля.

При проектуванні локомотивів, вдосконаленні системи їх експлуатації та оцінці паливної економічності недостатньо знати лише один параметр – час роботи локомотива T в інтервалі потужності, тому що на кожній позиції контролера навіть у дизель-генератора одного типу, встановленого на тепловозі, розвивається різна потужність, а для ДГУ різного типу неможливо побудувати узагальнену характеристику. Тому для аналізу режимів навантаження та оцінки паливної економічності ДГУ маневрових тепловозів в умовах реальної експлуатації запропоновано комплекс енергетичних параметрів: вироблена дизель-генератором енергія A_e , кВт·год та витрата палива V_e , кг/год. За абсолютними значеннями T , A_e , V_e розраховуються параметри спектра режимів навантаження ДГУ тепловозів у відносних одиницях (табл. 2) [4].

Досвід експлуатації тепловозів показує, що зниження потужності ДГУ на тягових позиціях на 50 кВт підвищує витрату палива тепловозами ТЕМ2 на 1,3 – 1,5 %; ЧМЕЗ на 1,1-1,4% [4].

					0032.220262.000.01МР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		18

Таблиця 2 – Узагальнені значення параметрів спектра режимів навантаження ДГУ маневрових тепловозів в експлуатації [4]

Режим навантаження	Значення параметрів навантаження, %		
	T	A_e	B_e
Холостий хід	69,10 / 79,80	12,4 / 21,7	21,7 / 46,0
$(0 \div 0,25) \cdot N_{e \text{ ном}}$	26,53 / 16,00	52,6 / 38,1	49,2 / 30,2
$(0,26 \div 0,5) \cdot N_{e \text{ ном}}$	4,12 / 3,10	27,2 / 27,8	23,4 / 17,1
$(0,51 \div 0,75) \cdot N_{e \text{ ном}}$	0,19 / 0,60	6,7 / 6,5	4,8 / 3,5
$(0,76 \div 1,00) \cdot N_{e \text{ ном}}$	0,06 / 0,50	1,1 / 5,9	0,9 / 3,2

Слід відзначити, що тепловози ЧМЕЗ ($N_{e \text{ ном}} = 990 \text{ кВт}$) при використанні на сортувальній гірці працюють як правило на 2-ій позиції (13% усього часу роботи і 65% часу роботи під навантаженням), а на товарному дворі навіть на 1-ій позиції (відповідно 10,9 і 36,5%). Розподіл часу роботи маневрових тепловозів ЧМЕЗ на двох крупних сортувальних станціях при виконанні маневрів на гірці (суцільні лінії) і в товарному парку (штрихові лінії) показаний на (рис. 1).

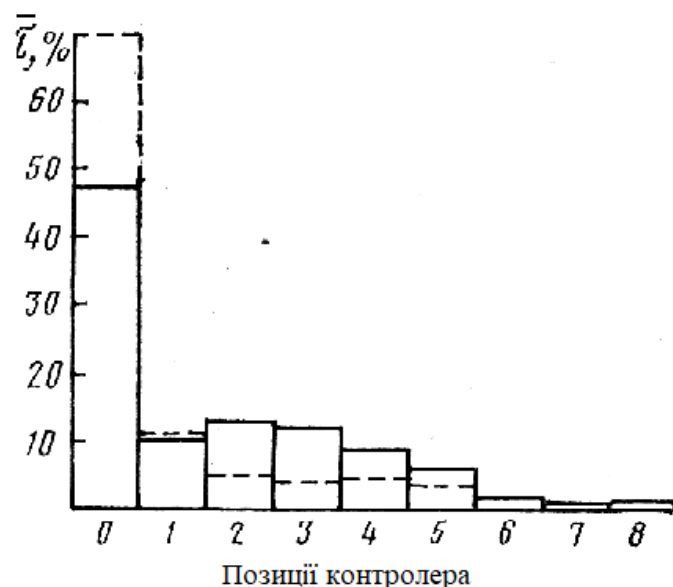


Рисунок 1 – Розподіл часу роботи маневрових локомотивів ЧМЕЗ по позиціях контролера машиніста

Тепловоз ЧМЕЗ працює під навантаженням головним чином на 1 – 4 позиціях контролера машиніста. Час роботи на цих позиціях складає 65...80% загального часу роботи під навантаженням. На 8-ій позиції тепловоз працює від 0 до 0,8% сумарного часу роботи. Холостий хід складає 47...70%.

При роботі на сортувальній гірці на тепловозі ЧМЕЗ відбувається 200 перемикань контролера машиніста в 1 годину, кількість скидань-накидань навантаження – 35 за 1 годину.

При роботі на товарному дворі кількість перемикань зростає і складає 413 за 1 годину; збільшується до 70 за 1 годину кількість скидань-накидань навантаження.

При інтенсивній роботі на маневрових тепловозах ручка контролера машиніста переміщується кожних 1,5...5 с, а тривалість безперервної роботи силової установки під навантаженням не перевищує 10...20 с.

2.2 ВПЛИВ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ НА РЕЖИМИ РОБОТИ ТЕПЛОВОЗІВ

Основним фактором, що визначає економічну ефективність будь-якого виду транспорту, є повнота використання його технічних можливостей, раціональне використання та економічне витрачання енергетичних ресурсів.

Заходи щодо підвищення ефективності тепловозів та якості обслуговування є особливо важливими у зв'язку із зростанням вимог до екологічних показників дизелів. Найбільший вплив на режими роботи силової установки тепловоза мають умови експлуатації.

До основних режимів можна віднести такі:

- встановлений (стаціонарний) – крутний момент, який розвивається двигуном, відповідає необхідному, частота обертання колінчастого валу залишається незмінною;
- невстановлений (нестационарний) – крутний момент, що розвивається двигуном, не відповідає необхідному, частота обертання колінчастого валу змінюється;

					0032.220262.000.01МР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		20

- перехідний режим при пуску двигуна, розгоні, наборі і скиданні навантаження – відбувається перехід з одного вихідного встановленого або невстановленого режиму на інший кінцевий вихідний встановлений або невстановлений режим;

- режим холостого ходу – режим з мінімально-допустимою частотою обертання колінчастого валу при нульовому зовнішньому навантаженні;

- номінальний режим – силова установка працює при номінальній потужності, що отримується при номінальних значеннях частоти обертання колінчастого валу та циклової подачі палива;

- частковий навантажувальний – режим, що охоплює область між нульовим і повним навантаженням, крутний момент змінюється в інтервалі від нульового значення до максимального;

- швидкісний режим – основні показники дизеля змінюються в залежності від частоти обертання колінчастого валу.

Фактичні навантаження та режими роботи тепловозів в експлуатації змінюються під впливом багатьох факторів і можуть суттєво відрізнитись від розрахункових. Умови експлуатації магістральних тепловозів відрізняються великою різноманітністю та залежать від маси поїзда, профілю колії та його стану, кліматичної зони, способу обслуговування локомотива, прийнятих методів керування поїздами тощо, що істотно впливає на режими роботи, ступінь використання сили тяги та потужності, надійність та паливну економічність тепловоза.

Вплив змінних навантажень

Змінне зовнішнє навантаження, яке задається тяговим приводом тепловоза, залежить від опору руху поїзда, керуючих впливів машиніста та системи автоматичного регулювання. Опір руху залежить від швидкості, маси поїзда та статичного навантаження колісної пари вагона на рейку. Маса поїзда може мати відхилення від встановленої в залежності від плану формування складу. На

					0032.220262.000.01MP.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		21

тягове навантаження також може впливати кількість та місце зупинок поїздів, структура вагонопотоків та вантажопотоків.

Під час руху по змінному профілю колії, машиніст підбирає проміжні позиції контролера, у яких досягається рівновага між силою тяги і опором руху. При зміні позицій контролера відбувається зміна частоти обертання колінчастого валу та потужності дизеля, що викликає перехідні процеси в силовій установці. Перехідні процеси мають місце і при незмінній позиції контролера, наприклад, при збільшенні навантаження. Часта та різка зміна швидкісних та навантажувальних режимів роботи силових установок тепловозів знижує якість їх робочих процесів, оскільки сучасні дизелі є комбінованою установкою, до складу якої входять кілька різнорідних систем, що взаємодіють між собою в процесі роботи: системи паливоподачі, повітропостачання, охолодження та ін. При розробці такої комбінованої установки індивідуальні характеристики перерахованих систем вдається узгодити лише на якомусь одному режимі (як правило, на номінальному). На інших режимах ця узгодженість порушується, що призводить до погіршення якості робочих процесів дизеля і, як наслідок, зниження його економічних та екологічних показників. Робота дизеля в режимі повної потужності становить малу частку всього часу роботи тепловоза.

Значна частина витрати палива припадає на часткові навантаження дизель-генераторної установки.

Зміна режимів експлуатації впливає також на роботу електричної передачі, що в свою чергу впливає на потужність, силу тяги і надійність тепловозів. Розбіжність температури електричних машин в експлуатації та при налаштуванні досягає 20-30°C, що викликає зниження потужності генератора на 8-12%, а дотичної сили тяги розрахункового режиму на 32-48 кН.

Забезпечити узгодження характеристик систем дизеля в процесі роботи при зміні режимів та зміні умов експлуатації можливо шляхом використання різних систем автоматичного регулювання та керування з використанням

					0032.220262.000.01МР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		22

мікропроцесорних пристроїв. Із застосуванням мікропроцесорної техніки системи управління двигунами уможливають не тільки стабілізацію регульованих параметрів робочого процесу, а й комплексну автоматизацію та оптимізацію роботи двигуна та енергетичної установки в цілому.

Аналіз технічного стану тепловозів

Тепловози однієї і тієї ж серії, що працюють в однакових умовах, мають суттєві розбіжності в тягових характеристиках, потужності та паливній економічності внаслідок різного їх технічного стану. Вони виникають у результаті нормативних допусків на ремонт тепловозів, зносу, що допускається, в період пробігу між періодичними видами ремонту, зміни стану, а також в результаті неузгодженості ланок управління дизель-генератора. Втрати потужності та сили тяги можуть виникати при розбіжності потужностей агрегатів, які працюють паралельно на загальне навантаження. Розбіжність циліндричної потужності, параметрів паливної апаратури також істотно впливають на ступінь реалізації потужності тепловоза. Нерівномірність розподілу струмів, навантажень між тяговими електричними машинами, що працюють паралельно на загальне навантаження, відбувається в результаті значної зміни їх швидкісних характеристик. При цьому виникає буксування, перегрів перевантажених двигунів, зниження сили тяги тепловоза і ККД тягової передачі.

Для повного використання потужності та сили тяги тепловоза при високому рівні експлуатаційної надійності та економічності у широкому діапазоні навантажень, швидкостей руху, атмосферних умов та параметрів ланок енергосилових систем тепловозів застосовують конструктивні вирішення проблеми регулювання та управління роботою дизель-генераторів. Існуючі системи регулювання серійних тепловозів задовольняють тією чи іншою мірою цим вимогам, але за умови підтримання високого рівня технічного стану.

У світовій практиці технічного утримання локомотивів планово-попереджувальна система технічного обслуговування та ремонту залишається

					0032.220262.000.01МР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		23

основним способом забезпечення експлуатаційної надійності, у тому числі у рамках проведення сервісного обслуговування компаніями-виробниками локомотивів. Перехід із цієї системи на систему обслуговування та ремонту з урахуванням фактичного технічного стану підвищить експлуатаційну надійність локомотива. Однак такий перехід можливий лише за умови оснащення підприємств комплексними системами контролю технічного стану та прогнозування залишкового ресурсу вузлів, агрегатів та систем локомотивів.

Вплив атмосферних властивостей

Відхилення атмосферних параметрів від стандартних умов призводить до нестабільності характеристик тепловоза та обмеження режимів надійності. Причинами можуть бути добові коливання температури, зміна висоти над рівнем моря під час руху по гірському профілю колії. Зниження тиску впливає на роботу турбокомпресора внаслідок зменшення щільності повітря. При збереженні постійної циклової подачі палива та зменшення заряду повітря знижується коефіцієнт надлишку повітря, погіршуються сумішоутворення та згоряння палива, знижується тиск робочого процесу, індикаторна потужність. Зі зростанням температури повітря зменшується його щільність, ступінь підвищення тиску в турбокомпресорі та знижується тиск наддуву. При постійній циклової подачі палива та частоті обертання колінчастого валу дизеля зменшуються маса та коефіцієнт надлишку повітря, тиск робочого процесу, індикаторний ККД, зростають температура робочого циклу та випускних газів, втрати теплоти. При зниженні температури повітря до -20°C збільшується заряд повітря, підвищується максимальний тиск згоряння, знижується теплова напруженість та витрата палива. Подальше зниження температури повітря призводить до підвищення тиску наддуву, внаслідок чого зростає жорсткість роботи та знижується надійність.

Вплив профілю колії

Характер руху поїзда та режим роботи локомотива також залежить від профілю колії. Для узагальнення оцінки впливу профілю колії на витрату палива

					0032.220262.000.01MP.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		24

використовують значення віртуальних можливих довжин і ухилів колії. Під віртуальним коефіцієнтом ділянки розуміють відношення механічної роботи, витраченої на рух поїзда заданої маси на реальному профілі колії, до механічної роботи з середньою швидкістю руху на прямій горизонтальній ділянці тієї ж довжини.

Слід відзначити, що тягові характеристики профілю не використовуються при тягових розрахунках, тому що вони не враховують використання кінетичної енергії поїзда і вплив поєднань по ухилу та відстані різних елементів реального профілю колії, опір руху при різних швидкостях відрізняється від опору при середній швидкості, також середня швидкість у часі не дорівнює середній на ділянці.

Отже, з аналізу можна виділити, що найбільший вплив на режими роботи силової установки мають змінні навантаження та технічний стан тепловоза.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

– показано, що умови експлуатації та режими роботи маневрових локомотивів суттєво відрізняються від режимів роботи магістральних тепловозів;

– розглянуто узагальнені значення параметрів спектра режимів навантаження ДГУ маневрових тепловозів в експлуатації та відповідно розподіл часу роботи по позиціях контролера машиніста;

– наведено основні режими роботи силової установки тепловоза та проаналізовано вплив змінних навантажень, атмосферних властивостей, профілю колії та ін. факторів;

– з аналізу можна виділити, що найбільший вплив на режими роботи силової установки мають змінні навантаження та технічний стан тепловоза.

					0032.220262.000.01МР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		25

РОЗДІЛ ІІІ. ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДІВ ТЯГИ ДЛЯ МАНЕВРОВОЇ РОБОТИ

За даними інформаційно-аналітичного агентства INFOLine, на сьогоднішній день тепловози старше 25 років складають половину загального парку країн СНД, причому більше половини з них – застарілі моделі з гідروпередачею (ТГМ-4 та ТГМ-6) та електропередачею (ТЕМ-2, ЧМЕЗ). Якщо врахувати, що ТЕМ-2 почали випускати 1960-го, ТГМ-6 – 1967-го, а ТГМ-4 – 1971 року, то можна сказати, що основні моделі тепловозів, що застосовуються сьогодні, розроблялися та освоювалися у виробництві 40-50 років тому. Статистика експлуатації тепловозів показує, що близько 90% всього парку має термін служби понад 22 роки, понад 50% парку працює понад 30 років. А нормативний термін служби маневрового тепловоза – 32 роки.

Серед основних проблем існуючого парку маневрових тепловозів можна виділити такі:

- високий ступінь зносу локомотивів;
- велика питома витрата ПММ;
- висока вартість технічного обслуговування та великі експлуатаційні витрати;
- низькі тягові властивості;
- низька ефективність локомотивів на маневрових режимах роботи;
- невідповідність екологічним нормам;
- відсутність функції діагностики та прогнозування;
- відсутність автономного підігріву теплоносіїв у відстої.

Здавалося б, за таких проблем у галузі парк локомотивів має постійно оновлюватися. Але на практиці щорічна закупівля нових тепловозів становить менше ніж 1%. Хоча тільки для заміщення машин, що вибувають у зв'язку з фізичним зношуванням, необхідно не менше 200 локомотивів на рік. Критичне старіння та незадовільний технічний стан парку маневрових локомотивів є

					0032.220262.000.01МР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		26

основним фактором його низької експлуатаційної ефективності.

Важливим чинником, звісно, є й висока ціна нових тепловози. У результаті більшість промислових підприємств змушена підтримувати свій парк локомотивів у працездатному стані за рахунок ремонту.

Сучасною альтернативою для заміни парку є використання локомотивів, універсальність та економічність яких значно збільшує ефективність маневрових робіт на підприємстві (рис. 2).



Рисунок 2 – Локомотив при виконанні маневрових робіт

Переваги дорожньо-рейкової техніки:

- низька вартість по відношенню до локомотивів;
- низькі експлуатаційні витрати;
- швидка зміна з дорожнього на залізничний режим роботи та навпаки;
- зведений до мінімуму час простоїв;
- гнучке використання на залізничних та автомобільних коліях;
- вищий коефіцієнт зчеплення гумової шини з рейкою (більш ніж утричі)

дає перевагу: при використанні меншої баластної ваги проводити маневри з великою кількістю вагонів.

Модельний ряд локомотивів представлений машинами різних потужностей з тяговими зусиллями від 1000 тонн до 4000 тонн. Локомотиви можуть бути

					0032.220262.000.01MP.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		27

оснащені додатковим навісним обладнанням.

Відомо, що дизель маневрового локомотива, що використовується на сортувальній станції, від 50 до 70% часу працює вхолосту. Це пов'язано і з його конструкцією, яка вимагає значного часу на включення, і зі специфікою залізничних маневрів на переповнених станціях сортування.

Локомотив має різні технічні рішення для економії витрат, наприклад автоматичне включення та вимкнення двигуна. Ці рішення в сукупності з можливістю пересування як по рейках, так і по дорозі дозволяють двигуну локомотива працювати тільки тоді, коли це дійсно потрібно, значно економлячи витрати, зменшуючи шум, викидаючи в атмосферу менше шкідливих речовин.

Компанія NOW, яка належить уряду Німеччини займається інноваціями насамперед у сфері водневих технологій та паливних елементів, а також інших альтернативних джерел енергії, включаючи акумуляторні батареї, відновлене рідке паливо та природний газ. Компанія регулярно залучає інститути DLR до робіт з експертної оцінки можливостей застосування альтернативних джерел енергії на транспорті.

У ході досліджень вивчалися такі технології альтернативної тяги:

- тягові акумуляторні батареї (АКБ) без підключення до контактної мережі;
- гібрид – водневі паливні елементи (ВПЕ) і тягові АКБ;
- двигун внутрішнього згоряння на водневому паливі;
- гібрид – тягові АКБ та живлення від контактної мережі (КМ);
- гібрид – ВПЕ та живлення від КМ.

У ході досліджень розглядалися три різні сценарії добової експлуатації маневрових локомотивів.

- чисто маневрові пересування;
- комбінований режим з маневровими пересуваннями та легкою перевізною роботою;
- вантажні перевезення між підприємствами клієнтів та вивізною робота.

					0032.220262.000.01MP.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		28

Як правило, маневрові локомотиви мають одну кабіну в середній частині кузова, щоб забезпечити швидку зміну напрямку руху та огляд буферів з обох боків локомотива. Для маневрових пересувань характерні висока сила тяги при низькій швидкості руху, тривала робота на холостому ході та короткі періоди високого навантаження. З цього випливає, що потужність у тривалому режимі може бути низькою, хоча є короткочасна потреба у високій потужності для розгону складу великої маси. Якщо маневрові локомотиви використовуються у вантажних перевезеннях, виникає необхідність підвищення їх потужності в тривалому режимі. Необхідна зчїпна вага досягається за рахунок розміщення на локомотиві баласту.

Важливо також, що капотний кузов маневрового локомотива значно обмежує простір, доступний для розміщення компонентів альтернативного тягового приводу і накопичувачів енергії.

Оскільки маневрові локомотиви експлуатуються також для тяги поїздів, експертами DLR було розглянуто доцільність експлуатації гібридних маневрових локомотивів з можливістю живлення від контактної мережі (рис. 3). Разом з тим, сценарії експлуатації таких гібридних локомотивів обмежуються прив'язкою до електрифікованих ліній. Ще одним обмеженням для локомотивів з тяговими акумуляторами та живленням від водневих паливних елементів стає значне зменшення дальності ходу під час руху по ділянках зі значними підйомами.

Слід зазначити, що у регіональних пасажирських сполученнях можливість застосування тягових акумуляторних батарей у поєднанні з живленням від контактної мережі та водневих паливних елементів у поєднанні з тяговими АКБ вже підтверджено. Перші поїзди з такими накопичувачами енергії введені у регулярну експлуатацію.

Питома енергоємність накопичувачів на водні та акумуляторних батарей значно нижча, ніж у випадку традиційного дизельного локомотива. Доступний на маневрових локомотивах простір лімітує нарощування ємності накопичувачів

					0032.220262.000.01MP.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		29

більшою мірою, ніж обмеження щодо осьового навантаження. Виходом у цьому випадку може стати розміщення частини накопичувачів та супутнього обладнання поза кузовом локомотива, але це лише часткове вирішення проблеми. При переобладнанні існуючих локомотивів таке компоновання можливе лише за виконання певних умов.

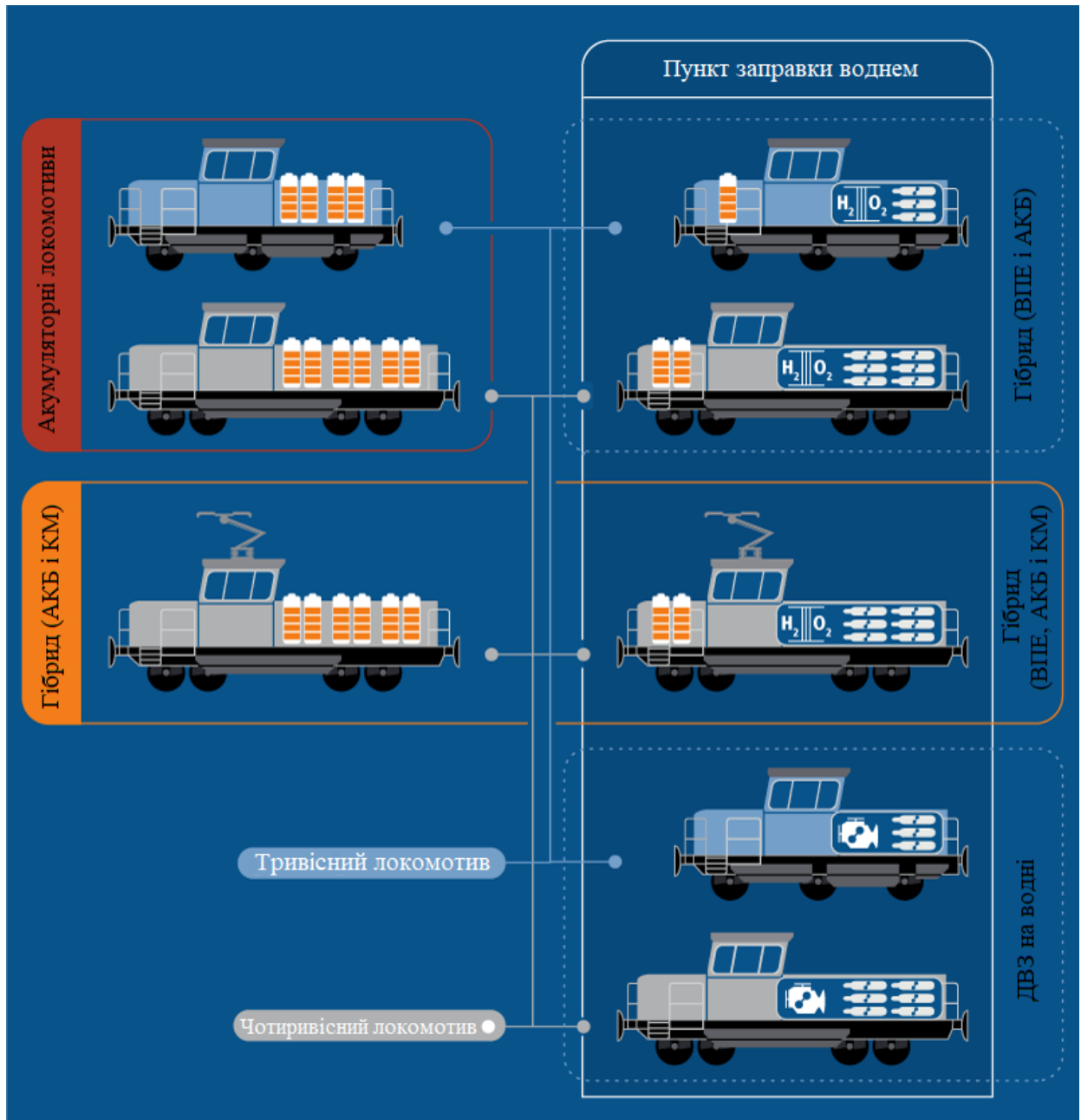


Рисунок 3 – Варіанти маневрових локомотивів з альтернативними технологіями тяги

На прикладі чотиривісного маневрового локомотива для досліджуваних

систем тягового приводу було перевірено можливості розміщення накопичувачів необхідної ємності та опрацьовано концепції розташування основних компонентів накопичувачів та перетворювачів. З'ясувалося, що наявного простору у взятому як зразок тепловозі МаК G 1206 недостатньо і необхідна адаптація його конструкції, наприклад, збільшення довжини локомотива або застосування тендера з додатковими накопичувачами (рис. 4-5).

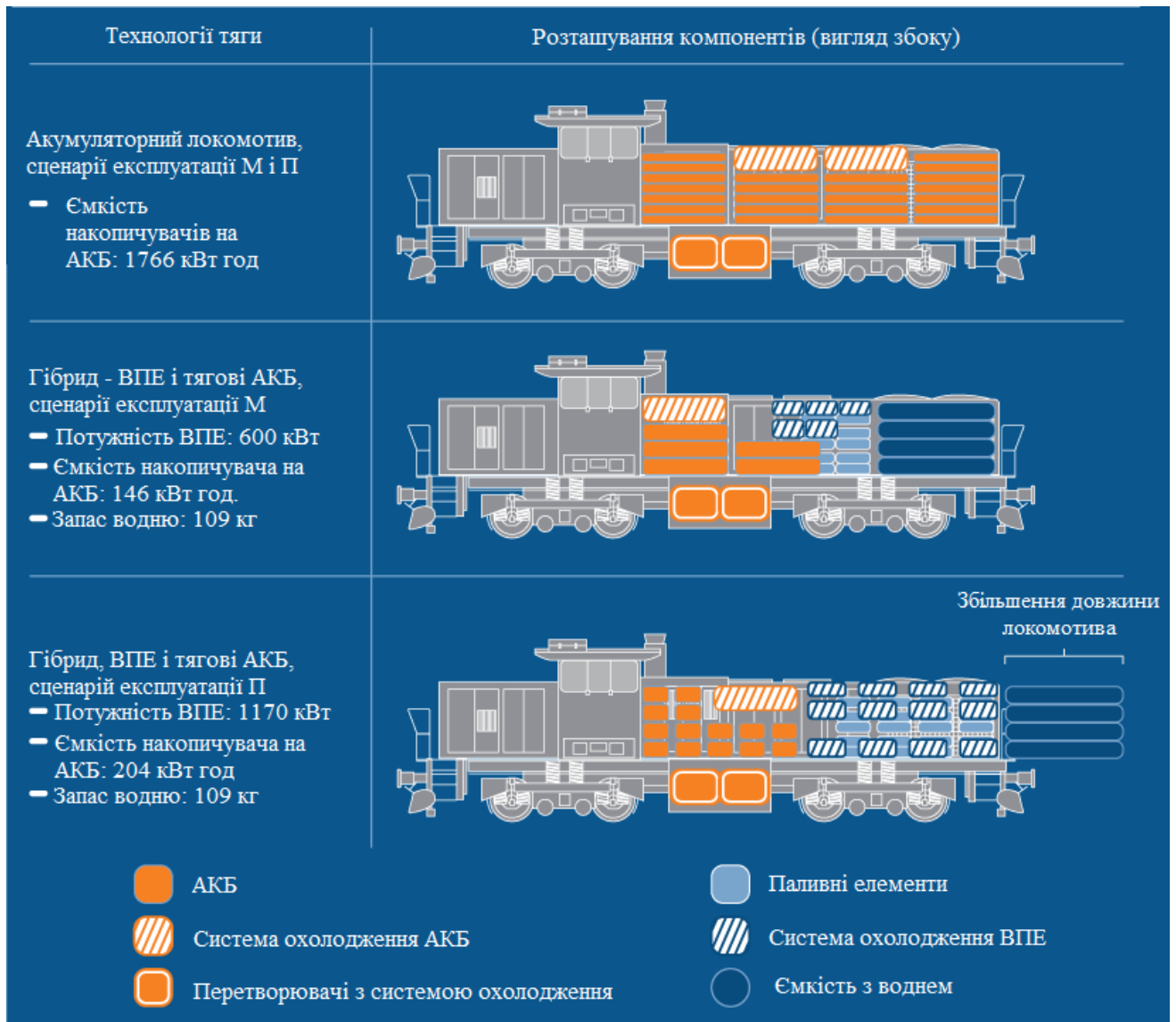


Рисунок 4 – Концепції розташування компонентів на чотиривісному локомотиві з тяговими АКБ та гібриді з ВПЕ та АКБ

Дослідження показали, що на маневровому локомотиві із двигуном на водневому паливі недостатньо простору для розміщення ємностей із воднем. У

зв'язку з цим проводилось вивчення можливості розташування ємностей для зберігання водню під тиском 350 і 700 бар по обидва боки від капотного кузова за збереження видимості буферів з кабіни машиніста (рис. 6).

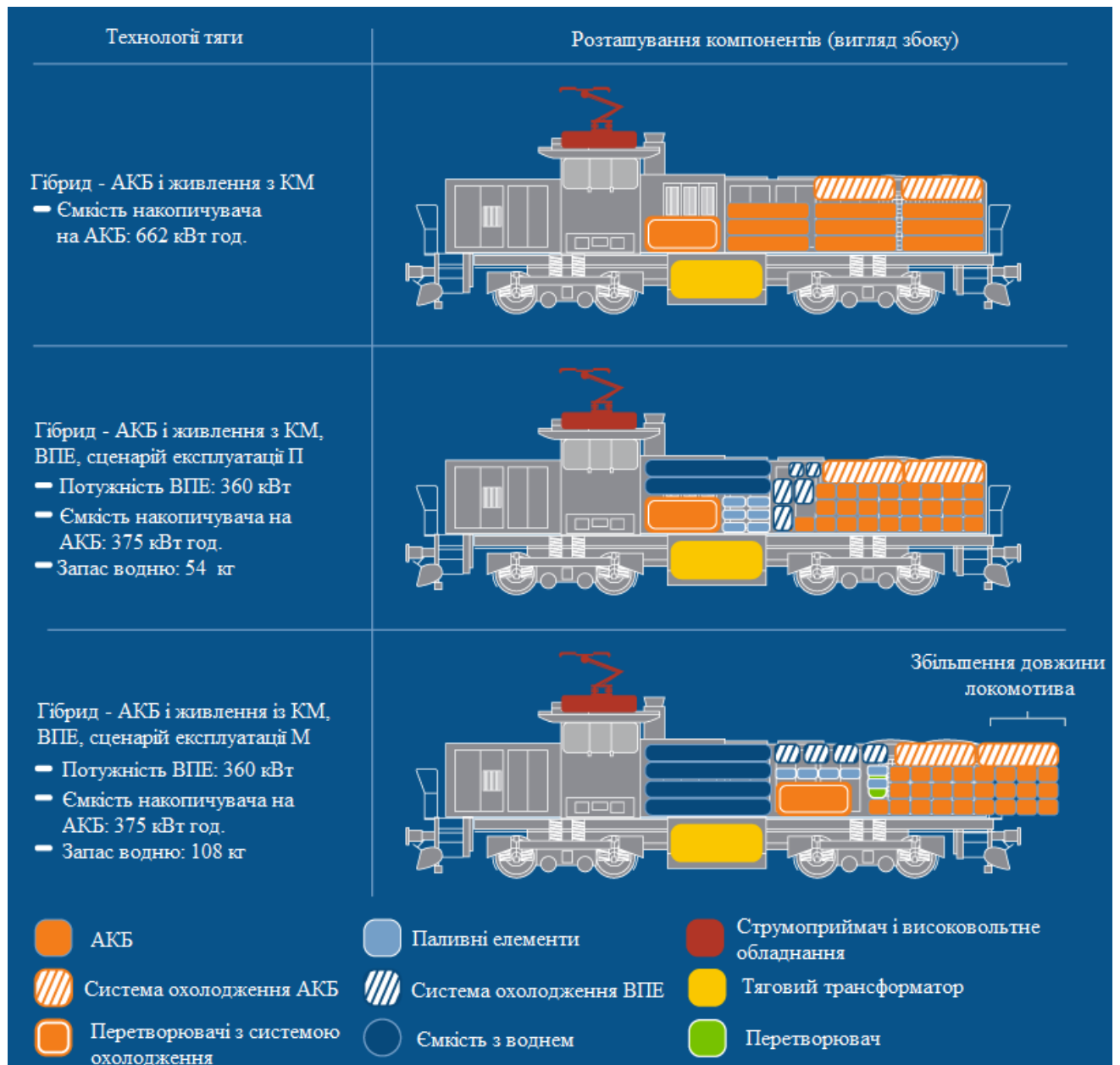


Рисунок 5 – Концепції розташування компонентів на гібридних локомотивах з живленням від тягових АКБ, паливних елементів та контактної мережі

Перехід на синтетичне водневе або біопаливо, що використовуються для повного або часткового заміщення дизельного палива, здатний значно покращити екологічні показники маневрових тепловозів, що експлуатуються.

Для цього потрібно внесення лише невеликих змін у конструкції двигуна, системи впорскування та паливопроводів. Недоліками такого палива є його більш висока вартість, велика витрата енергії при виробництві та знижена у порівнянні з дизельним паливом ефективність.

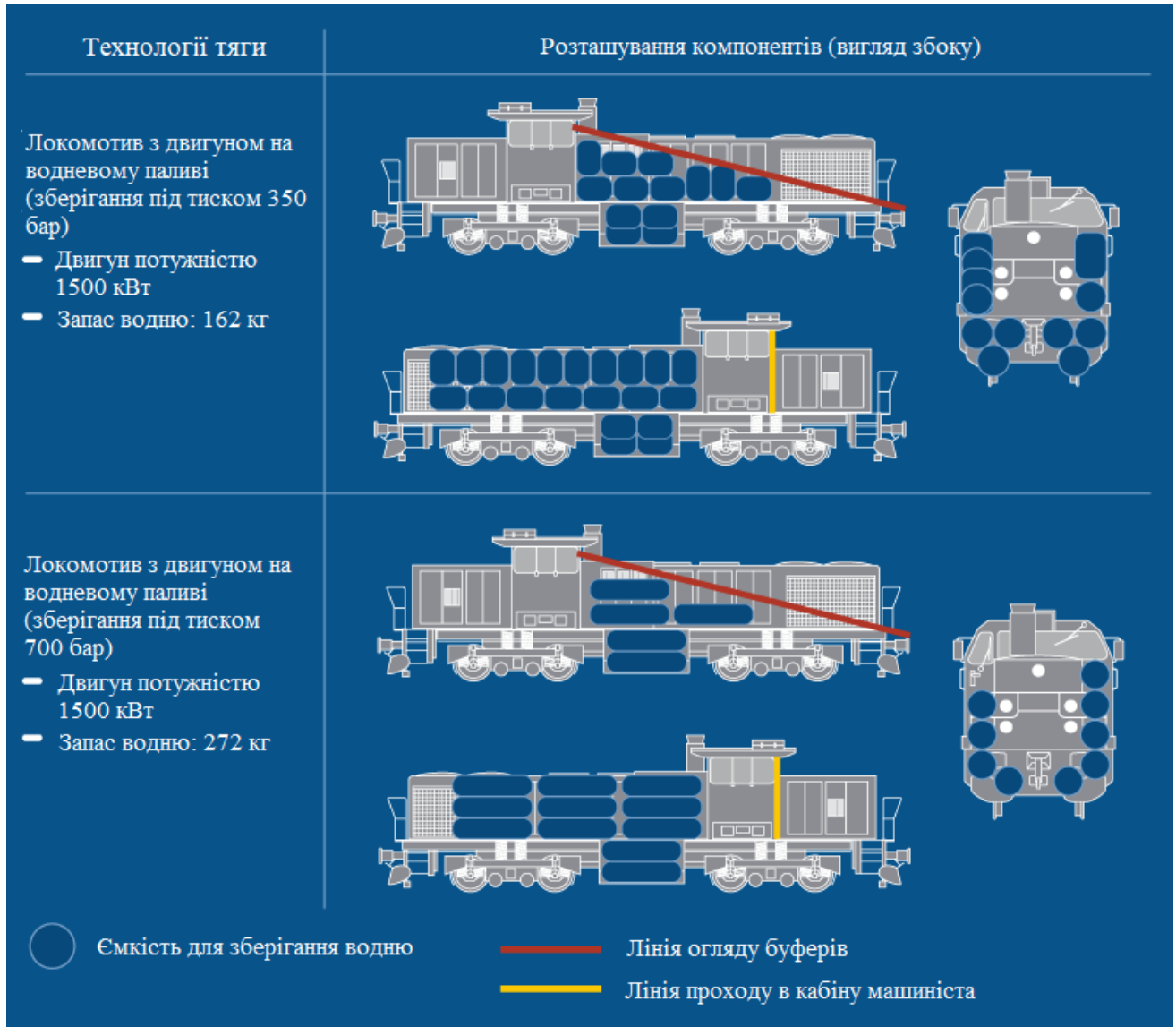


Рисунок 6 – Концепція розташування компонентів з двигуном на водневому паливі

Іншою альтернативою є перехід на аміак або метанол з відповідною адаптацією двигуна, паливної та вихлопної систем або використання паливних елементів. При цьому виникає потреба у більш ємних баках для зберігання такого палива через меншу щільність енергії порівняно з дизельним, а у разі

використання аміаку та паливних елементів необхідно розмістити на локомотиві додаткове обладнання – дисоціатор для отримання водню з аміаку.

Також необхідно створити відповідну інфраструктуру для екіпіровки локомотивів та зберігання альтернативного палива. Втім, це стосується будь-яких альтернативних енергоносіїв.

Слід також відзначити, що у Нідерландах компанія Strukton Rail Equipment, почала експерименти по застосуванню сонячної енергії на рухомому складі залізничного транспорту.

Для проведення випробувань був обраний чотиривісний тепловоз серії 1200ВВМ, який отримав назву Janine, потужністю 808 кВт з кабіною управління, яка розташована в центральній частині капотного кузова. Сонячна батарея встановлена на капоті тепловоза таким чином, щоб дим з вихлопної труби не закривав сонячне світло, що могло б вплинути на її роботу (рис. 7-8). Розміри сонячної батареї 1920x990x50 мм, потужність – 280 Вт при напрузі 24 В.



Рисунок 7 – Сонячна батарея, яка встановлена на капоті тепловоза Janine

Отже, проведемо аналіз застосування альтернативних систем тяги.

Акумуляторні локомотиви без можливості підключення до контактної мережі можуть використовуватися насамперед у локальних маневрових районах та на сортувальних станціях. При збільшенні об'єму добової роботи виникає

					0032.220262.000.01МР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		34

потреба у їх обладнанні системами акумуляторних батарей великої ємності. Очікується, що висока вартість таких машин значно обмежуватиме їх застосування. Локомотиви з водневими паливними елементами та тяговими АКБ можуть розраховувати на ширший спектр застосування, хоча ємність накопичувачів лімітує об'єм їхньої добової роботи. Локомотиви з двигунами на водневому паливі здатні забезпечити високу потужність в тривалому режимі, але через низький ККД мають ті ж обмеження пробігу, що і гібриди з паливними елементами і АКБ, причому цей недолік погіршується, якщо такі локомотиви не оснащувати додатково тяговими АКБ.



Рисунок 8 – Тепловоз Janine, який експлуатується Strukton Rail







Гібридні локомотиви (акумуляторні або з паливними елементами у поєднанні з АКБ) з можливістю отримання живлення від контактної мережі дозволяють досягти збільшення дальності пробігу, але через необхідність встановлення в обмеженому просторі силового обладнання (насамперед тягового трансформатора) мають значні обмеження за потужністю та пробігом на неелектрифікованих ділянках.

Локомотиви з двигунами внутрішнього згоряння, що працюють на дизельному, синтетичному або біопаливі, як і раніше, є найбільш

					0032.220262.000.01MP.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		35

універсальними машинами, здатними завдяки великій щільності енергії забезпечити високу силу тяги в тривалому режимі, і найкраще підходять для всіх розглянутих у дослідженні режимів експлуатації. Однак для цих двигунів характерні шкідливі викиди та недостатньо ефективне використання палива як носія енергії.

На (рис. 9) наведено матрицю, що дозволяє оцінити придатність тієї чи іншої технології тяги для різних сценаріїв експлуатації. Для легкої маневрової роботи добре підходять локомотиви з тяговими АКБ, гібриди з паливними елементами та АКБ, а також машини з двигунами на водневому паливі. Для маневрової роботи середньої тяжкості та важкої придатні гібриди з ВПЕ та АКБ, локомотиви з двигуном на водні та з деякими обмеженнями машини з живленням від АКБ.

Технології тяги		Маневрова робота (легка)	Маневрова робота (середньої важкості і важка)	Перевезення між підприємствами (маневрова робота)		Маневри і регіональні вантажні перевезення	
				Ділянки без КМ	Часткова КМ	Ділянки без КМ	Часткова КМ
	Еталонний тепловоз (дизельне, синтетичне або біопаливо)	■■■■■	■■■■■	■■■■■		■■■■■	
	Акумуляторний локомотив	■■■■■	■■■■■	■■■■■		■■■■■	
	Гібрид - живлення від КМ і тягових АКБ	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■
	Гібрид - живлення від ВПЕ і тягових АКБ	■■■■■	■■■■■	■■■■■		■■■■■	
	Гібрид - живлення від КМ, ВПЕ і тягових АКБ	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■
	Локомотив з двигуном на водневому паливі	■■■■■	■■■■■	■■■■■		■■■■■	

■■■■■ Придатний без обмежень ■■■■■ Погано придатний

Рисунок 9 – Ступінь придатності маневрових локомотивів з альтернативними технологіями тяги за різних сценаріїв експлуатації

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

- наведено основні проблеми існуючого парку маневрових локомотивів;
- розглянуто альтернативні види тяги для виконання маневрової роботи, а саме використання локомотивів з їх перевагами та недоліками у процесі експлуатації, тягових акумуляторних батарей без підключення до контактної мережі, водневих паливних елементів, сонячної енергії за рахунок використання сонячних батарей;
- показано різні варіанти маневрових локомотивів з альтернативними технологіями тяги та ступінь їх придатності за різних сценарії експлуатації;
- встановлено, що акумуляторні локомотиви без можливості підключення до контактної мережі можуть використовуватися насамперед у локальних маневрових районах та на сортувальних станціях, локомотиви з водневими паливними елементами та тяговими АКБ можуть розраховувати на ширший спектр застосування, хоча ємність накопичувачів лімітує об'єм їхньої добової роботи.

					0032.220262.000.01МР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		37

РОЗДІЛ IV. ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ТЕПЛОВОЗАХ

При вирішенні завдань вибору раціонального режиму роботи тепловоза при виконанні ним маневрової роботи, а також оцінки ефективності його конструкції виникає необхідність визначення витрат, пов'язаних з його експлуатацією. Однією з таких витрат є витрати дизельного палива.

В даний час витрата палива (кг/год) на виробництво тепловозом маневрової роботи встановлюється залежно від кількості вагонів, перероблених локомотивом за годину [5]. Зазначена методика не враховує характеристики маневрового тепловоза, параметри складу та маршруту пересування, тип напіврейсу та спосіб виконання маневрів і, як наслідок, не може бути використана для вибору раціонального режиму роботи.

Величина витрати палива відповідно до ПТР [6] визначається за такою формулою:

$$E = \sum_1^n G \Delta t + g_x t_x \quad (12)$$

де n – кількість кроків, пройдених у режимі тяги;

G – витрата палива, що відповідає середній постійній швидкості руху при позиції контролера машиніста, що використовується на кроці Δt , кг/хв;

Δt – час роботи дизеля, у межах якого швидкість руху є постійною, хв;

g_x – витрата палива силовими установками на холостому ході, кг/хв;

t_x – час руху на холостому ході, хв.

Величина G повинна визначатися за витратними характеристиками в залежності від позиції контролера машиніста (ПКМ) n_k і швидкості руху v на

					0032.220262.000.01МР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		38

кроці. При цьому в літературі [6] зазначені характеристики маневрових тепловозів представлені тільки для 8-ї ПКМ. У той же час, як показав аналіз маневрові тепловози працюють під навантаженням в основному на 1-4 ПКМ. У зв'язку з цим вираз (9) не може бути використаний для визначення витрати палива маневровими тепловозами.

В результаті аналізу публікацій встановлено наявність декількох альтернативних методик визначення витрати палива E маневровими локомотивами.

Методика 1. Величина витрати палива E може бути визначена як:

$$E = \sum_{j=1}^n g_{ej} \frac{N_{ej}}{\eta_{\pi j}} \Delta t + \sum_{i=1}^m g_{xi} \Delta t \quad (13)$$

де j, n – відповідно, номер кроку, пройденого в режимі тяги, та загальна кількість таких кроків;

i, m – відповідно, номер кроку, пройденого в режимі холостого ходу, та загальна кількість таких кроків;

g_{ej} – питома витрата палива, віднесена до ефективної потужності дизеля N_{ej} , кг/кВт·с;

N_{ej} – ефективна потужність дизеля, кВт;

$\eta_{\pi j}$ – ККД передачі;

g_{xi} – витрата палива в одиницю часу під час роботи дизеля в режимі холостого ходу, кг/с.

У виразі (13) величина питомої витрати палива g_{ej} на j -му кроці, пройденому в режимі тяги, є функцією $g_{ej} = f(N_{ej})$ від реалізованої на даному кроці ефективної потужності N_{ej} . Відомо, що залежність питомої витрати палива від ефективної

					0032.220262.000.01МР.ПЗ	Арк.
						39
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

потужності дизеля N_e при постійній частоті обертання його валу n_d описується характеристиками навантаження локомотива [7]; при цьому зазначені характеристики існують для кожної частоти n_d . Постійна частота оборотів n_d підтримується регуляторами тепловозів кожної ПКМ [8]; величина n_d за позиціями контролера локомотива ЧМЕЗ наведена в (табл. 3).

Таблиця 3 – Частота оборотів колінчастого валу n_d , об/хв за позиціями контролера машиніста

Локомотив	Позиція контролера машиніста, n_k							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ЧМЕ-3	350	380	420	460	510	560	660	750

Таким чином, питома витрата g_{ej} повинна визначатися за відповідними характеристиками навантаження тепловоза $g_{ej} = f(N_{ej}, n_{kj})$ в залежності від ефективної потужності N_{ej} і використаної на j -му кроці ПКМ n_{kj} .

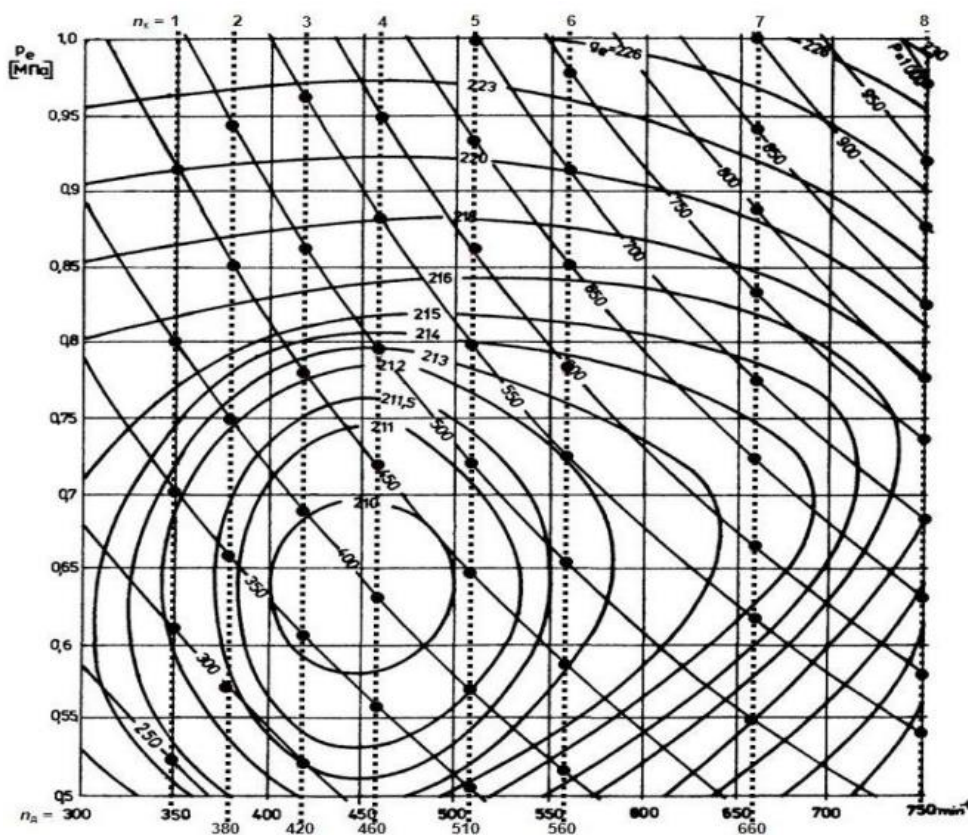


Рисунок 10 – Універсальна характеристика дизеля K6S310DR

Навантажувальні характеристики тепловоза ЧМЕЗ наведені у [9]. При цьому в інструкції є універсальна характеристика дизеля К6S310DR (рис. 10) шляхом перетворення якої можливо отримати навантажувальні характеристики $g_e = f(N_e, n_k)$ для кожної ПКМ тепловоза ЧМЕЗ.

Так, для побудови навантажувальних характеристик на наявній універсальній характеристиці тепловоза (див. рис. 10) до осі абсцис у точках, що відповідають частоті обертання n_d для кожної ПКМ (див. табл. 3), встановлюються перпендикуляри. Потім у точках перетину зазначених ліній із сімейством графіків середнього ефективного тиску на поршень $P_e = f(n_d, N_e)$ для кожної ПКМ методом інтерполяції визначається величина питомої ефективної витрати палива g_e . Отримані залежності $g_e = f(N_e)$ за позиціями контролера тепловоза ЧМЕЗ наведено на (рис. 11).

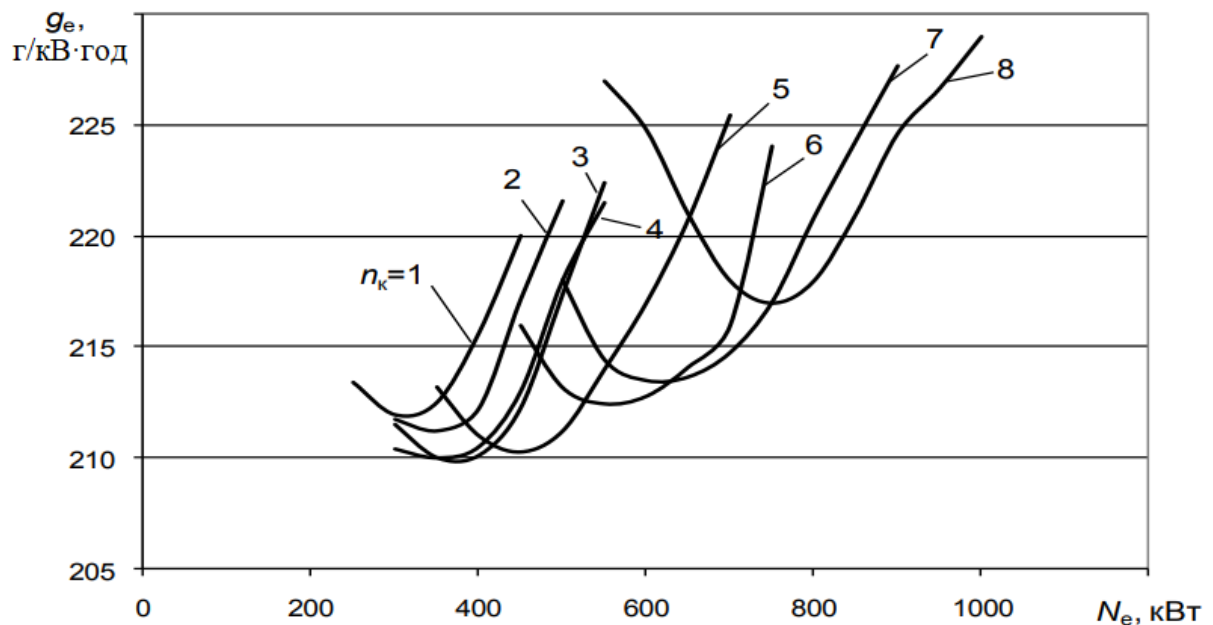


Рисунок 11 – Навантажувальні характеристики $g_e = f(N_e, n_k)$ тепловоза ЧМЕЗ

Величина ефективної потужності N_{ej} на кожному j -му кроці визначається за формулою [8]:

$$N_{ej} = \frac{N_{kj}}{\eta_{пj}(1 - \beta_j)} \quad (14)$$

де β_j – частка потужності дизеля, яка витрачається на привід допоміжного обладнання локомотива;

N_{kj} – дотична потужність локомотива, кВт, яка визначається як [8]:

$$N_{kj} = \frac{F_{kj} v_j}{3,6} \quad (15)$$

де F_{kj} – дотична сила тяги, кН;

v_j – середня швидкість руху, км/год;

Відомо, що ККД передачі локомотива $\eta_{п}$ безперервно змінюється у широкому діапазоні, а величина β_j залежить від задіяного в даний момент допоміжного обладнання [10]. У той самий час у [6] відсутня методика визначення зазначених параметрів у процесі тягових розрахунків. У зв'язку з цим величини β_j та $\eta_{пj}$ при моделюванні приймають постійними відповідно до [8], становлять $\beta = 0,12$ та $\eta_{п} = 0,8$.

Витрата палива g_{xi} на кожному i -му кроці, пройденому в режимі вибігу або гальмування, також є постійною величиною, яка для тепловоза ЧМЕЗ становить 0,15 кг/хв.

Якщо за умовами руху встановлений режим тяги ($n_k > 0$), то відповідно до обраної позиції n_{kj} і швидкості руху v_j за тяговими характеристиками визначається величина сили F_{kj} . При відомому значенні сили тяги F_{kj} за допомогою виразів (14), (15) розраховується величина ефективної потужності дизеля N_{ej} , відповідно до якої, використовуючи отримані вище залежності $g_e = f(N_e, n_k)$, визначається

					0032.220262.000.01МР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		42

питома витрата палива g_{ej} на j -му кроці. В іншому випадку (встановлений режим вибігу або гальмування) витрата палива на i -му кроці визначається за величиною g_{xi} , прийнятою для локомотива, що розглядається.

Методика 2. Величина витрати палива E може бути визначена як [11]:

$$E = \sum_{j=1}^n g_{kj} \Delta t + \sum_{i=1}^m g_{xi} \Delta t \quad (16)$$

де g_{kj} – витрата палива в одиницю часу під час роботи дизеля під навантаженням, кг/с;

g_{xi} – витрата палива за одиницю часу під час роботи дизеля на холостому ході, кг/с.

У режимі тяги величина витрати палива g_{kj} приймається відповідно до позиції n_{kj} , що використовується на j -му кроці. Значення параметра g_k (при роботі дизеля за тепловозною характеристикою) для кожної ПКМ локомотива ЧМЕЗ прийняті згідно з [11] та наведені у (табл. 4).

Таблиця 4 – Годинна витрата палива тепловозом ЧМЕЗ

Показник	Позиція контролера машиніста, n_k							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Витрата палива g_k , кг/год	31	63	96	110	120	160	174	180

Величина витрати палива g_{xi} при роботі дизеля в режимі холостого ходу визначається аналогічно до методики 1.

Отже, мною на станції Скнилів було проведено дослідження щодо встановлення часу роботи маневрового локомотива ЧМЕЗ по позиціях контролера машиніста. Даграму розподілу показано на (рис. 12).

Використовуючи універсальну характеристику дизеля K6S310DR було знайдено його потужність при мінімальній питомій витраті палива для кожної

позиції контролера машиніста (табл. 5).

Враховуючи розподіл часу роботи маневрового локомотива ЧМЕЗ по позиціях контролера машиніста було знайдено енергію, яка затрачається при виконанні маневрової роботи (табл. 6).

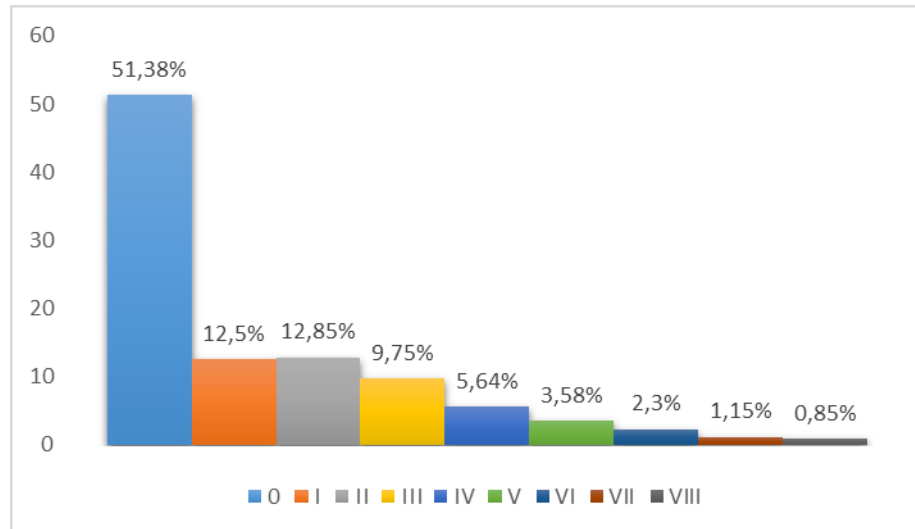


Рисунок 12 – Розподіл часу роботи маневрового локомотива ЧМЕЗ по позиціях контролера машиніста під час виконання маневрової роботи на станції Скнилів

Таблиця 5 – Значення потужності дизеля К6S310DR при мінімальній питомій витраті палива для кожної позиції контролера машиніста

Позиції КМ	N_e , кВт	n , об/хв	g_e , кг/кВт·год.
0	300	350	0,212
1	300	350	0,212
2	350	380	0,21125
3	350	420	0,21
4	400	460	0,21
5	450	510	0,21025
6	500	560	0,2117
7	600	660	0,2135
8	750	750	0,217

Таблиця 6 – Енергія, яка затрачається при кожній позиції контролера машиніста

Параметр	Позиція КМ								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Енергія, МДж	6659	1620	1943	1474	975	696	497	298	275

Маючи мінімальну питому витрату палива та ефективну потужність протягом певного часу виконання маневрової роботи, було знайдено витрату палива (табл. 7).

Таблиця 7 – Витрата палива в розрізі позицій контролера машиніста

Параметр	Позиція КМ								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Витрата палива, кг	392	95,4	114	86	56,8	40,6	29,2	17,6	16,6

Отже, враховуючи існування альтернативних видів тяги, проведемо дослідження щодо ефективності використання на маневровому локомотиві ЧМЕЗ накопичувачів енергії.

Оскільки мінімальна питома витрата палива відноситься до III та IV позицій (рис. 10-11), встановимо величину енергії та витрату палива, при умові, що експлуатація тепловоза ЧМЕЗ відбувається за параметрами, що відповідають IV позиції контролера машиніста (табл. 8). Ця особливість пояснюється тим, за рахунок тривалої роботи маневрового локомотива на мінімальних позиціях можна накопичити енергію, яку згодом при потребі можна буде віддати для можливості короткочасних підвищених потужностей. Тобто, практично весь час роботи маневровий локомотив буде працювати на IV позиції контролера машиніста задіюючи тільки енергетичну установку, а при необхідності більш високих потужностей, що можливо короткочасно, до енергетичної установки доєднуюватиметься накопичувач енергії, який буде віддавати наперед накопичену енергію.

Отже, порахуємо різницю енергії при 0-III позиції КМ та встановимо, яку її величину ми можемо накопичити (табл. 9).

Таблиця 8 – Енергія та витрата палива при умовах, що відповідають IV позиції контролера машиніста

Параметр	Позиції КМ			
	0	1	2	3
Енергія, МДж	8879	2160	2221	1685
Витрата палива, кг	517,9	126	129,5	98,3

Таблиця 9 – Накопичена енергія

Параметр	Позиції КМ			
	0	1	2	3
Енергія, МДж	2219,6	540	277,5	210,6

За рахунок питомої теплоти згоряння палива та коефіцієнта корисної дії тепловоза від накопиченої енергії ми перейдемо до кількості витраченого палива, що відображено у (табл. 10).

Таблиця 10 – Кількість витраченого палива для накопичення енергії

Параметр	Позиції КМ			
	0	1	2	3
Кількість палива, кг	144,4	35,1	18,1	13,7

Аналізуючи (табл. 6) спостерігається, що для роботи з V по VIII позицію сумарно потрібно 1766 МДж енергії, а сумарна накопичена енергія згідно (табл. 8) становить 3248 МДж. Отже, це дає нам зрозуміти, що тепловоз ЧМЕЗ при експлуатації з V по VIII позицію може працювати тільки від накопичувача енергії.

Таким чином, сумарну різницю енергії в 1482 МДж ми можемо використовувати при подальшій експлуатації маневрового тепловоза. Шляхи її використання можуть бути різноманітними.

Підбір відповідного накопичувача енергії можна здійснювати використовуючи наступну математичну модель його розрахунку.

Кількість ланок накопичувача електричної енергії з урахуванням величини виробленої енергії, визначається за формулою:

$$n_{\text{лан.}} = \frac{\sum R_{\text{вир.}}}{c_{\text{я}}} + n_{\text{б}}, \quad (17)$$

- де $\sum R_{\text{вир.}}$ – сумарне значення виробленої електричної енергії, МДж;
 $n_{\text{б}} = 1$ – додаткова ланка;
 $c_{\text{я}}$ – об'єм енергії однієї ланки накопичувача, МДж.

Оскільки знайшовши кількість ланок накопичувача, можна розрахувати габаритні характеристики накопичувача електричної енергії, м³:

$$V_{\text{нак.}} = V_{\text{лан.}} \cdot n_{\text{лан.}}, \quad (18)$$

- де $V_{\text{лан.}}$ – габаритний об'єм однієї ланки накопичувача, м³;
 $n_{\text{лан.}}$ – кількість ланок накопичувача енергії, шт.

Масу накопичувача енергії знаходиться за формулою, т:

$$m_{\text{нак.}} = m_{\text{лан.}} \cdot n_{\text{лан.}}, \quad (19)$$

- де $m_{\text{лан.}}$ – маса однієї ланки накопичувача енергії, т;
 $n_{\text{лан.}}$ – кількість ланок накопичувача енергії, шт.

Після встановлення накопичувачів електричної енергії маса локомотива збільшиться, та дорівнюватиме, т:

$$Q_{\text{т.заг.}} = Q_{\text{т.попер.}} + m_{\text{нак.}}, \quad (20)$$

- де $Q_{\text{т.попер.}}$ – маса тепловоза, т;
 $m_{\text{нак.}}$ – маса накопичувача енергії, т.

Загальний коефіцієнт корисної дії тепловоза при роботі від накопичувачів

					0032.220262.000.01МР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		47

енергії складе:

$$\eta_{уст.} = \eta_{нак.} \cdot \eta_{пер.} \cdot \eta_{тд.}, \quad (21)$$

де $\eta_{нак.}$ – ККД електрохімічного накопичувача енергії;

$\eta_{пер.}$ – ККД електричної передачі тепловоза;

$\eta_{тд.}$ – ККД тягових електродвигунів.

Кількість дизельного палива, що витрачає тепловоз на шляху прямування є еквівалентно певній енергії, яка рівна, МДж:

$$F_{пал.} = m_{пал.} \cdot q \cdot \eta_{тепл.}, \quad (22)$$

де $m_{пал.}$ – кількість палива, що використано тепловозом на шляху прямування, кг;

q – питома теплота згоряння дизельного палива, МДж/кг;

$\eta_{тепл.}$ – коефіцієнт корисної дії тепловоза.

Кількість енергії, що отримана накопичувачами енергії з урахуванням повного використання (виробленої) енергії, буде становити, МДж:

$$F_{енерг.} = \sum R_{вир.} \cdot \eta_{уст.}, \quad (23)$$

де $\sum R_{вир.}$ – вироблена (зеконормлена) електрична енергія, МДж;

$\eta_{уст.}$ – ККД при роботі від накопичувача енергії.

Ресурс дизеля також буде збільшено, що еквівалентно енергії взятої від накопичувача, тобто пропорційно відсотку економії, км:

					0032.220262.000.01МР.ПЗ	Арк.
						48
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$L' = L \cdot \left(1 + \frac{\mu}{100} \right), \quad (24)$$

Отже, перевагою тепловоза з накопичувачем енергії є його висока економічність, яку ми отримуємо за рахунок зниження витрати палива.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

– розглянуто декілька методик визначення витрати палива маневровими локомотивами;

– побудовано діаграму розподілу часу роботи маневрового локомотива ЧМЕЗ по позиціях контролера машиніста під час виконання маневрової роботи на станції Скнилів;

– встановлено значення потужності дизеля K6S310DR при мінімальній питомій витраті палива для кожної позиції контролера машиніста та кількість енергії яка при цьому витрачається;

– проведено дослідження щодо ефективності використання на маневровому локомотиві ЧМЕЗ накопичувачів енергії;

– встановлено, що при роботі тепловоза на умовах, що відповідають IV позиції КМ сумарна величина накопиченої енергії при 0-III позиції КМ становить 3248 МДж, що достантьо для подальшої роботи тепловоза за рахунок накопичувача енергії;

– представлено математичну модель розрахунку накопичувача енергії.

					0032.220262.000.01MP.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		49

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

- розглядаючи та аналізуючи показники, що успішно використовуються для обліку та визначення ефективності роботи локомотивів встановлено, що не всі вони є достатньо інформативними і за можливості повинні бути модернізовані або замінені іншими;
- розглянуто основні особливості роботи станції Скнилів, а саме виконання маневрової роботи;
- показано, що умови експлуатації та режими роботи маневрових локомотивів суттєво відрізняються від режимів роботи магістральних тепловозів;
- розглянуто узагальнені значення параметрів спектра режимів навантаження ДГУ маневрових тепловозів в експлуатації та відповідно розподіл часу роботи по позиціях контролера машиніста;
- наведено основні режими роботи силової установки тепловоза та проаналізовано вплив змінних навантажень, атмосферних властивостей, профілю колії та ін. факторів;
- з аналізу можна виділити, що найбільший вплив на режими роботи силової установки мають змінні навантаження та технічний стан тепловоза;
- наведено основні проблеми існуючого парку маневрових локомотивів;
- розглянуто альтернативні види тяги для виконання маневрової роботи, а саме використання локомотивів з їх перевагами та недоліками у процесі експлуатації, тягових акумуляторних батарей без підключення до контактної мережі, водневих паливних елементів, сонячної енергії за рахунок використання сонячних батарей;
- показано різні варіанти маневрових локомотивів з альтернативними технологіями тяги та ступінь їх придатності за різних сценарії експлуатації;
- встановлено, що акумуляторні локомотиви без можливості підключення до контактної мережі можуть використовуватися насамперед у локальних

					0032.220262.000.01MP.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		50

маневрових районах та на сортувальних станціях, локомотиви з водневими паливними елементами та тяговими АКБ можуть розраховувати на ширший спектр застосування, хоча ємність накопичувачів лімітує об'єм їхньої добової роботи;

- розглянуто декілька методик визначення витрати палива маневровими локомотивами;
- побудовано діаграму розподілу часу роботи маневрового локомотива ЧМЕЗ по позиціях контролера машиніста під час виконання маневрової роботи на станції Скнилів;
- встановлено значення потужності дизеля K6S310DR при мінімальній питомій витраті палива для кожної позиції контролера машиніста та кількість енергії яка при цьому затрачається;
- проведено дослідження щодо ефективності використання на маневровому локомотиві ЧМЕЗ накопичувачів енергії;
- встановлено, що при роботі тепловоза на умовах, що відповідають IV позиції КМ сумарна величина накопиченої енергії при 0-III позиції КМ становить 3248 МДж, що достантьо для подальшої роботи тепловоза за рахунок накопичувача енергії;
- представлено математичну модель розрахунку накопичувача енергії.

					0032.220262.000.01MP.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		51

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Тройнікова О.М. Залізнична статистика: Навч. Посібник. –Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 87 с.
2. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посіб./ О. І. Кушлик-Дивульська, Н. В. Поліщук, Б. П. Орел, П. І. Штабальок. – К: НТУУ «КПІ», 2014. – 212 с.
3. Технічно-розпорядчий акт станції Скнилів. Затверджено розпорядження ДНН-1 №47 від 16.06.2017 р.
4. Питайло О.О. Підвищення ефективності роботи силової установки маневрового тепловоза. Дипломна робота на здобуття ступеня магістр, УДУНТ, Дніпро, 2020. – 99 с.
5. Інструкція по технічному нормуванню витрат електричної енергії і палива локомотивами на тягу поїздів. ЦТ-0059 [Текст]: Затв.: Наказ Укрзалізниці 05.03.2003 № 62-Ц. – К., 2003. – 85 с.
6. Правила тяговых расчетов для поездной работы [Текст]. – М.: Транспорт, 1985. - 287 с.
7. . Володин, А. И. Локомотивные энергетические установки [Текст]: уч. для вузов ж.-д. трансп. / А. И Володин, В. З. Зюбанов, В. Д. Кузьмич и др. - М.: ИПК «Желдориздат», 2002. – 718 с.
8. Теорія та конструкція локомотивів. Основи проектування [Текст]: підруч. для ВНЗ залізнич. трансп. / Б. Є. Боднар, Є. Г. Нечаєв, Д. В. Бобирь / Під ред. Б. Є. Боднара. – Д.: ПП «Ліра ЛТД», 2010. – 358 с.
9. Инструкция по эксплуатации двигателя K6S310DR для тепловоза ЧМЭЗТ [Текст]. – ЧескаТршебова: ЧКД Прага. 1988. – 198 с
10. Назаров, Л. С. Как оценить усовершенствования маневрового тепловоза [Текст] / Л. С. Назаров // Локомотив. – 2003. – № 10. – С. 40-42.
11. Настанова по економному використанню дизельного палива при експлуатації тепловозів. ЦТ0198 [Текст]: Затв.: Наказ Укрзалізниці 29.10.2010. № 161-ЦЗ / Державна адміністрація залізничного транспорту України. – К., 2011. – 101 с.

					0032.220262.000.01MP.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		52