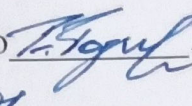


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАЦІОНАЛЬНА ШКОЛА МАЙСТЕРНОСТІ І ПРОФЕСІЙ
CNAM, ФРАНЦІЯ

“ДО ЗАХИСТУ”

Зав. кафедрою  Борис БОДНАР
“ 19 ” “ 01 ” 2024 р.

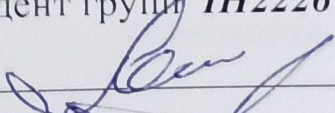
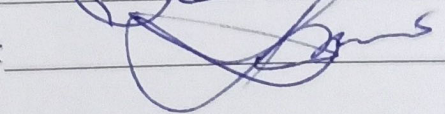
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи *магістра*

на тему: “Удосконалення системи обліку роботи локомотивів”

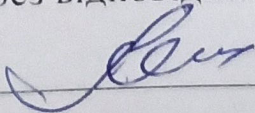
за освітньою програмою: “Інтероперабельність і безпека на залізничному
транспорті”

зі спеціальності 273 “Залізничний транспорт”
галузі знань 27 “Транспорт”

Виконав: студент групи **ІН2226**

 Петро КРИВЕЦЬКИЙ
Керівник  Дмитро КИСЛИЙ

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

Студент 

Дніпро, 2024

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
UKRAINIAN STATE UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES
NATIONAL SCHOOL OF SKILLS AND PROFESSIONS
CNAM, FRANCE

EXPLANATORY NOTE
to Master's Thesis

master

on the topic: **“Improvement of the locomotive operation accounting system ”**

according to educational curriculum: **“Interoperability and safety in rail transport”**
in the Speciality 273 **“Railway transport”**
field of knowledge 27 **“Transport”**

Done by the student of the group **IN2226:**

Petro KRYVETSKYI

Scientific Supervisor: Dmytro KYSLYI

Dnipro, 2024

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Кафедра: *«Локомотиви»*

Рівень вищої освіти: *другий (магістерський)*

Освітня програма: *«Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті»*

Спеціальність: *273 «Залізничний транспорт»*

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. Кафедрою «Локомотиви»

_____ Борис БОДНАР

«____» _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу магістра

студенту групи ІН2226

Кривецького Петра Володимировича

1. Тема кваліфікаційної роботи: **Удосконалення системи обліку роботи локомотивів**

Керівник роботи: Кислий Дмитро Миколайович, к.т.н.

Затверджена наказом по університету від «28» квітня 2023 р. №360ст

2. Строк подання студентом роботи: «12» січня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: довжина ділянки – 15 км; профіль колії; серія локомотива – тепловоз 2ТЕ116; доля гальмівних осей в складі – 98%.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):
- 4.1 Аналіз показників ефективності використання локомотивів в системі роботи залізниць
 - 4.2 Огляд показників використання локомотивів у вантажному русі та методів їх аналізу
 - 4.3 Обґрунтування та впровадження нових показників використання локомотивів
 - 4.4 Економічне обґрунтування необхідності введення рекомендованих показників використання локомотивів
 - 4.5 Удосконалення системи обліку роботи локомотивів на підставі тягових розрахунків
 - 4.6 Обґрунтування удосконалення системи обліку роботи локомотивів відповідно до вимог інтероперабельності

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапу кваліфікаційної роботи	Обсяг розділу, %	Рекомендована кількість слайдів
1	Аналіз показників ефективності використання локомотивів в системі роботи залізниць	15	2
2	Огляд показників використання локомотивів у вантажному русі та методів їх аналізу	15	2
3	Обґрунтування та впровадження нових показників використання локомотивів	15	2
4	Економічне обґрунтування необхідності введення рекомендованих показників використання локомотивів	20	2
5	Удосконалення системи обліку роботи локомотивів на підставі тягових розрахунків	20	4
6	Обґрунтування удосконалення системи обліку роботи локомотивів відповідно до вимог інтероперабельності	15	2

Студент _____ Петро КРИВЕЦЬКИЙ

Керівник роботи _____ Дмитро КИСЛИЙ

РЕФЕРАТ

Магістерська дипломна робота на тему «Удосконалення системи обліку роботи локомотивів» у загальному обсязі 72 аркуші розрахунково-пояснювальної записки та складається з 6 розділів. Робота містить 11 ілюстрацій, 6 таблиць та список літературних джерел з 18 найменувань.

Об'єктом дослідження в роботі є експлуатаційна робота локомотивів. Метою роботи є висвітлення та дослідження актуальної для Укрзалізниці проблеми обліку перевізної роботи та її удосконалення. Предмет дослідження – експлуатаційні показники роботи локомотивів.

У кваліфікаційній магістерській роботі вирішена задача вибору і обґрунтування нових показників раціонального використання, які більш точно оцінюють ефективність роботи локомотивів та депо у цілому. Вирішення цієї задачі дозволяє підвищити ефективність використання локомотивного парку за рахунок всебічного аналізу роботи локомотивів та впровадження заходів з удосконалення показників, що у кінцевому результаті приведе до значного економічного ефекту.

На підставі розрахованих результатів, визначена необхідність впровадження та обліку у першу чергу такого показника як оборот локомотива, розрахований економічний ефект введення цього показника. В результаті було зроблено були отримані наступні результати: скорочення приписного парку локомотивів, що використовуються у вантажному русі, а також спостерігається значне скорочення експлуатаційних витрат, що якісно буде впливати на роботу депо в подальшому.

Згідно з тяговими розрахунками, запропоновано оцінку виконувати показником ефективності поїздки, який враховує витрати енергоресурсів на тягу, час у дорозі, масу складу та протяжність ділянки. Цей показник більш точно описує результати тягових розрахунків і, прогнозовано, фактичних поїздок. При порівнянні значень вказаного показника можна стверджувати, що він більш повно описує поїздку з урахуванням параметрів які важливі не тільки для служби тяги, а й для інших, що є важливим з точки зору інтероперабельності.

Ключовими словами у кваліфікаційній магістерській роботі є: удосконалення, система, облік, робота, локомотив, експлуатація, перевезення, показник, ефективність, парк, аналіз, економіка, витрати, поїздка, енергоресурси, тяга, маса складу, ділянка.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЛОКОМОТИВІВ В СИСТЕМІ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЦЬ	9
1.1 Економічні показники ефективності локомотивів в умовах експлуатації	9
1.2 Огляд техніко-економічної складової використання локомотивів дизельної тяги в експлуатації	11
2 ОГЛЯД ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ЛОКОМОТИВІВ У ВАНТАЖНОМУ РУСІ ТА МЕТОДІВ ЇХ АНАЛІЗУ	13
3 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ЛОКОМОТИВІВ	26
3.1 Роль і місце вантажної роботи у експлуатаційній діяльності депо	26
3.2 Обґрунтування необхідності введення нових показників використання локомотивів у вантажному русі	31
3.4 Впровадження обліку нових показників використання локомотивів у вантажному русі.....	45
4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ВВЕДЕННЯ РЕКОМЕНДОВАНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ЛОКОМОТИВІВ	48
5 УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОБЛІКУ РОБОТИ ЛОКОМОТИВІВ НА ПІДСТАВІ ТЯГОВИХ РОЗРАХУНКІВ.....	51
5.1 Аналіз профілю колії	51
5.2 Визначення розрахункового підйому	51
5.3 Розрахунок маси складу	52
5.3 Побудова діаграм питомих рівнодіючих сил	54

					0032.226551.000.03КР.ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Кривецький			Удосконалення системи обліку роботи локомотивів		Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Кислий					н	5	76
Реценз.							УДУНТ, зр. ІН2226		
Н. Контр.									
Затверд.		Боднар							

5.4	Вирішення гальмівної задачі	56
5.5	Побудова кривих швидкості, часу ходу поїзда та струму	61
5.6	Визначення часу ходу поїзда.....	65
5.9	Визначення витрат енергоресурсів локомотивом	65
6	ОБГРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОБЛІКУ РОБОТИ ЛОКОМОТИВІВ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ	67
	ВИСНОВКИ	69
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	71

ВСТУП

Українські залізниці являють собою потужну транспортну систему. За щільністю колійних шляхів Укрзалізниці належить провідне місце серед держав світу (0,037 км на 1 кв. км площі); тут вони наближаються до найбільш розвинутих європейських країн. За обсягом перевезень вантажів залізниці України міцно утримують друге місце серед країн СНД і в Європі.

Незважаючи на зменшення обсягів перевезень за останні роки, умови роботи залізниць України залишаються більш важкими, ніж на закордонних залізницях.

Щоб поліпшити показники діяльності Укрзалізниці, необхідно перейти на нові для України, але вже визнані в світі маркетингові принципи керування залізницями та їх підрозділами. Це дозволить чітко розподіляти відповідальність конкретних осіб за управлінські рішення та фінансові результати діяльності у сфері пасажирських та вантажних перевезень. Діяльність, що не приносить доходу залізницям і безпосередньо на пов'язана з транспортними операціями, буде поступово згортатися, а відповідні підрозділи – вилучатися з організаційної структури залізниць.

Українські залізниці з'єднують Україну з країнами Кавказу, західної та Центральної Європи. Значне відставання залізничного транспорту України у сферах високошвидкісних перевезень, інформаційних систем, сервісу і відсутність сучасних методів вирішення цих проблем можуть призвести до подальшого відтоку клієнтури, а відтак до падіння обсягів перевезень і зменшення прибутків [1]. На залізницях України вживаються заходи щодо розширення сервісу та послуг, вдосконалення інформаційних систем, підвищення швидкостей руху поїздів. Це дасть можливість скоротити час доставки вантажів і пасажирів до місця призначення, підвищити конкурентоспроможність залізничного транспорту.

Одним із пріоритетних напрямків удосконалювання роботи залізничного транспорту продовжує залишатися впровадження в практику залізниць ресурсозберігаючих технологій. Зниження витрат відбувається, головним чином, за рахунок економії витрати палива й електроенергії на тягу поїздів, трудових і матеріальних ресурсів у галузевих господарствах доріг, її лінійних виробничих

підприємствах, у цехах і на окремих робочих місцях, а також за рахунок імпортозаміщення.

На сьогоднішній день умови роботи залізничного транспорту значно ускладнились. Загальна криза економіки країни викликала зниження об'ємів виробництва продукції і, як наслідок, зниження об'ємів перевезень. Зростання цін, неплатоспроможність більшості підприємств також здійснюють вплив на погіршення умов роботи залізничного транспорту.

Метою даної кваліфікаційної роботи магістра є висвітлення та дослідження актуальної для Укрзалізниці проблеми обліку перевізної роботи.

					0032.226551.000.03КР.ПЗ	
						8

1 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЛОКОМОТИВІВ В СИСТЕМІ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЦЬ

1.1 Економічні показники ефективності локомотивів в умовах експлуатації

Дослідження з економічної оцінки показників експлуатаційної роботи почалися після появи залізниць [2].

При економічній оцінці показників експлуатаційної роботи вирішальне значення має визначення залежності витрат від обсягу роботи або розмірів руху. Вперше питання про залежність витрат залізниць від обсягу перевезень було висвітлено в середині минулого століття. Було встановлено, що порівняння загальних сум експлуатаційних витрат окремих залізниць, віднесених на той чи інший вимірник, не розкриває причин відмінності у витратах на одиницю роботи і не дозволяє правильно судити про ефективність функціонування порівнюваних доріг.

Оцінці ефективності використання локомотивів в експлуатації присвячені численні роботи, які охоплюють питання оцінки ефективності тяги з комплексу тягово – енергетичних, експлуатаційних і економічних показників, і розглядають методи оцінки використання локомотивів за часом, по потужність і розташовуваному запасу роботи. Тут можна вказати на три різновиди, досліджень:

- роботи, що розглядають питання поліпшення використання локомотивів у часі;
- роботи, що вивчають використання локомотивів у процесі руху;
- частина робіт, що вивчають комплекс питань перевізної роботи локомотивів вибір і аналіз показників продуктивності локомотивів, ваги (маси) составів, розрахункових швидкостей руху й інші.

Таким чином, оцінка результатів ефективності роботи локомотивів повинна проводитися з обліком енергетичних, силових і економічних підсумків перевізного процесу локомотивів. Енергетичні показники дозволяють розглядати результати на основі величин, взаємозв'язок яких визначається законом

збереження енергії. У результаті одержують характеристики цілком порівнянні для будь-яких умов роботи, що розширює правомірність виводів. Силкові показники дають виставу про використання силової енергетичної установки локомотива на ділянці, як по встановленій потужності, так і за часом її завантаження.

Економічні показники є узагальнюючими параметрами, вираженими єдиним мірилом грошовою одиницею. Однак, при віднесенні їх до продукції, яка виражається в тонна кілометрах поїзної роботи, що має неоднакову енергоємність, результати оцінки ефективності не завжди будуть відбивати дійсне положення. У практичних умовах часто покориються також експлуатаційні показники, що враховують результати роботи без зв'язку її з енергетичними й силowymi перетвореннями в локомотивах. Ці показники (т км бруто поїзної роботи, км пробігу, швидкість, вага й маса состава та ін.) не мають між собою точних співвідношень і тому, не можуть правильно відбивати залежності між виконаною роботою й витратою енергії, швидкістю та ін. Відзначимо, що різні показники можна виражати як в абсолютному, так і у відноснім вираженні і вони можуть визначатися за будь-який період доба, оберт локомотива, період руху і т.д. [2].

У процесі перевізної роботи локомотивів на ділянці, енергія, яка підводиться до локомотива, перетвориться в дотичну механічну роботу локомотива A_k , яка розподіляється на корисну, продуктивну частину, що витрачається на подолання сил опору складу A'' і на непродуктивну частину, яка витрачається на подолання сил опору локомотива A' і роботу гальмових сил A_z поїзда. Величини A' і A_z нерідко сягають 20-40 відсотків від значень A_k і зниження їх на конкретній ділянці залежить від організації руху й технології роботи локомотивів з поїздами. Величина A'' у конкретних умовах експлуатації є некерованою й зниження її вимагає поліпшення технічного утримання рухомого складу, реконструкції його й верхньої будови колії [3].

Визначення механічної роботи сил, що діють на поїзд, є необхідним для підрахунків показників ефективності локомотивів, що можна зробити,

використовуючи аналітичні або графічні методи.

Економічні показники у вигляді грошової одиниці є узагальнюючими параметрами для аналізу й оцінки продуктивності локомотивів в умовах експлуатаційної діяльності залізниць. Розрахунки собівартості умовних т-км бруто відбивають фактичні витрати енергії й виконану механічну роботу, що дозволяє більш конкретно й цілеспрямовано вишукувати шляхи зниження собівартості залізничних перевезень і підвищення ефективності використання локомотивів у процесі організації перевізної роботи.

Показник грошової продуктивності є критерієм використання локомотивів, підрахунки якого пов'язані з визначенням витрат коштів за поїздки, або за будь-який період експлуатації (звичайно ухвалюють для розрахунків річні наведені витрати). Витрати по пересуванню поїзда на ділянці E_x можна розділити на змінювані пропорційно часу (тимчасові) $E_{xв}$ і пропорційно витраті енергії (енергетична) $E_{xк}$. Крім цих доданків є й третя, що складається витрат, пов'язана з обсягом перевізної поїзної роботи й витратами по технічному огляду, а також по амортизації баласту, шпал, охороні шляху й споруджень та інші, яка позначається $E_{хн}$ [3].

1.2 Огляд техніко-економічної складової використання локомотивів дизельної тяги в експлуатації

Отримана продукція й відповідні витрати для конкретних умов перевізної роботи локомотивів залежать від потужності й досконалості технічних засобів організації руху й досягнутої технології роботи. Зміна матеріально технічної бази транспорту відбувається періодично за рахунок відповідних капітальних вкладень, спрямованих на підвищення встановленої потужності, підвищення коефіцієнта корисної дії, експлуатаційної надійності й зручності. При наявній матеріально технічній базі, поліпшення й удосконалювання режимів перевізної роботи локомотивів є предметом безперервних турбот підприємств залізничного транспорту.

У більшості випадків вивчається вплив умов перевізної роботи локомотивів

на ходові показники використання локомотивів, хоча ряд прикладів зроблений з показниками для експлуатаційної галузі. Для конкретних умов на ділянках, показники ефективності перевізної роботи локомотивів будуть пов'язані з обсягом виконаної роботи, тобто вагою (масою) складу й довжиною ділянки, а також витратами часу, енергії, робочої сили та ін. Величина $E_{хн}$ зв'язана безпосередньо з обсягом роботи на ділянці, а величини $E_{хк}$ і $E_{хв}$ зв'язані згодом, що залежать від режиму ведення поїзда. Що стосується $E_{хв}$, то її значення пропорційне загальному часу ходу поїзда, а величина $E_{хк}$ залежить від згаданого часу в складній залежності.

Загальний час руху на ділянці складається з періодів t_p робочого ходу, t_x холостого ходу й t_z гальмувань. Енергетичні витрати кожного названого періоду різні. Комбінації зазначених періодів може бути всіляке, що й веде до більших коливань величини $E_{хк}$. Періоди t_p , t_x і t_z будуть, визначатися прийнятим режимом ведення поїзда, що визначають багато в чому й загальний час ходу поїзда. Тому вибір оптимальних режимів ведення впливає на величину E_x , а також і на показники використання локомотивів. Таким чином, час ходу й режим ведення поїзда наносять вплив на $E_{гх}$ і $E_{гв}$, визначаючи багато в чому й величину E_z . Це вказує на величезне значення правильного вибору часу ходу поїзда по перегонах і відповідного режиму ведення його для конкретних умов організації роботи на ділянках [3].

Для конкретних умов при певному обсязі роботи, виявлення найвигіднішої технології роботи за період руху поїзда є основою боротьби за підвищення ефективності перевізної роботи локомотивів. Відзначимо, що при вивченні того або іншого фактору в розглянутих випадках приймається зміна одного цього фактору при незмінних інших.

Обсяг експлуатаційної роботи локомотива за період ходу визначається вагою (масою) складу й довжиною ділянки, при цьому величина E_x буде змінюватися зі зміною маси складу за рахунок зміни всіх вищезгаданих трьох параметрів [3].

2 ОГЛЯД ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ЛОКОМОТИВІВ У ВАНТАЖНОМУ РУСІ ТА МЕТОДІВ ЇХ АНАЛІЗУ

Для планування та фінансування витрат по перевезенням та оцінки якості експлуатаційної діяльності підприємств та підрозділів локомотивного господарства прийнята система показників [4]. Показники використання локомотивів діляться на кількісні, що характеризують обсяг роботи локомотивів, і якісні, які дозволяють оцінити степінь використання локомотивного парку по часу та потужності. Показники характеризують якість праці робітників локомотивних депо та ефективність експлуатації локомотивів, їх аналіз дозволяє знаходити та використовувати певні керуючі впливи для підвищення якості праці. Класифікація і перелік показників представлені на рис. 2.1.

До кількісних показників відносяться:

- пробіги локомотивів в локомотиво-км;
- робота локомотивів в ткм брутто;
- робота локомотивів в локомотиво-год.

До якісних показників відносяться:

- середньодобова продуктивність локомотива в ткм брутто;
- середньодобовий пробіг локомотива в км;
- середня вага поїзда в т брутто;
- технічна та ділянкова швидкості руху в км/год;
- бюджет часу роботи локомотива в год або %;
- процент несправних локомотивів; ділянковий оборот локомотивів [4].

Система показників складається з декількох груп. Частина показників розробляється з урахуванням довготривалих економічних нормативів і норм та використовується при плануванні роботи підприємств. Велика група показників, отримана в результаті розрахунків, служить для організації контролю, оцінки і аналізу роботи підприємств. Показники служать і для планування та оцінки об'єму виконуваної роботи і для оцінки якості цієї роботи.

Робота локомотивного депо здійснюється на основі виробничого

					0032.226551.000.03КР.ПЗ	13

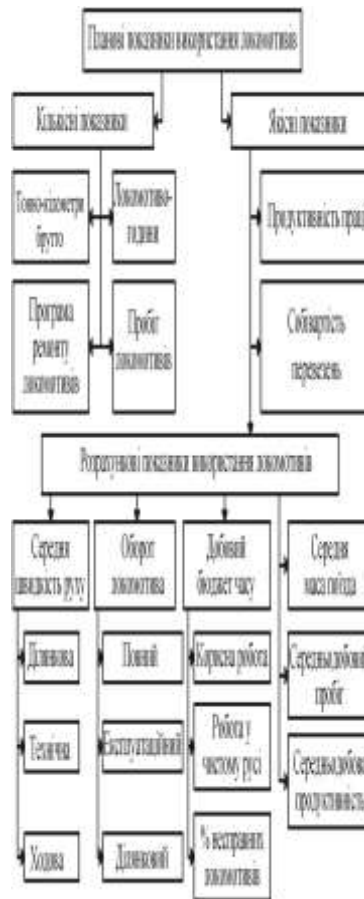


Рисунок 2.1 – Загальна класифікація показників використання локомотивів

фінансового плану, який розробляється з урахуванням заданого об'єму робіт, а також по встановлених нормах і нормативах. Для локомотивного депо такими показниками є:

- норми використання локомотивів;
- витрата палива і електроенергії;
- витрата матеріалів і запасних частин для ремонту;
- норматив трудомісткості ремонтів, нормативи устаткування і інструментів і т.п.

Експлуатаційну роботу характеризують кількісні і якісні показники [4]. Перші визначають обсяг планової або фактично виконаної роботи; другі – її якість, особливо рівень використання рухомого складу (вагонів і локомотивів).

До основних кількісних показників у вантажному русі, виконання яких знаходиться у прямій залежності від роботи станцій, належать:

- навантаження – сума навантажених усіма станціями вагонів у межах

залізниці або дирекції;

– вивантаження – сума усіх вивантажених у межах залізниці або дирекції вагонів;

– прийом і здача – сума по всіх стикових пунктах прийому і здачі навантажених і порожніх вагонів;

– робота – сума навантажених і прийнятих вантажених вагонів. Для мережі залізниць робота – це кількість навантажених вагонів.

Найважливішим показником роботи залізниць є швидкість руху поїздів. На залізничному транспорті розрізняють декілька категорій швидкості руху поїздів, у тому числі:

– технічну – по дільниці без урахування стоянок на всіх проміжних станціях;

– дільничну – по дільниці з урахуванням стоянок на проміжних станціях;

– маршрутну – середню на певному напрямку (маршруті) з урахуванням стоянок на всіх проміжних і дільничних станціях.

Розглянуті кількісні показники не дозволяють у повній мірі відобразити ефективність використання локомотивів і проаналізувати їх роботу за певний проміжок часу.

Згідно оперативно-статистичної звітності та згідно звітів ф. ТО-2 «Добовий аналіз роботи локомотивів», ф. ТО2А «Місячний звіт про роботу локомотивів», оперативної добової довідка про основні показники роботи залізниці в теперішній час основними показниками використання локомотивів у вантажному русі є:

– продуктивність локомотива;

– середньодобовий пробіг;

– технічна швидкість;

– дільнична швидкість;

– середня вага вантажного поїзда;

– робота локомотивів [5].

Розглянемо їх детальніше. **Продуктивність локомотива.** Добова продуктивність локомотива виражає перевізну роботу в тонно-кілометрах брутто і

					0032.226551.000.03КР.ПЗ	
						15

є комплексним і основним показником, що характеризує використання локомотивів в часом і потужності [5]. З переходом залізничного транспорту на нову систему планування та економічного стимулювання для доріг та відділень доріг планується тільки два якісних показника – продуктивність локомотивів і вагонів. При складанні перспективних і річних планів потреба локомотивів для вантажного руху розраховується по продуктивності локомотивів.

Середньодобова продуктивність локомотива в ткм брутто визначається за формулою:

$$P_{\text{серед.}} = \frac{\sum Q_{\text{бр.}} \cdot L_i}{N_{\text{експ}}}, \quad (2.1)$$

де $\sum Q_{\text{бр.}} \cdot L_i$ – загальні тонно-кілометри брутто, з урахуванням перевезених
одиначно слідуючих локомотивів;

$N_{\text{експ}}$ – парк локомотивів вантажного руху депо (відділення, залізниці) з урахуванням локомотивів, що працюють з передаточними, вивізними поїздами і в підштовхуванні.

Для аналізу впливу різних експлуатаційних факторів на продуктивність локомотива і визначення планових норм продуктивності локомотивів по залізниці чи відділенні залізниці доцільно виражати її через середню вагу поїзда і середньодобовий пробіг. Вказану залежність можна отримати на підставі таких міркувань.

Загальні тонно-кілометри брутто складають

$$\sum Q_{\text{бр.}} \cdot L_i = \sum Q_{\text{бр.ср.}} \cdot \sum L_{\text{п.}}, \quad (2.2)$$

де $Q_{\text{бр.ср.}}$ – середня вага поїзда на даній ділянці відділення залізниці;

$$\sum L_{\text{п.}} \text{ – поїздо-кілометри;} \quad (2.3)$$

де $\sum S_{\text{дв.т}}$ – пробіг локомотивів при подвійній тязі, локомотиво-км;

$\sum S_{od}$ – пробіг локомотивів при одиночному слідуванні, локомотиво-км.

$$\sum NS = \sum q_i \cdot l_{qp_i} + \sum S_{dum} + \sum S_{od}; \quad (2.4)$$

$$\sum NS = \sum q_i \cdot l_{qp_i} \cdot \left(1 + \frac{\sum S_{dum}}{\sum q_i \cdot l_{qp_i}} + \frac{\sum S_{od}}{\sum q_i \cdot l_{qp_i}} \right). \quad (2.5)$$

Звідси, коефіцієнт двійної тяги

$$\beta_{dum} = \frac{\sum S_{dum}}{\sum q_i \cdot l_{qp_i}}; \quad (2.6)$$

коефіцієнт одиночного слідування

$$\beta_{od} = \frac{\sum S_{od}}{\sum q_i \cdot l_{qp_i}}; \quad (2.7)$$

$$\sum NS = \sum q_i \cdot l_{qp_i} \cdot (1 + \beta_{dum} + \beta_{od}). \quad (2.8)$$

Якщо праву і ліву частини формули (2.13) розділити на експлуатований парк локомотивів в вантажному русі, то ліва частина буде виражати собою середньодобовий пробіг S_c

$$S_c = \frac{\sum NS}{N_{експ}} = \frac{\sum q_i \cdot l_{qp_i}}{N_{експ}} \cdot (1 + \beta_{dum} + \beta_{od}). \quad (2.9)$$

Звідси

$$\beta_{dum} = \frac{\sum q_i \cdot l_{qp_i} \cdot S_c \cdot N_{експ}}{\sum q_i \cdot l_{qp_i} \cdot (1 + \beta_{dum} + \beta_{od})}, \quad (2.10)$$

$$N'_{експ} = N_{експ} + N_m, \quad (2.11)$$

де N_m – локомотиви, що використовуються в підштовхуванні.

$$\varphi_{\text{опт}} = \frac{\sum Q_{\text{опт}} \cdot L_{\text{опт}}}{\frac{N_{\text{експл}}}{N_{\text{опт}}} \cdot \left(1 + \beta_{\text{вкл}} + \beta_{\text{пл}}\right)}, \quad (2.12)$$

Відношення $N_m / N_{\text{експл}}$ називається коефіцієнтом підштовхування φ_m . Підставивши в формулу (1.17) коефіцієнт підштовхування, отримаємо

$$\varphi_{\text{опт}} = \frac{\sum Q_{\text{опт}} \cdot L_{\text{опт}}}{\left(1 + \beta_{\text{вкл}}\right) \cdot \left(1 + \beta_{\text{вкл}} + \beta_{\text{пл}}\right)}. \quad (2.13)$$

При виводі цієї формули не враховано робота в тонно-кілометрах, що виконуються поодинокими прямуючими локомотивами, через її малу величину.

Досвід і розрахунки показують, що підвищення продуктивності локомотива за рахунок збільшення ваги поїзда дає значно більшу економію коштів, що витрачаються на перевезення, ніж аналогічне підвищення продуктивності за рахунок збільшення середньодобового пробігу локомотива, так як у першому випадку збільшення продуктивності локомотива веде не тільки до вивільнення певної кількості локомотивів, а й до зменшення кількості поїздів для освоєння заданих розмірів перевезень вантажів, до зниження питомої витрати палива та енергії.

Ефективним методом підвищення продуктивності локомотивів являється зниження пробігу локомотивів в одиночному прямованні за рахунок удосконалення оперативного планування і регулювання локомотивного парку та поліпшення планування вантажних перевезень.

З метою стимулювання підвищення продуктивності локомотивів на ряді доріг для кожної диспетчерської ділянки, зони обігу локомотивів і ділянки роботи локомотивних бригад в залежності від місцевих особливостей встановлені норми продуктивності в ткм брутто за 1 год роботи локомотива. Для цього у відділеннях і депо заведений облік фактичного виробітку за 1 год, поїздки, зміну, добу [5].

Середньодобовий пробіг локомотива. Середньодобовий пробіг показує число кілометрів, що приходить в середньому за добу на один локомотив експлуатаційного парку. При обліку фактично виконаного середньодобового

пробігу числове значення його знаходять за формулою:

$$S_{exp} = \frac{24 \sum N}{\sum M}, \quad (2.14)$$

де $\sum NL$ – сумарний лінійний пробіг локомотивів на відділенні залізниці без обліку пробігу локомотивів, зайнятих на підштовхуванні поїздів, за добу, декаду, місяць;

$$\sum NT - \text{загальна витрата локомотиво-годин за той же період.}$$

Загальна витрата локомотиво-годин за певний період часу включає локомотиво-години в русі по ділянках і локомотиво-години простоїв на всіх станціях.

Середньодобовий пробіг можна визначити як відношення кількості локомотиво-кілометрів лінійного пробігу в голові поїзда, подвійною тягою і в одиночному слідуванні, виконаних за добу на ділянці роботи локомотивних бригад (відділенні, залізниці) $\sum 2l_{\text{бр } i} \cdot n_i$ до експлуатованого парку $N_{\text{експл}}$ [4]

$$S_{\text{eff}} = \frac{\sum_{\text{perm}} 2^{q_{\text{perm}} \cdot q_i}}{N_{\text{perm}}}.$$
(2.15)

Середньодобовий пробіг локомотивів підраховується окремо по депо приписки локомотивів і в межах ділянок роботи локомотивних бригад. Середньодобовий пробіг можна визначити, знаючи час повного обороту T і протяжність ділянки l , на якій обертаються локомотиви

$$S_{exp} = \frac{48.1}{T}. \quad (2.16)$$

Провівши деякі арифметичні перетворення, отримаємо формулу, що відображає вплив елементів обороту локомотивів на середньодобовий пробіг

$$S_{\text{eff}} = \frac{\mathcal{N}}{\prod_{\alpha \in \text{Z}} \left(1 + \left| \langle \phi_\alpha^{\dagger} \phi_\alpha \rangle \right| \right)}, \quad (2.17)$$

де $\frac{1}{v_{\text{num.сep}}} = \gamma_v$ – питомі витрата часу для переміщення локомотива на 1 км, год/км;

$\frac{1}{\left(\frac{1}{v_c} + \frac{1}{v_w} + \frac{1}{v_{\text{доп}}} \right)} = \gamma_l$ – питомі витрати часу на простій локомотива на 1 км пробігу, год/км.

Таким чином

$$S_{\text{доп}} = \frac{24}{\gamma_v + \gamma_l}. \quad (2.18)$$

Збільшення середньодобового пробігу дозволяє вивільнити з експлуатації частину локомотивів і тим самим забезпечити зростання продуктивності праці локомотивних бригад, краще використання основних засобів, зменшення експлуатаційних витрат, пов'язаних з перевезеннями вантажів і, в кінцевому підсумку, підвищує рентабельність локомотивного господарства.

Найважливішими організаційно-технічними заходами щодо збільшення середньодобового пробігу локомотивів є: подовження ділянок обслуговування локомотивів (безвідчипний пробіг з поїздами); подовження ділянок роботи локомотивних бригад; поліпшення планування поїзної роботи і оперативного керівництва рухом поїздів; вдосконалення плану формування і графіку руху поїздів, технологічних процесів обробки вагонів і підготовки їх до рейсу, тобто скорочення часу стоянок для технічних потреб.

До переходу в експлуатації локомотивів на подовжені ділянки обороту і змінне обслуговування середньодобові пробіги ледь досягали 500 км. В даний час середньодобові пробіги тепловозів досягають 1000 км. Скорочення питомих простоїв (на 1 км довжини ділянки) є найбільш ефективним (економічним) заходом підвищення середньодобового пробігу, так як вимагає зазвичай менших капіталовкладень, ніж підвищення технічної швидкості руху поїздів, і може бути забезпечений організаційно-технічними заходами. Підвищення ділянок обертання локомотивів дає ефект при збільшенні їх до 600-700 км, подальше подовження підвищує середньодобовий пробіг незначно [4].

Швидкість руху. Розрізняють ходову, технічну, дільничну і маршрутну швидкість руху поїздів. При виконанні тягових розрахунків враховують розрахункову швидкість, конструкційну і максимально-допустиму по наявності гальмівних засобів в поїзді і по міцності верхньої будови колії.

Ходова швидкість – середня швидкість прямування поїзда по перегону або ділянці без урахування стоянок на проміжних станціях і часу на розгоні і уповільнення

$$V_x = \frac{l}{\sum t}, \quad (2.19)$$

де l – довжина ділянки, км;

t – час ходу поїзда по ділянці без урахування стоянок і часу на розгін і уповільнення, год.

Технічна швидкість – середня швидкість прямування поїзда по перегоні з урахуванням часу на розгін і уповільнення. Час ходу поїзда по перегоні і час на розгін і уповільнення визначається тяговими розрахунками і перевіряється дослідними поїздками.

$$V_{\text{тн}} = \frac{\sum 2l_i \cdot n_i}{T_{\text{год рух}}}, \quad (2.20)$$

де $\sum 2l_i \cdot n_i$ – сумарна кількість поїздо-кілометрів, виконаних за добу на даній ділянці роботи локомотивів (зоні обслуговування);

$T_{\text{год рух}}$ – загальна добова кількість локомотиво-годин у русі з поїздами на тій же ділянці (з урахуванням всіх простоїв на перегонах по будь-яких причинах).

Величини $\sum 2l_i \cdot n_i$ і $T_{\text{год рух}}$ підраховуються за графіком руху поїздів, а при визначенні результатів роботи – за даними звітності, яка складається на підставі записів у маршрутах машиністів.

Для одиничної поїздки технічна швидкість визначається за формулою:

$$v_t = \frac{l}{t_{\text{чг}}}, \quad (2.21)$$

де l – відстань між дільничними станціями, км;

$t_{\text{чг}}$ – час у чистому русі, год.

Технічна швидкість руху локомотивів з вантажними поїздами враховується разом з вивізним і передавальними поїздами і без них.

Дільничної швидкістю називається середня швидкість прямування поїзда по ділянці між двома технічними станціями з урахуванням стоянок на проміжних станціях і часу на розгони і уповільнення.

$$v_d = \frac{\sum l_i \cdot n_i}{T_{\text{зд}}}, \quad (2.22)$$

де $T_{\text{зд}}$ – загальна добова кількість поїздо-годин з урахуванням стоянок на всіх проміжних станціях.

Для однієї поїздки дільнична швидкість визначається за формулою

$$v_d = \frac{l}{t_{\text{чг}} + \sum t_{\text{пр}}}, \quad (2.23)$$

де $t_{\text{пр}}$ – час стоянок на проміжних станціях.

Відношення дільничної швидкості до технічної $v_d/v_t = \beta_d$ називають коефіцієнтом дільничної швидкості, який залежить від технічної оснащеності залізничної лінії (кількість шляхів на перегоні, способу зв'язку, виду тяги і т. д.) і характеризує рівень організації руху поїздів. Слідую добиватися наближення значення коефіцієнта β_d до одиниці, що досягається збільшенням безупинних пробігів поїздів, скороченням часу стоянок на проміжних станціях,

вдосконаленням технічної оснащеності залізниць. Для збільшення середньої технічної швидкості руху необхідно підвищувати швидкості руху на окремих елементах профілю застосуванням передових методів водіння поїздів, використанням кінетичної енергії поїзда і т. п.

Значний резерв підвищення технічної швидкості руху поїздів складають: подальше вдосконалення системи організації руху поїздів і, зокрема, вдосконалення графіку руху вантажних поїздів; здійснення широкої реконструкції засобів зв'язку, впровадження автоблокування та електричної централізації; поліпшення технічного стану колії; усунення всіляких обмежень швидкостей руху; удосконалення гальм; перехід на роликові підшипники і т. д.

Підвищення дільничної швидкості призводить до зростання продуктивності праці, заощаджень капітальних вкладень через вивільнення парку локомотивів і вагонів, збільшення пропускної здатності колії.

Маршрутною швидкістю називається середньодобова швидкість прямування поїзда від станції його формування до станції розформування з урахуванням часу всіх стоянок, включаючи стоянки на станціях основного і оборотного депо [4]

$$V_M = \frac{L}{g_M}, \quad (2.24)$$

де L – протяжність залізничного напрямку від пункту формування до пункту розформування маршруту, км;

g_M – число діб, необхідних для ведення маршруту на всій ділянці L .

Підвищення швидкостей руху дозволяє прискорити доставку вантажів і скоротити кількість вантажів, що знаходяться в процесі транспортування.

Середня вага вантажного поїзда. Кількість тон вантажу, що припадає в середньому на один проведений поїзд по даній ділянці (відділенню залізниці), називається середньою вагою вантажного поїзда (відношення тонно-кілометрів бруто до поїздо-кілометрів) [5]

$$Q_{гр,ср} = \frac{\sum Q_{гр\ i} \cdot L_i}{\sum n_i \cdot L_i}, \quad (2.25)$$

де $Q_{гр\ i} \cdot L_i$ – т-км бруutto на і-й ділянці;

$n_i \cdot L_i$ – поїздо-кілометри на і-й ділянці.

Середня вага поїзда нетто (вага вантажу)

$$Q_{н,ср} = \frac{\sum P_i \cdot L_i}{\sum n_i \cdot L_i}, \quad (2.26)$$

де $P_i \cdot L_i$ – т-км нетто на і-й ділянці.

Підвищення середньої ваги поїзда збільшує провізну спроможність ділянок; дозволяє освоїти тими ж технічними засобами більший вантажопотік; знижує експлуатаційні витрати, в тому числі на утримання локомотивних і поїзних бригад, на паливо і електроенергію для тяги поїздів, на ремонт та екіпіровку локомотивів; скорочує потребу в локомотивах і в кінцевому підсумку підвищує продуктивність праці локомотивних бригад; покращує використання потужності локомотивів і підвищує рентабельність депо і локомотивного господарства в цілому.

Техніко-економічні дослідження показують, що збільшення ваги поїзда на 1% знижує собівартість перевезень при тепловозній тязі приблизно на 0,25% [4].

Якщо розрахункова вага поїзда на і-й ділянці (по тяговим розрахункам) $Q_{гр\ i}$, а фактична середня вага $Q_{гр\ ср\ i}$ то ступінь відповідності фактичної ваги поїзда тяговим можливостям локомотива оцінюють коефіцієнтом використання сили тяги локомотива

$$K_t = \frac{Q_{гр\ ср\ i}}{Q_{гр\ i}}. \quad (2.27)$$

Робота локомотивів в тонно-кілометрах. Розрізняють тонно-кілометри

брутто і тонно-кілометрів нетто експлуатаційні. Тонно-кілометри брутто характеризують перевізну роботу, що виконує депо, відділення, чи сама залізниця. За цим показником встановлюють фінансування локомотивних депо, нормують витрата електроенергії електровозів, палива тепловозів, визначають середню вагу поїзда брутто, середньодобову продуктивність локомотива, ведуть розрахунок потреби локомотивів для вантажного руху при плануванні в річних планах і на перспективу.

Робота в тонно-кілометрах брутто, що виконується всіма експлуатованими поїзними локомотивами депо за добу, визначається за маршрутами машиністів і може бути виражена формулою:

$$A_{\text{брутто}} = \sum 2 \cdot l_{\text{пр}i} \cdot n_{\text{пр}i} \cdot Q_{\text{пр}i}, \quad (2.28)$$

де $Q_{\text{пр}i}$ – вага складу брутто в т на 1-й ділянці роботи локомотивних бригад у зоні обслуговування (або на ділянці обертання).

Аналогічно визначається кількість тонно-кілометрів брутто, виконаних експлуатованим парком поїзних локомотивів відділення чи залізниці за добу, місяць і рік.

Величина тонно-кілометрів нетто показує вантажну роботу локомотивів депо і характеризує перевезення народногосподарських вантажів за звітний період. Кількість тонно-кілометрів нетто визначається за формулою (2.28), але замість ваги приймається вага складу нетто (без ваги тари вагонів). Вага вантажу, що знаходиться у вагонах вантажного поїзда, визначається по натурних листах.

З ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ЛОКОМОТИВІВ

3.1 Роль і місце вантажної роботи у експлуатаційній діяльності депо

Транспорт – один із необхідних загальних умов виробництва. Здійснюючи перевезення усередині підприємства, між підприємствами, районами країни і країнами, транспорт впливає на масштаби суспільного виробництва і його темпи розвитку [4].

Від злагодженої роботи транспорту залежить економічна і технологічна ефективність і функціонування галузей промисловості, сільського господарства, діяльність усіх структур. Транспорт продовжує процес виробництва в сфері обігу, пов'язуючи галузі матеріального виробництва та елементи відтворення виробництва, розподіл, ринок, обмін і споживання.

У процесі перевезення з вантажем відбувається особлива матеріальна зміна – зміна його місцезнаходження, його просторового розміщення. Обсяг перевезень вимірюється числом перевезених тон вантажу і пасажирів.

Залізничний транспорт робить великий вплив на скорочення виробничих запасів і прискорення обороту обігових коштів підприємств. У зв'язку з цим особливо важливе значення має зростання швидкості руху на залізничному транспорті [7]. Прискорення всього перевізного процесу та скорочення часу доставки вантажів і пасажирів є об'єктивними вимогами економіки і важливими якісними показниками роботи залізниць.

Найважливішими показниками якості вантажних перевезень на залізницях України є:

- регулярність і своєчасність перевезень, що забезпечує ритмічну потребу підприємств у сировині, паливі, матеріалах;
- безпеку руху на одиницю перевезень;
- збереження, тобто зниження втрат, псування вантажів та їх розкрадання;
- швидкість і терміни доставки вантажів.

Залізничний транспорт надає послуги з перевезення пасажирів і вантажів.

Основний прибуток залізниці України отримують від перевезень, в першу чергу, вантажів.

Вантажні перевезення є важливою складовою частиною технології роботи залізниці і від підвищення її якості і ефективності залежить якість і ефективність роботи залізничного транспорту.

Приблизно половина усього експлуатаційного парку локомотивів локомотивного депо Л. припадає на роботу, що пов'язана із перевезеннями у вантажному русі. Тому вантажна робота на залізниці має значний вплив на процес перевезень і в значній мірі визначає його ефективність, суттєво впливаючи на економіку процесів перевезень.

Вантажна робота на залізниці здійснюється у відповідності до Правил технічної експлуатації залізниць України [6], Інструкції з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України, наказу 700/Н та забезпечує своєчасне відправлення та прибуття сформованих поїздів на станцію призначення до вантажоотримувача з найменшою затратою часу і найкращим використанням всіх технічних засобів. Тобто, технологія вантажної роботи повинна бути побудована таким чином, щоб забезпечити оптимальний режим роботи усієї залізниці у цілому.

Вантажні перевезення на залізничному транспорті характеризуються декількома показниками. Основними з них є:

- кількість відправок;
- кількість перевезених тон вантажу;
- вантажообіг;
- щільність перевезень
- середня дальність перевезення
- нерівномірність перевезень.

Кількість відправок – специфічний показник залізничного транспорту. Відправкою називається партія вантажу, оформлена одним перевізним документом (дорожньою відомістю). Однією відправкою може бути цілий вантажний поїзд, який слідує від одного відправника до одного одержувачу, а

може бути і ящик з домашніми речами. У першому випадку ми маємо справу з маршрутною відправкою, а в другому – з дрібною. Крім названих, розрізняють повагонні та контейнерні відправки.

Кількість перевезених тон вантажів – більш загальний показник. Він характеризує продукцію залізничного транспорту, тобто кількість тон вантажу, перевезених за певний проміжок часу. Вимірюється обсяг перевезень, як правило, на момент відправлення, хоча здавалося б більш логічним вимірювати перевезення по моменту прибуття. Різниця між цими показниками становить до 10%.

На залізниці, яка працює крім свого вантажу ще і з прийнятим вантажем з інших залізниць, країні обсяг перевезення визначається як сума відправлених $\sum P_{відпр}$ і прийнятих $\sum P_{прийн}$ вантажів

$$\sum P = \sum P_{відпр} + \sum P_{прийн}. \quad (3.1)$$

Вантажообігом на транспорті називається робота з переміщення вантажу, обумовлена за законами фізики як добуток маси переміщеного вантажу на відстань перевезення. Вимірюється вантажообіг в умовно-натуральних одиницях – тонно-кілометрах. Вантажообіг нетто – це корисна робота транспорту, що враховує переміщення лише тільки вантажу, тоді як вантажообіг брутто враховує переміщення вантажу разом з масою тари рухомого складу. Співвідношенням вантажообігу нетто і вантажообігу брутто можна охарактеризувати коефіцієнт корисної дії залізничного транспорту. Як ККД будь-якої технічної системи, він не перевищує одиницю

$$ККД_{зал} = \frac{\sum P_{н}}{\sum P_{бр}} \leq 1. \quad (3.2)$$

Вантажообіг може бути тарифним і експлуатаційним.

Щільність вантажних перевезень – кількість т вантажу, перевезеного через 1 км транспортної мережі за одиницю часу, наприклад, рік. Цей показник характеризує інтенсивність вантажного потоку окремих ділянок і підрозділів

залізниці. Середньою вантажонапруженістю називається розрахункова середньозважена величина густоти перевезень для ділянки (лінії).

На залізничній ділянці вантажонапруженість вантажних перевезень визначається як сума перевезень за напрямками «туди» і «назад», т·км/км:

$$\Gamma_{AB} = \Gamma_{AB} + \Gamma_{BA}. \quad (3.3)$$

У свою чергу, вантажонапруженість перевезень за напрямками розраховується на підставі міжстанційної кореспонденції вантажів графічним або табличним способом.

Середня дальність перевезень – це відстань, на яку перевозиться кожна тона вантажу в середньому, тобто протяжність залізниці від станції відправлення до станції призначення вантажу. Середня дальність перевезення визначається як відношення вантажообігу нетто (ΣPl_n) до обсягу перевезень (ΣP), км:

$$l = \frac{\Sigma Pl_n}{\Sigma P}. \quad (3.4)$$

Від середньої дальності перевезень в багато чому залежить вантажообіг, оскільки при інших рівних умовах вони знаходяться в прямо пропорційній залежності.

Нерівномірність перевезень у напрямку характеризується коефіцієнтом зворотності, який визначається як відношення обсягу перевезень вантажів у порожньому напрямі до обсягу перевезень вантажів у вантажному напрямку

$$K_{зв} = \frac{\Sigma P_{пор}}{\Sigma P_{вант}}. \quad (3.5)$$

При цьому вантажним (навантаженим) напрямом прийнято називати напрямок із переважаючим вантажопотоком, в той час як зворотний напрямок називають порожнім. Зазвичай вантажні та порожні напрямки досить стійкі в часі, проте із зміною розміщення продуктивних сил вони можуть мінятися місцями.

Розподіл перевезень за видами сполучень необхідно для правильного

розрахунку доходів і видатків дороги, так як кожна дорога виконує різну кількість операцій, пов'язаних з перевезеннями вантажів у різних сполученнях. Тільки під час перевезення в місцевому сполученні виконується весь цикл перевізних операцій, тоді як при вивезенні вантажу дорога не виробляє кінцевої операції, при ввезенні – початкової, а при транзиті – ні початкової, ні кінцевої.

Важливе значення в характеристиці ринку вантажних перевезень залізничного транспорту має структура обсягу перевезень і вантажообігу, тобто питома вага в їх величині окремих видів вантажу.

Кількість найменувань вантажів, що перевозяться залізницею, нараховує десятки тисяч, тому їх групують по роду відповідно за залізничною номенклатурою. Всі можливі вантажі в ній діляться на 11 розділів, кожен з яких у свою чергу підрозділяється далі, за кожним родом вантажу закріплюється свій номер. Провідну роль в залізничних перевезеннях відіграють масові вантажі: корисні копалини, мінеральні добрива, лісові і хлібні вантажі, чорні метали. На ці вантажі припадає понад 80% обсягу перевезень і вантажообігу.

Частка одного і того ж вантажу в обсязі перевезень і вантажообігу може сильно відрізнятися, що пов'язано з різною дальністю перевезень окремих родів вантажів. Для тих вантажів, дальність перевезень яких вище середньої (кам'яне вугілля, кокс, нафта і нафтопродукти, чорні метали, хімічні та мінеральні добрива), частка у вантажообігу більша, ніж у обсязі перевезень і навпаки, частка вантажів з невеликою середньою дальністю (торф, металеві руди, мінеральні будівельні матеріали) більша в обсязі перевезень, ніж у вантажообігу.

Для кожної окремої залізниці основними є, як правило, лише кілька вантажів з перерахованих, а на окремих напрямках або ділянках доріг основним вантажем може стати і такий, чиє найменування входить в групу «інші», наприклад риба або цукровий буряк, будівельний пісок або сіль.

Облік структури вантажопотоків і вантажообігу на залізничному транспорті має дуже важливе значення, оскільки від неї залежать структура вагонного парку, основні параметри рухомого складу, кількість і типи засобів механізації вантажно-розвантажувальних робіт, тощо.

					0032.226551.000.03КР.ПЗ	30

3.2 Обґрунтування необхідності введення нових показників використання локомотивів у вантажному русі

Як було вище відмічено загальноприйнята система показників використання локомотивів не дозволяє повністю оцінити ефективність використання локомотивів у вантажному русі. Для оперативного реагування в теперішніх ринкових відносинах необхідно користуватися більшою кількістю показників використання локомотивів у вантажному русі.

Зважаючи на вищесказане, у локомотивному депо Львів для оцінки ефективності використання тепловозів, що використовуються у вантажному русі, пропонується впровадження та облік ряду додаткових показників, які розглянуті нижче.

Оборот локомотива. Розрізняють поняття повний оборот локомотива і дільничний оборот локомотива (рис. 3.1).

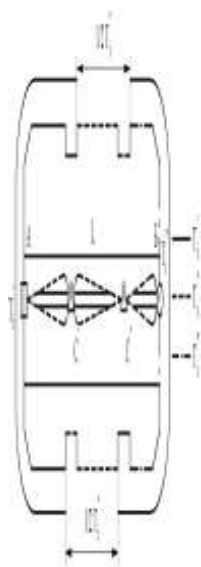


Рисунок 3.1 – Схема повного T_n і дільничного T_i оборотів локомотива:

А – основне депо; Б – оборотне депо; С' і С'' – пункти зміни локомотивних бригад

Повний оборот визначається кількістю локомотиво-годин, необхідних для обслуговування однієї пари поїздів на ділянці обертання локомотивів. Дільничний оборот T_i являє собою час в локомотиво-годинах, необхідний для обслуговування однієї пари поїздів на i -й ділянці роботи локомотивної бригади. Оборот

локомотива слід розглядати як розрахунковий показник для визначення експлуатованого парку аналітичним методом. При роботі локомотивів на ділянках обслуговування повний оборот визначається за формулою;

$$T_i = \sum_{j=1}^n \frac{2 \cdot l_{bp\ i}}{v_{yi}} + t_{oc} + t_{ob} + \sum_{m=1}^M t_{zm}, \quad (3.6)$$

де $2 \cdot l_{bp\ i} / v_{yi}$ – сумарний час знаходження локомотива на i -х ділянках роботи

бригад в межах ділянок обертання локомотивів;

t_{oc} – час знаходження локомотива на станції основного депо;

t_{ob} – час знаходження локомотива у пункті обороту;

$\sum t_{zm}$ – час знаходження локомотива на станціях зміни локомотивних бригад.

Дільничний оборот

$$T_{di} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \cdot n_i}{n_i}, \quad (3.7)$$

де $\sum T_i \cdot n_i$ – локомотиво-години, що затрачаються на обслуговування n поїздів на i -й ділянці роботи бригад;

$$T_{di} = \frac{2 \cdot l_{bp\ i}}{v_{yi}} + \sum_{m=1}^M t'_{zm}, \quad (3.8)$$

де $\sum t'_{zm}$ – сумарний час знаходження локомотива на станціях, які обслуговують ділянку роботи бригад.

Облік роботи локомотивів на ділянках роботи локомотивних бригад дозволяє вирішувати питання нормування локомотивних парків та показників їх використання до самих різних умов експлуатації.

Час t_{oc} і $t_{об}$ включає час очікування роботи $t_{оч}$. Тривалість елементу обороту $t_{оч}$ залежить від розмірів руху n і характеру розміщення поїздів на графіку руху. Найбільш точно $t_{оч}$ визначається з відомості обороту локомотивів. Якщо відомість обороту не складається, то можна визначити за формулами, виведеним на основі аналізу графіків руху поїздів по мережі доріг

$$T_{оч} = \frac{1}{n \cdot \eta_{оч}} \cdot \quad (3.9)$$

Норми елементів дільничного обороту локомотива встановлюються начальником дороги для кожного депо окремо.

Для прискорення дільничного обороту локомотивів і кращого його використання необхідно прагнути до підвищення технічної та дільничної швидкостей руху поїздів і скорочення простоїв локомотивів на дільничних та деповських станціях і в пунктах зміни бригад. Простий локомотив на станціях основного і оборотних депо і пунктів обороту складається з часу перебування їх у розпорядженні диспетчерського апарату і локомотивного господарства.

Час знаходження локомотива у розпорядженні диспетчерського апарату складається з часу проходу локомотива від контрольного поста до складу, причеплення і проби гальм на станції основного депо, часу знаходження локомотива у дорозі, часу простою локомотива з поїздом після прибуття на станцію оборотного депо або пункту обороту, проходу від поїзда до контрольного посту; час проходу від контрольного поста до складу, причеплення і проби гальм на станції оборотного депо або пункту обороту; часу простою локомотива з поїздом після прибуття на станцію основного депо, проходу від складу до контрольного посту.

Правильний розвиток станційних колій і головне – чітка організація роботи диспетчерського апарату, наявність спеціальних зарядних станцій з компресорними установками в пунктах зміни локомотива, що дозволяють завчасно зарядити повітрям гальмівні магістралі поїздів, перевірити автогальмівне обладнання вагонів, усунути виявлені недоліки, – значно скорочують час

знаходження локомотивів на станціях.

Час знаходження локомотива у розпорядженні локомотивної служби складається з часу простою локомотива в основному і оборотних депо і пунктах обороту під технічними операціями, куди входять прийом-здача, екіпіровка і технічний огляд. З метою скорочення цього часу процеси екіпіровки та технічного огляду повинні бути організовані в певній технологічній послідовності, з максимальним суміщенням (паралельністю) робіт і в можливо більш короткі терміни. Дуже важливе значення має впровадження механізації та автоматизації виробничих процесів.

Питомий простій. В даний час середньодобові пробіги тепловозів досягають 1000 км. Скорочення питомих простоїв (на 1 км довжини ділянки) є найбільш ефективним (економічним) заходом підвищення середньодобового пробігу, так як вимагає зазвичай менших капіталовкладень, ніж підвищення технічної швидкості руху поїздів, і може бути забезпечений організаційно-технічними заходами. Підвищення ділянок обертання локомотивів дає ефект при збільшенні їх до 600-700 км, подальше подовження підвищує середньодобовий пробіг незначно.

Коефіцієнт дільничної швидкості. Відношення дільничної швидкості до технічної називають коефіцієнтом дільничної швидкості і визначається за формулою:

$$\beta_d = \frac{v_d}{v_m}. \quad (3.10)$$

Він залежить від технічної оснащеності залізничної лінії (кількість шляхів на перегоні, способу зв'язку, виду тяги і т. д.) і характеризує рівень організації руху поїздів [8]. Слідують добиватися наближення значення коефіцієнта β_d до одиниці, що досягається збільшенням безупинних пробігів поїздів, скороченням часу стоянок на проміжних станціях, вдосконаленням технічної оснащеності залізниць. Для збільшення середньої технічної швидкості руху необхідно підвищувати швидкості руху на окремих елементах профілю застосуванням передових методів водіння поїздів, використанням кінетичної енергії поїзда і т. п.

Коефіцієнт використання локомотива. Середня маса складу встановлюється для кожної ділянки обертання окремо, для парного і непарного напрямків. Тяговими розрахунками встановлюється розрахункова маса поїзда за умовами руху поїзда на розрахунковому підйомі зі швидкістю, рівної розрахункової величини для даної серії локомотива з електричною передачею. Величина цієї маси стає максимально можливою, оскільки за цих умов використовуються максимальні тягові властивості локомотива. Однак ця величина може бути скоригована в бік зменшення при перевірці розрахункової маси по довжині приймально-відправних колій на станції, зрушення з місця, за умовами обмеження температури нагріву електричних машин локомотива на нагрівання та ін.

Якщо розрахункова вага поїзда на i -й дільниці (по тяговим розрахункам) $Q_{бр\ i}$, а фактична середня вага $Q_{бр\ сер\ i}$ то ступінь відповідності фактичної ваги поїзда тяговим можливостям локомотива оцінюють коефіцієнтом використання сили тяги локомотива – відношення середньої маси поїзда до розрахункової масі бруто називається коефіцієнтом використання локомотивів, що визначається за формулою:

$$K_1 = \frac{Q_{бр\ сер\ i}}{Q_{бр\ i}}. \quad (3.11)$$

Відсоток несправних локомотивів. Технічний стан локомотивного парку депо характеризується процентним відношенням кількості несправних локомотивів до парку, що знаходиться в розпорядженні депо [9].

Нормується і враховується в звітності депо загальний відсоток несправних локомотивів, а також несправних локомотивів, що окремо знаходяться в деповському і окремо в заводському видах ремонту. Деповський відсоток несправних локомотивів η_0 визначається з урахуванням простоїв локомотивів у профілактичному огляді і у всіх видах поточного ремонту: ПР-1 ПР-2, ПР-3, а також в очікуванні ремонту, в пересилці в ремонт і з ремонту в недіючому стані; враховуються також простої, пов'язані з підготовкою локомотивів в запас

Укрзалізниці і резерв управління залізниці.

Заводський відсоток несправних локомотивів η_3 розраховується з урахуванням простоїв локомотивів в заводському ремонті, в очікуванні заводського ремонту, у пересиланні на завод і назад в недіючому стані і в очікуванні виключення з інвентарного парку.

Деповський відсоток несправних локомотивів визначається діленням локомотивом-діб, витрачених на всі види деповського ремонту та очікування його (включаючи підготовку в запас Укрзалізниці, резерв управління залізниці і пересилку в деповський ремонт і з ремонту в недіючому стані) на число локомотиво-діб парку, що знаходиться в розпорядженні депо

$$\eta_3 = \frac{f_{oc} + f_{PP-1} + f_{PP-2} + f_{PP-3} + f_{zav}}{N_{p.d.}} \cdot 100. \quad (3.12)$$

Заводський та загальний відсоток несправних локомотивів визначаються аналогічно за такими формулами

– заводський відсоток несправних локомотивів

$$\eta_3 = \frac{f_{zav}}{N_{p.d.}} \cdot 100; \quad (3.13)$$

– загальний відсоток несправних локомотивів

$$\eta_{zag} = \eta_{\partial} + \eta_3, \quad (3.14)$$

де f_{oc} , f_{PP-1} , f_{PP-2} , f_{PP-3} , f_{zav} – добових фронт локомотивів у відповідних видах ремонту, локомотиво-доби;
 $N_{p.d.}$ – парк локомотивів, що знаходиться в розпорядженні депо, локомотиво-доби.

Відсоток несправних локомотивів характеризує не тільки технічний стан локомотивного парку, а й рівень організації ремонту, а також надійність

локомотивів. Це узагальнюючий показник технічного стану локомотивного парку. В залежності від конкретних умов роботи депо та експлуатації локомотивів деповський відсоток несправних локомотивів коливається в межах 6-9%. Збільшення пробігів між деповськими ремонтами та профілактичними обслуговуваннями, скорочення простоїв у ремонтах у зв'язку з впровадженням великоагрегатного поточного методу ремонту і графіків планування та управління, ліквідація позапланових ремонтів – все це веде до зниження відсотка несправних локомотивів, а в кінцевому результаті – до скорочення потрібного інвентарного парку локомотивів, підвищенню ефективності локомотивного господарства в цілому.

Бюджет часу локомотива. Для оцінки якості використання локомотивів за часом введений показник – бюджет часу локомотива. Цей показник дозволяє здійснювати контроль за правильним використанням локомотивних парків в межах відділень дороги і провести аналіз витрачання добового фонду часу локомотива. Показник бюджет часу виражається в годинах або відсотках (від добового фонду часу – 24 год).

Бюджет часу локомотива складається з середнього часу знаходження локомотивів за добу в русі або в одному з видів простою: на станції основного депо, пункту обороту, на проміжних станціях і пунктах зміни бригад і визначається за формулою:

$$M = t_{ч.рух}^{сер} + t_{ч.пр}^{сер} + t_{ч.пр}^{сер} + t_{ч.пр}^{сер} + t_{ч.пр}^{сер}, \quad (3.15)$$

де $t_{ч.рух}^{сер}$ – середній час знаходження локомотива у чистому русі за добу;

$t_{ч.пр}^{сер}$ – середній час знаходження локомотива за добу в основному депо;

$t_{ч.пр}^{сер}$ – середній час знаходження локомотива за добу на станціях обороту;

$t_{ч.пр}^{сер}$ – середній час знаходження локомотива за добу на станціях зміни бригад;

$t_{ч.пр}^{сер}$ – середній час знаходження локомотива за добу на проміжних

станціях.

Розділення бюджету добового часу локомотива за елементами в процентному вираженні дає можливість характеризувати ступінь ефективності експлуатації локомотивів і розкривати резерви його кращого використання в часі.

Коефіцієнт обороту локомотива. Оборот локомотива – це час затрачений локомотивом на обслуговування однієї пари поїздів на ділянці обслуговування. Через те, що за цей час з локомотивом відбувається багато різних операцій, тому розрізняють оборот локомотива: повний, експлуатаційний, дільничний.

Повний оборот локомотива – це час від моменту виходу локомотива на контрольний пункт основного депо під вантажний поїзд до моменту його послідуного виходу під інший вантажний поїзд.

Експлуатаційний оборот – це час від моменту виходу локомотива на контрольний пункт під вантажний поїзд до повернення з поїздки до контрольного пункту.

Відношення експлуатаційного обороту $T_{експл}$ до повного $T_{повн}$ називається коефіцієнтом обороту локомотива $K_{об}$

$$K_{об} = \frac{T_{експл}}{T_{повн}}. \quad (3.16)$$

Чим ближче значення показника ближче до одиниці $K_{об}=1$, тим краще використання його в експлуатації і тим менше часу затрачається на знаходженні локомотива в ремонті. Для покращення цього показника необхідно:

- розробляти чіткий технологічний процес технічного обслуговування ТО-2 і експлуатації (об'єднання виконання цих двох операцій);
- раціональне використання станційних колій;
- чітка організації диспетчерським апаратом;
- підготовка гальм на станціях формування поїздів;
- введення механізації та автоматизації виробничих процесів.

Від часу обороту локомотивів залежить кількість локомотивів у

експлуатаційному парку, який необхідний для виконання заданого обсягу робіт.

Параметр потоку відмов. Статистична оцінка параметру потоку відмов $\omega^c(t)$ характеризує властивість безвідмовності відновлюваного об'єкта та являє собою відношення середнього числа відмов (псувань, позапланових ремонтів) об'єкта за малий період його напрацювання до значення цього напрацювання [10]

$$\omega^c(t) = \frac{n(t_2) - n(t_1)}{t_2 - t_1}, \quad (3.17)$$

де $n(t_1)$ і $n(t_2)$ – кількість відмов об'єкта, зафіксованих відповідно, у моменти часу t_1 і t_2 .

Якщо відмови відносити до напрацювання групи одиниць рухомого складу на 1 млн км за певний період (квартал, рік), то такий показник називатиметься «кількість псувань (позапланових ремонтів) на км пробігу».

Якщо використовуються дані про відмови певної кількості відновлюваних об'єктів, то параметр потоку відмов визначається за формулою

$$\omega^c(t) = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{N_i} (n_i(t+\Delta t) - n_i(t))}{N \cdot \Delta t}, \quad (3.18)$$

де $n_i(t+\Delta t)$, $n_i(t)$ – кількість відмов i -го об'єкта за напрацювання відповідно $t+\Delta t$ і t ;

N – загальна кількість об'єктів, що досліджуються.

При визначенні $\omega^c(t)$ передбачається моментальне відновлення об'єкта, що відмовив, або заміна його однотипним працездатним, тобто $N = \text{const}$.

Якщо в межах часу Δt кількість об'єктів змінилося, то в знаменнику попередньої формули замість $N \cdot \Delta t$ потрібно поставити сумарне напрацювання усіх об'єктів що працювали, тобто

$$\omega^c(t) = \frac{n(\Delta t)}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}. \quad (3.19)$$

При виборі Δt (Δl) варто керуватися тривалістю періоду спостережень і діючої для оцінюваного об'єкта періодичністю ТО і ПР. Найбільш часто для одиниць рухомого складу Δl приймають рівним напрацюванням між ТО-3, або пробігам, $2 \cdot 10^3$ км, $3 \cdot 10^3$ км.

Імовірнісне визначення параметра потоку відмов являє собою щільність імовірності виникнення відмов відновлюваного об'єкта.

Відмови об'єктів виникають у випадкові моменти часу і протягом заданого періоду експлуатації спостерігається потік відмов (послідовність відмов, що відбуваються у випадкові моменти часу). Існує безліч математичних моделей потоків відмов. Найбільш часто при розв'язанні задач надійності використовують найпростіший потік відмов – пуассонівський потік, який задовольняє одночасно трьома умовам: стаціонарності, ординарності, відсутності післядії.

Стаціонарність потоку відмов означає, що на будь-якому проміжку часу Δt_i імовірність виникнення відмов залежить тільки від n і величини проміжку Δt_i , і не залежить від зсуву t по осі часу. Отже, статистичні характеристики відмов залишаються однаковими на будь-якому відрізку часу і можуть бути визначені по одній реалізації процесу, що полегшує постановку досліду по визначенню характеристик надійності. Таким чином, при

$$\Delta t_1 = \Delta t_2 = \dots = \Delta t_n, \quad (3.20)$$

імовірність появи n відмов по всіх інтервалах складе

$$Q(n, \Delta t) = \frac{n!}{n!} \left(\frac{\omega^c(\Delta t)}{n!} \right)^n e^{-\omega^c(\Delta t)}. \quad (3.21)$$

Ординарність означає неможливість появи в той самий момент часу більш однієї відмови, тобто

$$\lim_{n \rightarrow \infty} q_{n>1}(\Delta t) = 0 \text{ при } \Delta t \rightarrow 0. \quad (3.22)$$

Відсутність післядії означає, що імовірність настання n відмов в інтервалі часу не залежить від того, скільки було відмов і як вони розподілялися до цього інтервалу. Отже, факт відмови якого-небудь елемента в системі не приведе до зміни характеристик (працездатності) інших елементів системи, якщо навіть система і відмовила через якийсь елемент.

Досвід експлуатації складних технічних об'єктів показує, що відмови елементів відбуваються миттєво і якщо старіння елементів відсутнє, то потік відмов у системі можна вважати найпростішим.

Випадкові події, що утворюють найпростіший потік, розподілені за законом Пуассона:

$$p_n(t) = \frac{\lambda^n}{n!} e^{-\lambda t} \text{ при } n \geq 0, \quad (3.23)$$

де $p_n(t)$ – імовірність виникнення протягом часу t рівно n подій (відмов);

λ – параметр розподілу (параметр потоку подій).

Якщо прийняти $n = 0$, то одержимо імовірність безвідмовної роботи об'єкта за час t при інтенсивності відмов $\lambda = \text{const}$.

$$P(t) = e^{-\lambda t}. \quad (3.24)$$

Інтенсивність відмов. Цей показник визначає властивість безвідмовності об'єкта, що не відновлюється, та являє собою умовну щільність імовірності виникнення відмови об'єкта, за умови, що до розглянутого моменту часу відмови не відбулося [10].

Статистична оцінка інтенсивності відмов має вигляд

$$\lambda^c(t) = \frac{n(\Delta t)}{N(t) \cdot \Delta t}, \quad (3.25)$$

де $N(t)$ – кількість працездатних об'єктів у момент t ;

Δt – тривалість інтервалу напрацювання.

При визначенні інтенсивності відмов за статистичними даними в експлуатації, функція $N(t)$ має дискретний характер, тобто відомі лише значення кількості працездатних об'єктів на початку – N_{i-1} та наприкінці – N_i інтервалу Δt , тоді можна використовувати N_{cp} – середня кількість працездатних об'єктів у інтервалі Δt . Для i -го інтервалу напрацювання Δt_i кількість працездатних об'єктів у середині інтервалу визначається за формулою

$$N_{cp i} = \frac{N_{i-1} + N_i}{2}, \quad (3.26)$$

де N_{i-1} – кількість працездатних об'єктів на початку інтервалу Δt_i ;

N_i – кількість працездатних об'єктів наприкінці інтервалу Δt_i .

Схема визначення $N_{cp i}$ наведено на рис. 3.2.



Рисунок 3.2 – Схема визначення $N_{cp i}$

Інтенсивність відмов повніше характеризує надійність об'єкта на момент напрацювання t , тому що показує частоту відмов, віднесену до фактично працездатного числа об'єктів на момент напрацювання t .

Імовірнісне визначення інтенсивності відмов можна одержати, помноживши i поділивши праву частину виразу (3.25) на N

$$\lambda(t) = \frac{\frac{n(t)}{N} - \frac{n(t+\Delta t)}{N}}{\frac{n(t)}{N} - \frac{n(t+\Delta t)}{N}} \cdot \frac{1}{\Delta t} \quad (3.27)$$

Тоді оцінку інтенсивності відмов $\lambda^c(t)$ можна представити у вигляді

$$\lambda^c(t) = \frac{Q^c(t+\Delta t) - Q^c(t)}{\Delta t} \cdot \frac{1}{P^c(t)} \quad (3.28)$$

звідси, при прямуванні $\Delta t \rightarrow 0$ і $N \rightarrow \infty$, можна отримати

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{Q^c(t+\Delta t) - Q^c(t)}{\Delta t} \cdot \frac{1}{P^c(t)} = \frac{dQ(t)}{dt} \cdot \frac{1}{P(t)} = \frac{f(t)}{P(t)}. \quad (3.29)$$

Можливі види зміни інтенсивності відмов $\lambda(t)$ наведено на рис. 3.3.



Рисунок 3.3 – Можливі види зміни інтенсивності відмов у часі

Якщо при статистичній оцінці надійності технічних об'єктів час дослідження розбити на досить велику кількість однакових інтервалів Δt за тривалий термін, то результатом обробки статистичних (дослідних) даних буде графік λ -характеристики, наведений на рис. 3.4.

Як показують численні дослідження надійності більшості технічних об'єктів, лінійаризована узагальнена залежність $\lambda(t)$ являє собою складну криву з трьома характерними інтервалами – I, II і III. На інтервалі I від 0 до t_1 , який для рухомого складу по напрацюванню (пробігу) триває звичайно до першого ТО-3, інтенсивність ушкоджень і відмов зменшується. Цей інтервал називають періодом

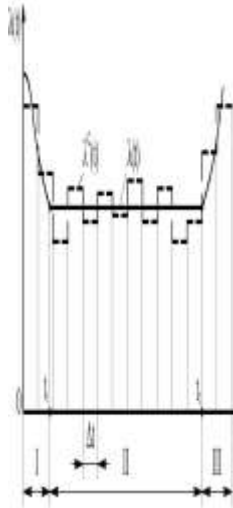


Рисунок 3.4 – λ -характеристика життєвого циклу об'єкта

— — — — дослідні дані; — — — — лінійаризована усереднена крива;

I – інтервал припрацювання; II – інтервал нормальної експлуатації;

III – інтервал старіння

припрацювання, у ньому відбуваються відмови у процесі припрацювання.

Величина цього інтервалу залежить від рівня організації відбраковування елементів на заводі-виготовлювачі. Величина інтенсивності відмов $\lambda(t)$ на цьому інтервалі в основному залежить від якості складання об'єктів, дотримання вимог монтажу, точністю регулювання і т. д.

Постановка об'єкта в експлуатацію приводить до швидкого «випалювання» дефектних елементів об'єкта (системи) і після закінчення деякого часу t_1 в системі залишаються тільки справні елементи, і наступна експлуатація об'єкта здійснюється при $\lambda(t)=const$ – період t_1-t_2 .

Період II називається – періодом нормальної експлуатації. Сталість $\lambda(t)$ у період t_1-t_2 обумовлюється результатами дії планово-попереджувальної системи ремонту (відповідності її параметрів ступеню експлуатаційного навантаження рухомого складу). Величина $\lambda(t)$ в цей період в основному обумовлена тільки якістю проектування, стабільністю характеристик застосованих матеріалів, відповідністю передбачуваних умов експлуатації фактичним, і головне, якістю і дієвістю профілактичних робіт, що передбачається системою планово-

попереджувальних ремонтів.

На третій ділянці де $t \geq t_2$ функція $\lambda(t)$ різко зростає. З'являються несправності, що викликаються граничним станом окремих елементів устаткування, обумовлених, в основному, старінням і зносом матеріалу елементів. Останній період називається періодом зносу та старіння або періодом зносових відмов. Практично він повинний бути по напрацюванню мінімальним і перериватися капітальним ремонтом.

Таким чином, для того щоб забезпечити $\lambda(t)=const$ об'єкта необхідно замінити елементи, що не ремонтуються, на справні нові або працездатні, що відпрацювали час $t \leq t_2$.

3.4 Впровадження обліку нових показників використання локомотивів у вантажному русі

У зв'язку з необхідністю інтеграції транспортних мереж і транспорту України в міжнародну транспортну систему, а також з метою залучення додаткових обсягів перевезень, скорочення транспортних витрат і збільшення частки експортного потенціалу України на міжнародному ринку транспортних послуг, залізничний транспорт України повинен вийти на новий рівень транспортування вантажів і пасажирів з метою наближення до міжнародних стандартів перевезень, а також енергетичних та екологічних показників роботи транспорту [11].

Відомо, що на пропускну спроможність залізничної лінії впливають багато факторів, такі як: кількість головних колій, засоби зв'язку, що діють на залізничній лінії, тип та потужність локомотивів, спосіб організації руху поїздів, структура поїздопотоку на лінії, швидкість руху поїздів, міжпоїзних інтервалів, величина вікон, що виділяються для ремонту колії, характеристики плану та профілю ділянок залізничної лінії, коефіцієнти зняття поїздів різних категорій, колійний розвиток роздільних пунктів даної залізничної лінії, тип графіку руху, та інші. Оскільки залізнична лінія представляє собою складну, динамічну, стохастичну, ергатичну систему, то вона може бути представлена як складна

система масового обслуговування, у якої потоки йдуть по коліях, станціях та роздільних пунктах.

Метою даної системи є забезпечення перевезень вантажо- та поїздопотоків із заданою маршрутною швидкістю з мінімальними експлуатаційними витратами та при безумовному дотриманні безпеки руху. Підсистемами залізничної лінії є технічні станції та залізничні дільниці, елементами виступають колії перегонів, приймально-відправних та сортувальних парків станцій, горловини станцій, поїзди, локомотиви, вагони, працівники тощо. Залізничній лінії як системі властива багатакомпонентність, багатокритеріальність, високий динамізм поведінки [12].

Для оптимізації управління залізничними парками після реформування залізничної галузі запропоновано організацію управлінських компаній з функціями комерційних Головних управлінь. Така побудова вантажних компаній дозволить скоротити обіг рухомого складу за рахунок чіткої організації завантажувальних та розвантажувальних робіт, скорочення терміну простою локомотивів на станціях для подачі їх у поточні та планові види ремонту.

Сучасні умови функціонування залізничного транспорту України характеризуються постійною зміною структури й обсягів вантажо- та поїздопотоків при наявності резервів пропускнуєї спроможності більшості дільниць залізничних напрямків перевезень. В зв'язку з цим зростає важливість проблеми вибору раціональних параметрів маси та довжини поїздів з метою зменшення експлуатаційних витрат залізниці та витрат клієнтів як єдиної системи. Залізничний транспорт одночасно працює в ринкових умовах конкуренції з іншими видами транспорту, і в той же час, згідно закону України про транспорт, його головним завданням є своєчасне, повне і якісне задоволення потреб населення та суспільного виробництва в перевезеннях. При цьому залізничний транспорт виступає монополістом в масових перевезеннях видобувної, металургійної та хімічної промисловості. Його особливістю є значна частка витрат на утримання інфраструктури, що не залежить від обсягів роботи. Це визначає необхідність пошуку шляхів адаптації залізниць до наслідків коливань вантажопотоків та зміни їх структури. Визначення раціональних

параметрів поїздопотоків є складною оптимізаційною задачею, що не отримала остаточного вирішення і в даний час [13].

Норми маси та довжини поїздів являються найважливішим техніко-експлуатаційними показниками, від яких залежать наявна провізна і пропускна спроможність залізничних ліній, витрати електроенергії та палива, собівартість перевезень, швидкість доставки вантажів, потреба у вагонному і локомотивному парках. Критеріями запропоновано використовувати прямі експлуатаційні витрати при наявному рівні технічного оснащення залізничних дільниць, приведені локомотиво-години, що в тому числі враховують енергетичні та часові витрати локомотивного парку через коефіцієнти приведення. Основним способом вибору параметрів вантажних поїздів є формування повноскладових або повновагових поїздів за умов існуючих технічних обмежень, що в першу чергу стосуються тягових властивостей поїзних локомотивів та довжиною приймально-відправних колій. В ринкових умовах при оптимізації параметрів поїздопотоків на напрямках використовувались й інші підходи щодо визначення критерію оптимізації, окрім власних витрат залізниці [14].

На підставі вищевказаних результатів та [15, 16] визначена необхідність впровадження та обліку у першу чергу таких показників, як оборот локомотива, питома витрата палива на одну тону вантажу, навантаження на один метр колії, коефіцієнт дільничної швидкості.

Такі показники, як коефіцієнт використання тепловоза по часу, кількість видач локомотивів під вантажні поїзди, показник середньоексплуатаційної економічності та параметр потоку відмов не відіграють великого значення для оцінки ефективності експлуатації локомотивів у вантажному русі.

4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ВВЕДЕННЯ РЕКОМЕНДОВАНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ЛОКОМОТИВІВ

Оборот локомотива характеризує час повного виробничого циклу роботи локомотива – від моменту виходу локомотива з контрольного пункту основного депо приписки до моменту його повернення на цей контрольний пункт.

Оборот локомотива вимірюється в добах або годинах і включає час перебування його в поїзній роботі або русі і час технологічних простоїв – на шляхах основного депо, оборотного депо і в пунктах зміни локомотивних бригад.

Час повного обороту локомотива визначаємо на ділянці К-Л-Ч вираховую за формулою:

$$T_{\text{п}} = t_{\text{дв}} + t_{\text{ос}} + t_{\text{об}}, \quad (4.1)$$

де $t_{\text{дв}}$ – час в дорозі на ділянці в парному та непарному напрямках;

$t_{\text{ос}}, t_{\text{об}}$ – час простою на станціях основного та оборотного депо.

$$t_{\text{дв}} = t_{\text{ЛК}} + t_{\text{ЛЧ}} + t_{\text{ПЧ}} + t_{\text{ПЛ}}. \quad (4.2)$$

Час руху поїзда в напрямках Л-К та Л-Ч визначаємо за формулами:

$$t_{\text{ЛК}} = \frac{l_{\text{ЛК}}}{V_{\text{д}}}; \quad (4.3)$$

$$t_{\text{ЛЧ}} = \frac{l_{\text{ЛЧ}}}{V_{\text{д}}}. \quad (4.4)$$

де $l_{\text{ЛК}}$ – довжина ділянки Л-К; $l_{\text{ЛК}} = 206$ км;

$l_{\text{ЛЧ}}$ – довжина ділянки Л-Ч; $l_{\text{ЛЧ}} = 266$ км;

$V_{\text{д}}$ – дільнична швидкість; $V_{\text{д}} = 40,1$ км/год.

Отже, отримаємо:

$$t_{\text{ЛК}} = \frac{206}{40,1} = 5,13 \text{ год};$$

$$t_{\text{ЛЛ}} = \frac{266}{40,1} = 6,63 \text{ год};$$

$$t_{\text{КЛ}} = \frac{206}{40,1} = 5,13 \text{ год};$$

$$t_{\text{ЧЛ}} = \frac{266}{40,1} = 6,63 \text{ год.}$$

Час у дорозі на ділянці буде рівним:

$$t_{\text{д}} = 5,13 + 5,13 + 6,63 + 6,63 = 23,52 \text{ год.}$$

Повний оборот локомотива на ділянці К-Л-Ч:

$$T_{\text{л}} = 23,52 + 1 + 10 = 34,52 \text{ год.}$$

Скорочення обороту локомотива може бути досягнуто може бути досягнуто за рахунок підвищення дільничної швидкості руху. У зв'язку з цим було прийнято рішення збільшити дільничну швидкість на 10%. Провівши розрахунок обороту локомотива з новою дільничною швидкістю $V'_{\text{д}} = 44,11$ км/год оборот локомотива становитиме $T'_{\text{л}} = 32,4$ год.

Основний економічний ефект від прискорення обороту локомотива полягає в скороченні потреб парку локомотивів і як наслідок в зниженні експлуатаційних витрат на їх утримання і інвестицій на їх покупку [17].

Економія експлуатаційного парку локомотивів визначається за формулою :

$$\Delta M_{\text{л}} = \frac{M_{\text{л}} \cdot \beta_{\text{д}}}{V_{\text{д}} \cdot \left(\frac{1}{T_{\text{л}}} - \frac{1}{T'_{\text{л}}} \right)}, \quad (4.5)$$

де $\sum MS_{\text{лін}}$ – лінійний пробіг локомотивів, тис. · км;

$\beta_{\text{д}}$ – коефіцієнт, який враховує допоміжний пробіг локомотивів,

$\beta_{\text{д}} = (0,05 \div 0,10)$. Приймаємо $\beta_{\text{д}} = 0,07$.

N – кількість пар поїздів

$$\sum MS_{\text{лн}} = 2 \cdot N \cdot \left(\frac{1}{1+0,07} + \frac{1}{1+0,07} \right) \cdot 10^{-6}; \quad (4.6)$$

$$\sum MS_{\text{лн}} = 2 \cdot 13 \cdot (206 + 266) \cdot (1 + 0,07) \cdot 10^{-6} = 0,013 \text{ тим} \cdot \text{км}.$$

$$\Delta \sum M_{\text{ек}} = \frac{24 \cdot 0,013}{44,11 \cdot \left(\frac{1}{32,4} - \frac{1}{34,52} \right)} = 4,54,$$

приймаємо $\Delta \sum M_{\text{ек}} = 4$ лок.

З даного розрахунку можна зробити висновок, що при збільшені дільничної, і як наслідок скорочення обороту локомотива парк локомотивів можна зменшити на 4 одиниці. В даний момент парк локомотивів депо Л, що використовуються в вантажному русі, складає 45 одиниць. Економія експлуатаційних витрат за рахунок прискорення обороту локомотива визначається за формулою:

$$\Delta C = \sum M_{\text{ек}} \cdot V_{\text{об}} \cdot \left(T_{\text{л}} - T_{\text{л}}' \right) \cdot C_{\text{ЛО}}, \quad (4.7)$$

де $C_{\text{ЛО}}$ – ставка локомотиво-години, $C_{\text{ЛО}} = 5486$ грн [17].

$$\Delta C = 41 \cdot 44,11 \cdot (34,52 - 32,4) \cdot 5486 = 3095504 \text{ грн}.$$

У зв'язку з загальною кризою економіки країни значно знизились об'єми виробництва продукції. Зростання цін, неплатоспроможність більшості підприємств також здійснюють вплив на погіршення умов роботи залізничного транспорту. Внаслідок цього постає питання оптимізації і скорочення експлуатаційних витрат. Оскільки загальноприйнята система показників використання локомотивів не дозволяє повністю оцінити ефективність їх використання у вантажному русі було прийнято рішення вести такий показник, як оборот локомотива. Після проведеного розрахунку бачимо, що експлуатаційний парк скоротиться на 4 одиниці, а це в свою чергу скоротить у значній мірі експлуатаційні витрати.

5 УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОБЛІКУ РОБОТИ ЛОКОМОТИВІВ НА ПІДСТАВІ ТЯГОВИХ РОЗРАХУНКІВ

Тягові розрахунки виконують для визначення розрахункової маси складу, часу руху поїзда по перегону і витрати енергоресурсів [18].

Тягові розрахунки необхідні при проектуванні нових залізниць і при переведенні діючих ділянок на прогресивні види тяги. Результати тягових розрахунків служать для складання графіків руху і розкладу поїздів, для визначення пропускної здатності лінії, необхідної кількості рухомого складу та локомотивних бригад, пристроїв тягового господарства і систем електропостачання, а також витрати енергоресурсів на тягу поїздів.

Пропонуємо на підставі тягових розрахунків обґрунтувати необхідність впровадження нових показників обліку роботи локомотивів.

5.1 Аналіз профілю колії

Елементи профілю, на яких розташовані станції, елементи з розрахунковим і швидкісним підйомами, а також елементи з найкрутішими спусками не спрямляються. Результати спрямлення профілю дільниці зводимо в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Профіль колії

Номер елемента	Крутизна елемента	Довжина елемента
1	1,5	2000
2		
3		
4		
5		
6	0	2000

5.2 Визначення розрахункового підйому

Розрахунковий підйом – це найбільш важкий для руху в даному напрямку

елемент, на якому при наявній масі складу досягається розрахункова швидкість і відповідна розрахункова сила тяги локомотива. Розрахунковий підйом – один з основних параметрів, які визначають масу складу, яка може бути перевезена по дільниці при заданих умовах. В нашому випадку розрахунковий підйом $i=9\%$, $S=1500$ м.

5.3 Розрахунок маси складу

Для обраного розрахункового підйому масу складу в тонах вираховуємо за формулою:

$$Q = \frac{F_{\partial p} - (\omega_0' + i_p) \cdot P \cdot g}{(\omega_0'' + i_p) \cdot g}, \quad (5.1)$$

де $F_{\partial p}$ – розрахункова сила тяги локомотива, Н;

P – розрахункова маса локомотива, т;

ω_0' – основний питомий опір локомотива, Н/кН;

ω_0'' – основний питомий опір складу, Н/кН;

i_p – крутизна розрахункового підйому, ‰;

g – прискорення вільного падіння; $g = 9,81$ м/с².

В нашому випадку: $F_{\partial p}=496$ кН; $P=271$ т; $i_p=9\%$; $V_p=24,2$ км/год [18].

Величини ω_0' і ω_0'' визначаємо для розрахункової швидкості локомотива V_p .

Питомі сили відносимо до 1 кН ваги рухомого складу.

Основний питомий опір локомотива в Н/кН підраховуємо за формулою:

$$\omega_0' = 1,9 + 0,01 \cdot V + 0,0003 \cdot V^2; \quad (5.2)$$

$$\omega_0' = 1,9 + 0,01 \cdot 24,2 + 0,0003 \cdot 24,2^2 = 2,32 \text{ Н/кН.}$$

Основний питомий опір складу в Н/кН визначаємо за формулою:

$$\omega''_0 = \alpha \cdot \omega''_{04} + \beta \cdot \omega''_{06} + \gamma \cdot \omega''_{08}, \quad (5.3)$$

де α, β, γ – відповідно долі 4- 6- і 8-вісних вагонів в складі за масою,

$\alpha = 90\%, \beta = 0\%, \gamma = 10\%$ згідно вихідних даних;

ω''_{04} – основний питомий опір 4-вісних вантажних вагонів, Н/кН;

ω''_{08} – основний питомий опір 8-вісних вантажних вагонів, Н/кН.

Основний питомий опір 4-вісних вантажних вагонів:

– при підшипниках ковзання

$$\omega''_{04\text{ков}} = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot V + 0,0025 \cdot V^2}{q_{04}}, \quad (5.4)$$

– при роликових підшипниках

$$\omega''_{04\text{ков}} = 0,7 + \frac{8 + 0,1 \cdot V + 0,0025 \cdot V^2}{q_{04}}, \quad (5.5)$$

де q_{04} – маса, яка приходить на одну колісну пару 4-вісного вагона, т/вісь.

У нашому випадку згідно вихідних даних

$$\omega''_{04} = 0,95 \cdot \omega''_{04\text{ков}} + 0,05 \cdot \omega''_{04\text{ков}}. \quad (5.6)$$

Основний питомий опір 8-вісних вантажних вагонів

$$\omega''_{08} = 0,7 + \frac{6 + 0,038 \cdot V + 0,0021 \cdot V^2}{q_{08}}, \quad (5.7)$$

де q_{08} – маса, яка приходить на одну колісну пару 8-вісного вагона, т/вісь,

$$q_{04} = \frac{g_4}{4}; \quad q_{08} = \frac{g_8}{8}, \quad (5.8)$$

де g_{04}, g_{08} – маса брутто відповідно 4- і 8-вісного вагона, т.

$$q_{04коч} = \frac{88}{4} = 22 \text{ т/вісь};$$

$$q_{04ков} = \frac{88}{4} = 22 \text{ т/вісь};$$

$$q_{08} = \frac{168}{8} = 21 \text{ т/вісь}.$$

Основний питомий опір 4-вісних вантажних вагонів

$$\omega_{04коч}'' = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 24,2 + 0,0025 \cdot 24,2^2}{21,5} = 1,02 \text{ Н/кН}.$$

$$\omega_{04ков}'' = 0,7 + \frac{8 + 0,1 \cdot 24,2 + 0,0025 \cdot 24,2^2}{22} = 1,24 \text{ Н/кН};$$

Основний питомий опір 8-вісних вантажних вагонів

$$\omega_{08}'' = 0,7 + \frac{6 + 0,038 \cdot 24,2 + 0,0021 \cdot 24,2^2}{21} = 1,09 \text{ Н/кН};$$

Основний питомий опір складу

$$\omega_{\eta}'' = 0,9(0,95 \cdot 1,01 + 0,05 \cdot 1,24) + 0,1 \cdot 1,09 = 1,03 \text{ Н/кН};$$

Маса складу складатиме

$$Q = \frac{496386 - (2,32 + 9) \cdot 271 \cdot 9,81}{(1,03 + 9) \cdot 9,81} = 4735 \text{ т}.$$

Розраховану масу складу у відповідності з ПТР округлюємо, тобто $Q=4750 \text{ т}$.

5.3 Побудова діаграм питомих рівнодіючих сил

Для побудови діаграми питомих рівнодіючих сил складаємо таблицю для трьох режимів ведення поїзда по прямій горизонтальній дільниці:

					0032.226551.000.03КР.ПЗ	54

- для режиму тяги $f_{\partial} - \omega_0 = f_1(V)$;
- для режиму холостого ходу $\omega_{0x} = f_2(V)$;
- для режиму гальмування: при службовому регульовальному гальмуванні $\omega_{0x} + 0,5b_z = f_3(V)$, при екстреному гальмуванні $\omega_{0x} + b_z = f_4(V)$.

Основний питомий опір локомотива на холостому ході розраховуємо за формулою:

$$\omega_x = 2,4 + 0,011V + 0,00035V^2. \quad (5.9)$$

Основний питомий опір всього поїзда (при прямованні його по прямій горизонтальній колії) під час руху локомотива на холостому ході підраховуємо за формулою:

$$\omega_{0x} = \frac{P\omega_x + Q\omega_0}{P + Q}. \quad (5.10)$$

Питомі гальмівні сили поїзда в Н/кН розраховуємо за формулою:

$$b_z = 1000\varphi_{кр}g_p, \quad (5.11)$$

де $\varphi_{кр}$ – розрахунковий коефіцієнт тертя колодок в колесо;

g_p – розрахунковий гальмівний коефіцієнт складу.

Розрахунковий коефіцієнт тертя колодок о колесо при композиційних колодках його розраховуємо за формулою:

$$\varphi_{кр} = 0,36 \frac{V + 150}{2V + 150}, \quad (5.12)$$

Розрахунковий гальмівний коефіцієнт складу визначаємо за формулою:

$$g_p = \frac{\sigma(k_p q_4 + k_p q_0)}{Q - g}, \quad (5.13)$$

де n_4, n_8 – число осей відповідно в групах 4- і 8-вісних вагонів складу,

$$n_4 = 4 \cdot m_4, \quad n_8 = 8 \cdot m_8;$$

k_{p4}, k_{p8} – розрахункові сили натиснення гальмівних колодок відповідно на

вісь 4-, 8-вісного вагона (при композиційних колодках

$$k_{p4} = k_{p8} = 41,5 \text{ кН/вісь} \text{ [18];}$$

σ – доля гальмівних осей в складі, $\sigma = 0,98$.

Визначаємо розрахунковий гальмівний коефіцієнт складу:

$$\varphi_p = \frac{0,96 \cdot (41,5 \cdot 4 \cdot 49 + 41,5 \cdot 8 \cdot 3)}{4750 \cdot 9,81} = 0,310.$$

Питома сповільнююча сила, яка діє на поїзд в режимі гальмування, Н/кН:

– при службовому регульовальному гальмуванні $\omega_{0x} + 0,5b_z$;

– при екстреному гальмуванні $\omega_{0x} + b_z$.

Значення сили тяги локомотива визначаємо за тяговою характеристикою локомотива (рис. 5.1). Всі результати обчислень заносимо в розрахункову табл. 5.1. За даними цієї таблиці будуємо діаграму питомих рівнодіючих сил для режиму тяги $f_g - \omega_0 = f_1(V)$, режиму холостого ходу $\omega_{0x} = f_2(V)$ і режиму службового гальмування $\omega_{0x} + 0,5b_z = f_3(V)$ (рис. 5.2).

5.4 Вирішення гальмівної задачі

Перед тим, як приступити до побудови кривих швидкості і часу ходу поїзда по дільниці, необхідно вирішити гальмівну задачу, яка полягає в визначенні максимально допустимої швидкості руху поїзда по найбільше крутому спуску дільниці $i = -9\text{‰}$ при заданих гальмівних засобах і прийнятому гальмівному шляху. Цю задачу вирішуємо графічним способом. Повний гальмівний шлях

$$S_z = S_n + S_\partial, \quad (5.14)$$

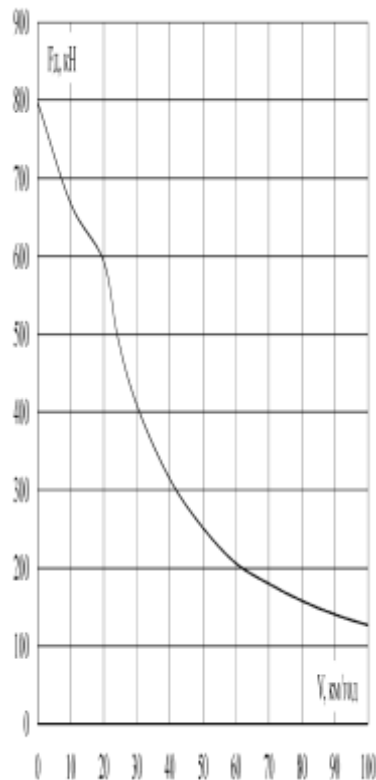


Рисунок 5.1 – Тягова характеристика тепловоза 2ТЕ116

де S_n – шлях підготовки гальм до дії, на протязі якого гальма поїзда умовно приймаються недіючими;

S_d – дійсний гальмівний шлях, на протязі якого поїзд рухається з діючими в повну силу гальмами (кінець шляху S_n співпадає з початком шляху S_d).

За формулою

$$V_k = \sqrt{\frac{120\Delta S(i_c + w_{ох} + b_c)}{500} + V_n^2} \quad (5.15)$$

будуємо залежність питомих сповільнюючих сил при екстреному гальмуванні, прийнявши $\Delta S = 10$ м. Результати наводимо в табл. 5.2.

На цей же графік наносимо залежність підготовчого гальмівного шляху від швидкості

$$S_n = 0,278 \cdot V_{поч} \cdot t_n, \quad (5.16)$$

Таблица 5.1 – Значения параметров равнодействующих сил (локомотив – тепловоз серии 2ТЭ116, масса сцепки 4750 т)

	Режим тяги										Режим короткого хода				Режим гальмування			
	$\frac{F_{\text{сцепки}}}{N}$	$H^{\text{сцепки}}_{\text{сцепки}}$	$H^{\text{сцепки}}_{\text{сцепки}}$	$H^{\text{сцепки}}_{\text{сцепки}}$	$H^{\text{сцепки}}_{\text{сцепки}}$	$H^{\text{сцепки}}_{\text{сцепки}}$	$H^{\text{сцепки}}_{\text{сцепки}}$	$H^{\text{сцепки}}_{\text{сцепки}}$	$H^{\text{сцепки}}_{\text{сцепки}}$	$H^{\text{сцепки}}_{\text{сцепки}}$	$H^{\text{сцепки}}_{\text{сцепки}}$	$H^{\text{сцепки}}_{\text{сцепки}}$	$H^{\text{сцепки}}_{\text{сцепки}}$	$H^{\text{сцепки}}_{\text{сцепки}}$	$H^{\text{сцепки}}_{\text{сцепки}}$	$H^{\text{сцепки}}_{\text{сцепки}}$	$H^{\text{сцепки}}_{\text{сцепки}}$	$H^{\text{сцепки}}_{\text{сцепки}}$
0	797553	2,03	5397	0,91	42404	47801	749752	15,22	2,40	6380	48784	0,990	0,27	83,8	42,9	84,8		
10	667276,2	2,03	5397	0,91	42404	47801	619476	12,58	2,40	6391	48794	0,991	0,20	61,5	31,7	62,5		
20	593505	2,22	5902	0,99	46132	52033	541472	10,99	2,43	6462	52594	1,068	0,16	50,3	26,2	51,4		
24,2	496386	2,32	6168	1,02	47529	53697	442689	8,99	2,45	6525	54055	1,097	0,15	47,1	24,7	48,2		
30	408782,7	2,47	6567	1,1	51257	57824	350959	7,13	2,50	6657	57914	1,176	0,14	43,6	23,0	44,8		
40	313920	2,78	7391	1,21	56383	63774	250146	5,08	2,65	7035	63418	1,288	0,13	39,1	20,8	40,4		
50	251920,8	3,15	8374	1,36	63373	71747	180174	3,66	2,88	7660	71032	1,442	0,12	35,9	19,4	37,4		
60	206010	3,58	9517	1,53	71294	80812	125198	2,54	3,23	8591	79885	1,622	0,11	33,5	18,4	35,2		
70	179915,4	4,07	10820	1,71	79682	90502	89414	1,82	3,72	9891	89573	1,819	0,10	31,7	17,7	33,5		
80	157941	4,62	12282	1,93	89933	102215	55726	1,13	4,37	11621	101554	2,062	0,10	30,2	17,2	32,2		
90	140283	5,23	13904	2,16	100651	114555	25728	0,52	5,21	13842	114493	2,324	0,09	29,0	16,8	31,3		
100	126549	5,9	15685	2,42	112766	128451	-1902	-0,04	6,25	16616	129382	2,627	0,09	27,9	16,6	30,6		

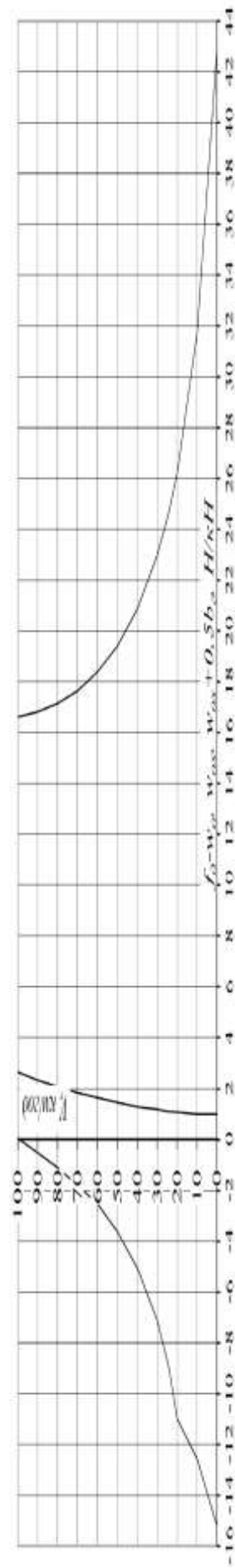


Рисунок 5.2 – Діаграма питомих рівнодіючих сил (локомотив – тепловоз серії 2ТЕ116, маса складу 4750 т)

Таблиця 5.2 – Результати розв’язання гальмівної задачі

$V_{поч},$ км/ГОД	$w_{ох} + b_2, \text{ н/кН}$	$S_k, \text{ м}$	$V_k, \text{ км/ГОД}$
0	84,82	10	14
14	58,20	20	18
18			
21			
23			
26			
27			
...			
92			
93			
93	31,07	1180	93
93	31,04	1190	94
94	31,02	1200	94

де $V_{поч}$ – швидкість на початку гальмування, км/год;

t_n – час підготовки гальм до дії; цей час для автогальм вантажного типу
рівний для складів довжиною 200-300 осей:

$$t_n = 10 - \frac{15 \cdot i_c}{b_2}, \quad (5.17)$$

де i_c – крутизна ухилу, для якого розв’язується гальмівна задача;

b_2 – питома гальмівна сила при початковій швидкості гальмування $V_{поч}$.

Побудова залежності підготовчого гальмівного шляху S_n від швидкості виконуємо по двох точках, для чого підраховуємо значення S_n при $V_{поч} = 0$ (в цьому випадку $S_n = 0$) і при $V_{поч} = V_{констр}$.

$$t_n = 10 - \frac{15 \cdot (-5)}{27,9} = 12,7 \text{ хв.}$$

$$S_n = 0,278 \cdot 100 \cdot 12,7 = 353 \text{ м.}$$

Результати вирішення гальмівної задачі (рис. 5.3) враховуємо при побудові

кривої швидкості руху поїзда $V = f(S)$ за тим, щоб ніде не перевищити швидкості, що допускається по гальмах, тобто щоб поїзд міг бути завжди зупинений на відстані, яка не перевищує довжини повного гальмівного шляху.

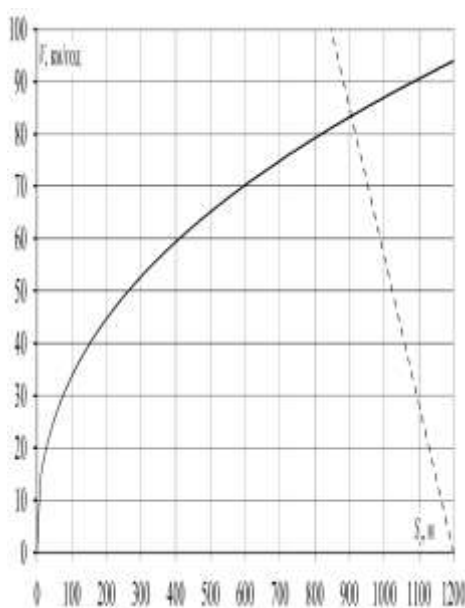


Рисунок 5.3 – Результати розв’язання гальмівної задачі

При розв’язанні гальмівної задачі визначена допустима швидкість руху по ділянці – $V_{don}=83$ км/год.

5.5 Побудова кривих швидкості, часу ходу поїзда та струму

При побудові кривої $V = f(S)$ враховуємо обмеження найбільшої допустимої швидкості руху поїзда: конструктивна швидкість вантажних вагонів 100 км/год; найбільша допустима швидкість поїзда за міцністю колії 100 км/год; конструктивна швидкість локомотива 100 км/год; найбільша допустима швидкість поїзда, визначена гальмівними засобами, розрахована вище при розв’язуванні гальмівної задачі, 83 км/год [18].

Для аналізу показників роботи локомотивів побудову кривих швидкості, часу ходу поїзда та струму виконуємо три рази: без вимушених зупинок (маршрут 1); з однією вимушеною зупинкою на відмітці 5000 м (маршрут 2); з двома вимушеними зупинками на відмітках 5000 і 10000 м (маршрут 3). Графіки побудови кривих швидкості, часу руху поїзда і струму зображені на рис. 5.4-5.6.

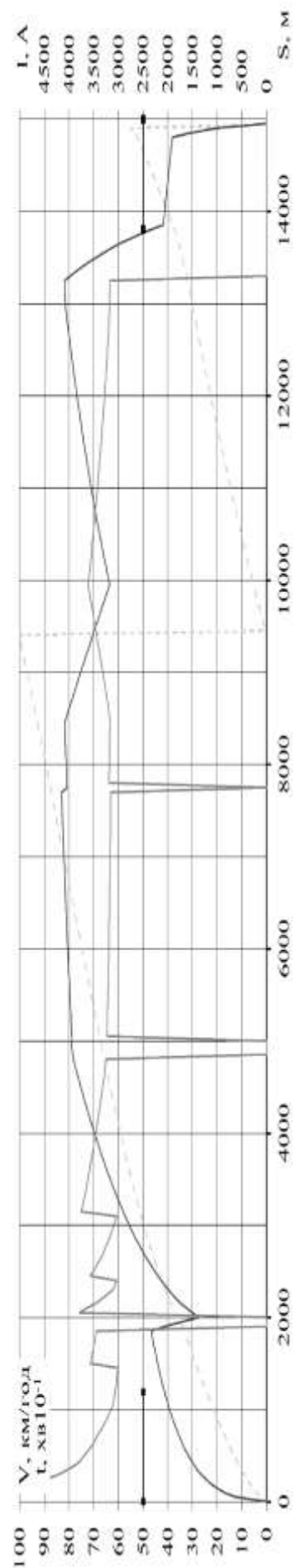


Рисунок 5.4 – Графіки побудови кривих швидкості, часу руху поїзда і струму поїзда з тепловозом серії 2ТГЕ116 без вимушених зупинок

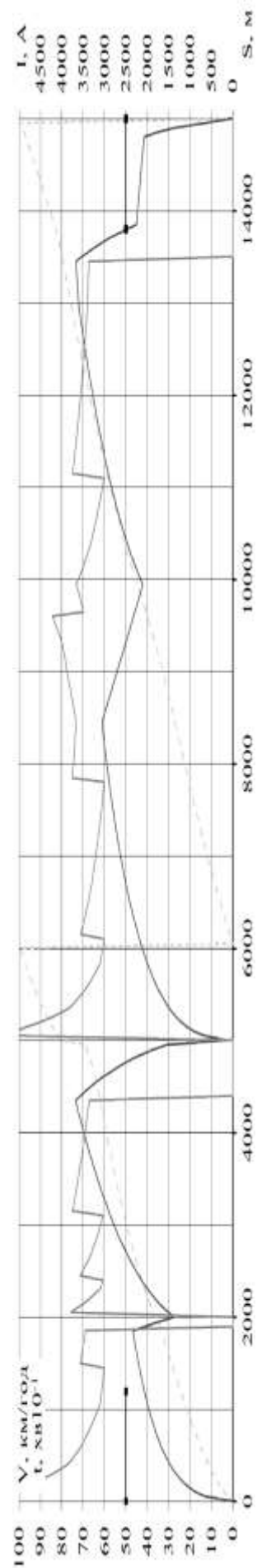


Рисунок 5.5 – Графіки побудови кривих швидкості, часу руху поїзда і струму поїзда з тепловозом серії 2ТЕ116 з однією вимушеною зупинкою на відмітці 5000 м



Рисунок 5.6 – Графіки побудови кривих швидкості, часу руху поїзда і струму поїзда з тепловозом серії 2ТЕ116 з двома вимушеними зупинками на відмітках 5000 і 10000 м

5.6 Визначення часу ходу поїзда

Після побудови кривої часу визначаємо час ходу і технічну швидкість поїзда V_T на ділянці. Всі дані зводяться в табл. 5.3, причому розрахункові дані беремо по кривій $t = f(S)$ з точністю до 0,1 хв, а прийняті для графіка руху поїздів часи ходу по перегонах округлюємо з точністю до 1 хв [18].

Таблиця 5.3 – Розрахунок часу ходу поїзда

Маршрут	Довжина, м	Час ходу, хв	Технічна швидкість, км/год	Питома витрата пального на вимірювач, кг/10 ⁴ ткм
1	15000	15,7		30,9
2				
3		22,3		40,0

Технічна швидкість руху поїзда по ділянці в км/год

$$V_m^i = \frac{L \cdot 60}{t_1 + t_2}, \quad (5.18)$$

де t_1 і t_2 – відповідно часи ходу поїзда по першому і другому перегонах, год;

L – довжина ділянки, км.

$$V_m^1 = \frac{15,0 \cdot 60}{15,7} = 57,3 \text{ км/год};$$

$$V_m^2 = \frac{15,0 \cdot 60}{20,3} = 44,3 \text{ км/год};$$

$$V_m^3 = \frac{15,0 \cdot 60}{22,3} = 40,4 \text{ км/год}.$$

5.9 Визначення витрат енергоресурсів локомотивом

Витрати дизельного пального тепловозом на заданій ділянці, кг, визначаємо за формулою:

$$E = G \cdot t_m + g_x \cdot t_x, \quad (5.19)$$

де G – витрата дизельного пального тепловозом на режимі тяги, що відповідає 15-му положенню ручки контролера, кг/хв;

t_T – сумарний час роботи тепловоза на режимі тяги, хв;

g_x – витрата пального тепловозом при вимкненому струмі, кг/хв;

t_x – сумарний час руху тепловоза на режимі холостого ходу і гальмування, хв.

Час роботи тепловоза t_m і t_x визначаємо по кривій часу $t = f(S)$ і відмітках про зміну режиму роботи тепловоза на кривій швидкості $V = f(S)$.

Питома витрата пального на вимірювач, кг/10⁴ ткм

$$e = \frac{E}{Q \cdot L} \cdot 10^4, \quad (5.20)$$

де Q – маса складу, т;

L – довжина дільниці, для якої виконані тягові розрахунки, км (відстань між осями граничних станцій заданої дільниці).

$$E^1 = 2 \cdot 8,5 \cdot 12,8 + 2 \cdot 0,38 \cdot (15,7 - 12,8) = 220 \text{ кг};$$

$$E^2 = 2 \cdot 8,5 \cdot 15,8 + 2 \cdot 0,38 \cdot (20,3 - 15,8) = 272 \text{ кг};$$

$$E^3 = 2 \cdot 8,5 \cdot 16,5 + 2 \cdot 0,38 \cdot (22,3 - 16,5) = 285 \text{ кг};$$

$$e^1 = \frac{220}{4750 \cdot 15,0} \cdot 10^4 = 30,9 \text{ кг/10}^4 \text{ ткм};$$

$$e^2 = \frac{272}{4750 \cdot 15,0} \cdot 10^4 = 38,2 \text{ кг/10}^4 \text{ ткм};$$

$$e^3 = \frac{285}{4750 \cdot 15,0} \cdot 10^4 = 40,0 \text{ кг/10}^4 \text{ ткм}.$$

Результати розрахунків зводимо в табл. 5.3.

					0032.226551.000.03КР.ПЗ	
						66

6 ОБГРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОБЛІКУ РОБОТИ ЛОКОМОТИВІВ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ

Під час тягових розрахунків поїзда з тепловозом серії 2ТЕ116 отримані такі залежності:

- криві швидкості;
- часу ходу поїзда;
- навантаження дизеля;
- профілю колії [4, 18].

За результатами розрахунків отримані дані (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – Результати тягових розрахунків поїздів зі складом 4750 т з
тепловозом серії 2ТЕ116

Параметр	Значення параметра по номеру маршруту		
	1	2	3
Технічна швидкість V_m , км/год	57,3	44,3	30,9
Відсоткова різниця технічної швидкості	-		
Час у дорозі t , хв	15,7		
Відсоткова різниця часу у дорозі	-		
Витрата палива E , кг	30,9		
Відсоткова різниця витрати палива	-		
Показник ефективності поїздки ε , кВт год ² /(10 ⁴ т км)	11,3		
Відсоткова різниця показник а ефективності поїздки	-	-59,8	-83,9

Пропонуємо оцінку виконати показником ефективності поїздки ε , який враховує витрати енергоресурсів на тягу, час у дорозі, масу складу та протяжність ділянки:

$$\Delta = \frac{E \cdot t}{L \cdot Q}; \quad (6.1)$$

$$\varepsilon^1 = \frac{30,9 \cdot (15,7/60)}{15,0 \cdot 4750} \cdot 10^4 = 11,3 \frac{\text{кВт год}^2}{10^4 \text{ т км}};$$

$$\varepsilon^2 = \frac{38,2 \cdot (20,3/60)}{15,0 \cdot 4750} \cdot 10^4 = 18,1 \frac{\text{кВт год}^2}{10^4 \text{ т км}};$$

$$\varepsilon^3 = \frac{40,0 \cdot (22,3/60)}{15,0 \cdot 4750} \cdot 10^4 = 20,9 \frac{\text{кВт год}^2}{10^4 \text{ т км}}.$$

Визначимо відсоткові різниці показників

$$\Delta^n = \frac{k^m - q^{m'}}{k^m} \cdot 100, \quad (6.2)$$

де m, m' – значення параметрів тягових розрахунків, для яких виконується порівняння;

n – параметр.

$$\Delta \varepsilon^{12} = \frac{11,3 - 18,1}{11,3} \cdot 100 = -59,8\%;$$

$$\Delta \varepsilon^{13} = \frac{11,3 - 20,9}{11,3} \cdot 100 = -83,9\%;$$

За результатами порівняння можна зробити наступні висновки. Показник ε , який враховує витрати енергоресурсів на тягу, час у дорозі, масу складу та протяжність ділянки, більш точно описує результати тягових розрахунків і, прогнозовано, фактичних поїздок. При порівнянні значень вказаного показника можна стверджувати, що він більш повно описує поїздку з урахуванням параметрів які важливі не тільки для служби тяги, а й для інших, що є важливим з точки зору інтероперабельності.

ВИСНОВКИ

Як і на будь-якому підприємстві чи відокремленому підрозділі локомотивного господарства для планування та фінансування витрат по перевезенням та оцінки якості експлуатаційної діяльності прийнята система показників. Існуючі показники роботи локомотивів характеризують лише окремі сторони ефективності використання локомотивів. Тому необхідно застосовувати одночасно декілька показників, для того, щоб об'єктивно оцінити якість роботи локомотивного господарства у цілому, так і окремо роботу локомотивів.

У кваліфікаційній магістерській роботі на основі проведеного аналізу системи показників використання локомотивів можна зробити висновок, що прийнятий перелік показників не дозволяє в повній мірі оцінити ефективність та економічність експлуатації та ремонту локомотивів. Особливо це стосується локомотивів, що працюють у вантажному русі, оскільки з усього переліку показників для них визначаються такі показники як продуктивність локомотива, середньодобовий пробіг, технічна швидкість, дільнична швидкість, середня вага вантажного поїзда, робота локомотивів.

Для локомотивних депо, у яких проводиться експлуатація та ремонт значної кількості вантажних локомотивів, доцільним є уведення додаткових показників, які б дозволили точніше оцінювати діяльність депо.

У магістерській роботі вирішена задача вибору і обґрунтування нових показників раціонального використання, які більш точно оцінюють ефективність роботи локомотивів та депо у цілому. Вирішення цієї задачі дозволяє підвищити ефективність використання локомотивного парку за рахунок всебічного аналізу роботи локомотивів та впровадження заходів з удосконалення показників, що у кінцевому результаті приведе до значного економічного ефекту.

Для досягнення вказаної задачі у магістерській роботі вирішені наступні завдання:

- проаналізовані існуючі показники використання локомотивів;
- запропоновано та обґрунтовано до впровадження нові показники використання локомотивів.

На підставі розрахованих результатів, визначена необхідність впровадження та обліку у першу чергу такого показника як оборот локомотива, після чого був розрахований економічний ефект введення цього показника. В результаті було зроблено були отримані наступні результати: скорочення приписного парку локомотивів, що використовуються у вантажному русі, а також спостерігається значне скорочення експлуатаційних витрат, що якісно буде впливати на роботу депо в подальшому.

Згідно з тяговими розрахунками, запропоновано оцінку виконувати показником ефективності поїздки, який враховує витрати енергоресурсів на тягу, час у дорозі, масу складу та протяжність ділянки. Цей показник більш точно описує результати тягових розрахунків і, прогнозовано, фактичних поїздок. При порівнянні значень вказаного показника можна стверджувати, що він більш повно описує поїздку з урахуванням параметрів які важливі не тільки для служби тяги, а й для інших, що є важливим з точки зору інтероперабельності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Корнійчук М.П., Липовець Н.В., Шамрай Д.О. Технологіягалузі і технічні засоби залізничного транспорту. Частина 2 (розділи 7-14): Підручник. – К.: «Видавництво Дельта», 2007. – 424 с.
- 2 Бочаров А. П., Кранц И. М., Кривошей Б. А. Проблемы технолого-экономического управления эксплуатационной работой железных дорог Украины //Залізничний транспорт України. – 2001. – №2. – С. 35-41.
- 3 Русак А. Д. Об использовании и экономии энергоресурсов в локомотивном хозяйстве //Железнодорожный транспорт. – 2002. - №2. – С. 22-28.
- 4 Експлуатація локомотивів та локомотивне господарство. Організація ремонтного та екіпірувального господарства: підручник /Б.Є. Боднар, М.І. Капіца, Є.Б. Боднар, О.Б. Очкасов; за ред. д-ра техн. наук, проф. Б.Є. Боднара. – Електрон. вид. – Дніпро: Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2022. – 220 с.
- 5 Експлуатація локомотивів та локомотивне господарство: Методичні вказівки до виконання курсового проекту /Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. імені акад. В.Лазаряна; уклад. Л.Ф. Гагін, М.І. Капіца. – Дніпропетровськ: ДПТ, 2007. – 44 с.
- 6 Правила технічної експлуатації залізниць України: Затв. Наказом МТУ №411 від 20.12.1996 р. – К., 2003. – 133 с
- 7 Певзнер В. О. Выбор рациональных скоростей движения //Железнодорожный транспорт. – 2000. – №3. – С. 21-29.
- 8 Бойник А. Б., Коваленко Г. В., Макаренко Р. В. Перспективные системы интервального регулирования движения поездов на перегонах //Залізничний транспорт України. – 2001. – №6. – С. 18-26.
- 9 Некрашевич В. И., Сальченко В. Л., Ковалев В. Н. Автоматизация управления локомотивными парками //Железнодорожный транспорт. – 2000. – №5. – С. 38-44.

- 10 Надійність та технічна діагностика рухомого складу: Методичні вказівки до виконання контрольної роботи / Дніпропетр. держ. техн. універ. залізн. трансп. Уклад.: Б.Є. Боднар, Д.В.Бобирь, Я.В. Болжеларський.- Дніпропетровськ, 2002.- 20 с.
- 11 Ю. В. Чибісов Дослідження факторів, які впливають на пропускну та провізну спроможність залізничних ліній // Транспортные системы и технологии перевозок. – 2012. – №4. – С. 97-102.
- 12 Бараш Ю.С., Булгакова Ю.В., Марценюк Л. В. Визначення економічного ефекту від зменшення терміну простою рухомого складу // Review of transport economics and management. – 2012. – №3. – С. 82-91.
- 13 Г. Я. Мозолевич, Д. М. Козаченко, Ю. В. Чибісов, В. О. Мозолевич Підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту за рахунок управління параметрами вантажних поїздопотоків // Транспортные системы и технологии перевозок. – 2011. – №2. – С. 74-79.
- 14 Курган Д. Н. Определение динамической нагрузки от колеса на рельс для скоростных поездов // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. – 2015. №3 (57). – С. 38-47.
- 15 Г. І. Переста, Т. В. Болвановська Аналіз впливу складових елементів на величину обороту вантажного вагона // Транспортные системы и технологии перевозок. – 2011. – №1. – С. 75-77.
- 16 Задоя В.О. Оцінка економічної ефективності створення і функціонування приміської пасажирської компанії // Review of transport economics and management. – 2011. – №2. – С. 40-47.
- 17 Економіка залізничного транспорту: підручник /О. М. Пшінько та ін.; за ред.: Ю. Ф. Кулаєва, Ю. С. Бараша, М. В. Гненного. – Дніпропетровськ: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2014. – 480 с.
- 18 Бобирь Д. В., Грищенко М. А., Сердюк В. Н. Теорія локомотивної тяги: підручник. Дніпро: Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2022. – 385 с.