

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет Львівського інституту

(назва факультету)

Кафедра «Рухомий склад залізниць і колія»

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

бакалавра

(ступінь вищої освіти)

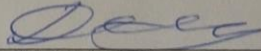
на тему: Удосконалення нормування дизельного палива на тягу поїздів у депо

за освітньою програмою Локомотиви та локомотивне господарство

зі спеціальності: 273 «Залізничний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: ЛГ19117

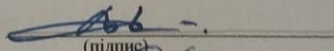


(підпис студента)

/ Станіслав ДЯТЕЛ /

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:

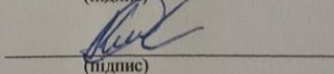


(підпис)

/ доцент Володимир ДЖУС /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:



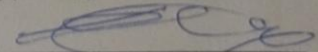
(підпис)

/ викладач Іван КРАВЕЦЬ /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Студент



(підпис)

Львів – 2022 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Faculty of the Lviv institute

(faculty)

Railways rolling stock and track

(department)

Explanatory Note

to Master's Thesis

bachelor

(higher education degree)

on the topic: Improving the rationing of diesel fuel for train traction for the depot level

according to educational curriculum Locomotives and locomotive economy

in the Speciality: 273 "Railway transport"

(speciality and its code)

Done by the student of the group: LG19117 / Stanislav DIATEL /

(name, surname)

Scientific Supervisor:

/ Volodymyr DZHUS /

(position, name, surname)

Normative controller :





/ lecturer Ivan KRAVETS /

(position, name, surname)

Dnipro – 2022

ЗМІСТ

ПЕРЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП	8
1 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ НОРМУВАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА ТЯГУ ПОЇЗДІВ.....	10
1.1 Класифікація норм та методів нормування.....	10
1.2 Енергетичні основи встановлення норми витрати дизельного палива	13
1.3 Принципи оцінки відповідності методів нормування величині реальних енергетичних затрат.....	14
2. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ МЕТОДИКИ НОРМУВАННЯ ВИТРАТИ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА ПОЇЗНУ РОБОТУ	16
2.1 Загальні положення методики	16
2.2 Алгоритм розрахунку норми витрати палива на поїзду	18
2.3 Аналіз проблем, що виникають при визначенні нормоутворюючих факторів.....	24
3 ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ТЯГОВО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАСПОРТІВ ТА КОРЕКЦІЇ НОРМОУТВОРЮЮЧИХ ФАКТОРІВ	27
3.1 Принцип дії пристроїв для вимірювання витрати палива тепловозами.	27
3.2 Принцип дії пристроїв непрямих вимірювань та розрахунків витрати палива.	33
3.3. Пропозиція щодо впровадження технічних засобів розрахунку тягово-енергетичного паспорта локомотива у депо.....	36

						0041.190540.01.ВКР.ПЗ		
Зм	Арк	№ документа	Підпис	Дата	Удосконалення нормування дизельного палива на тягу поїздів у депо	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Станіслав ДЯТЕЛ		10.08				
Консульт								
Керівник		Володимир ДЖУС		15.08				
Н. контр.		Іван КРАВЕЦЬ		20.08.22				
Зав.каф.		Олена БАЛЬ		20.08.22				
						ЛІ УДУНТ		

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

(рівень освіти)

50 с., 6 рис., 2 табл., 0 додатків, 26 джерел.

Об'єкт розробки – система нормування дизельного палива на поїздку з окремим поїздом.

Мета роботи – підвищення ефективності використання тепловозів у депо шляхом удосконалення методів нормування дизельного палива з використанням систем автоматизованого обліку параметрів руху поїзда, що входять до нормоутворюючих факторів.

Методи дослідження – порівняльний метод, метод розрахунку норми витрати дизельного палива.

Проаналізовано існуючу методику встановлення технічної норми витрати дизельного палива на поїздку, виявлено її недоліки.

Запропоновано шляхи удосконалення методики нормування дизельного палива за рахунок автоматизації розрахунків, впровадження у депо станціонарних вимірювальних комплексів та систем фіксації параметрів руху тепловозів і поєднання їх у одну систему.

Встановлено норму витрати дизельного палива та абсолютне значення цієї витрати для поїзда конкретної маси на конкретній ділянці.

Результати роботи можуть стати основою для подальших досліджень у напрямку автоматизації процесів нормування дизельного палива.

Ключові слова: ДИЗЕЛЬНЕ ПАЛИВО, ТЕПЛОВОЗ, НОРМУВАННЯ, УДОСКОНАЛЕННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС.

**ПЕРЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

АТ	Акціонерне товариство
БСКВТ	Бортова система контролю витрат палива
ККД	Коефіцієнт корисної дії
КР	Капітальний ремонт
ПЕР	Паливно-енергетичні ресурси
ПКБ ЦТ	Проектно-конструкторське бюро локомотивного господарства
ПНВТ	Паливний насос високого тиску
ПР	Поточний ремонт
СРСР	Колишнє державне утворення – Союз Радянських Соціалістичних Республік

						Арк.
						7
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

ВСТУП

Однією з найважливіших ланок залізничного транспорту є локомотивне господарство. На його долю припадає 11,5% основних фондів і 40% експлуатаційних витрат залізниць. З усіх експлуатаційних витрат локомотивного господарства, 10% припадає на технічне обслуговування локомотивного парку. За строк служби локомотива витрати на ремонт в 10-12 разів перевищують його попередню вартість [1].

Локомотивне господарство відіграє важливу роль в усій системі залізничного транспорту. У ньому працюють 23% усіх робітників залізничного транспорту, на нього припадає 40% експлуатаційних витрат, 23% витрат енергоносіїв, близько 13% основних фондів.

Важливе місце у підвищенні ефективності залізниць займають питання енергозбереження. Методи нормування витрати дизельного палива з розвитком локомотивобудування постійно удосконалювались.

Базовою працею, яка заклала основи нормування витрат дизельного палива для різних засобів транспорту, у тому числі для локомотивів, є праця В.С. Молярчука [2]. Автор підкреслює необхідність визначення кількості теплової чи електричної енергії, що компенсує механічну роботу для переміщення вантажів та пасажирів. Саме Молярчуком В.С. розроблено базовий алгоритм нормування дизельного палива на основі базової норми та нормоутворюючих факторів.

Дослідження Молярчука В.С. знайшли своє продовження у значній кількості праць, серед яких слід відзначити праці [3-9] де відображені різні аспекти, що пов'язані з нормуванням палива.

Узагальнення методів нормування для магістрального руху викладено у працях Дробахи В.І. та Котова В.В. [10-12], а для маневрового руху – у працях Боднара Б.Є, Болжеларського Я.В., Гончара І.М., Гончарова О.М., Джуса В.С., Шелкового О.В. [13-18].

Основні положення розроблених методів нормування палива увійшли до нормативних документів Укрзалізниці [19-21].

						Арк.
						8
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Однак, незважаючи на значні напрацювання у питанні розробки та удосконалення методів нормування, вони все ще мають значні недоліки, які вимагають виправлення. Так, алгоритм розрахунку нормоутворюючих факторів, який передбачений Інструкцією [19] вимагає значного обсягу обчислювальних робіт, порядок визначення таких нормоутворюючих факторів, як «витрати палива на відновлення кінетичної енергії...», «коефіцієнт складності нормованої ділянки» визначений не чітко і може бути покращений шляхом застосування автоматичних реєстраторів параметрів руху поїзда.

Таким чином питання удосконалення нормування дизельного палива на тягу поїздів у депо є актуальним з точки зору підвищення ефективності використання тягового рухомого складу на залізницях України.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності використання тепловозів у депо шляхом удосконалення методів нормування дизельного палива з використанням систем автоматизованого обліку параметрів руху поїзда, що входять до нормоутворюючих факторів.

Для досягнення вказаної мети необхідно проаналізувати існуючу методичку нормування дизельного палива на тягу поїздів, нормоутворюючі фактори та методи їх визначення та запропонувати технічні засоби щодо автоматичного обліку вказаних нормоутворюючих факторів. Це дозволить оперативно встановлювати технічну норму витрати дизельного палива, що у кінцевому результаті призведе до зниження його витрати і підвищення ефективності експлуатації локомотивів.

						Арк.
						9
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ НОРМУВАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА ТЯГУ ПОЇЗДІВ

1.1 Класифікація норм та методів нормування

Нормою витрат палива на поїзну роботу є плановий показник витрат на виробництво одиниці транспортної продукції, який включає усі затрати, пов'язані з пересуванням поїзда, локомотива і його обслуговування в процесі роботи з поїздом [2].

Система норм будується на основі наступних принципів: забезпечення єдності формування по рівнях планування норм, максимального враховування індивідуальних особливостей поїзда на дільниці, збереження стимулюючого характеру норми [2, 7].

Норми питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів класифікують за багатьма ознаками, основні з яких показані на рис. 1.1.

Розглянемо основні класифікаційні ознаки:

- за ступенем агрегації – індивідуальні та групові норми;
- за складом витрат паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) – технологічні та загальновиробничі;
- за періодом дії – річні та квартальні (місячні).

Крім того, норми енерговитрат можна класифікувати за такими ознаками:

- оперативні і поточні;
- потенційні і реальні;
- планові і прогнозні.

Індивідуальною нормою називається норма витрат дизельного палива на поїздку з поїздом конкретної маси. При визначенні індивідуальної норми також враховується характер профілю колії, тип вагонів, які задіяні на дільниці. Така норма встановлюється для кожного тягового плеча і напрямку з врахуванням вищезгаданих факторів.

						Арк.
						10
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

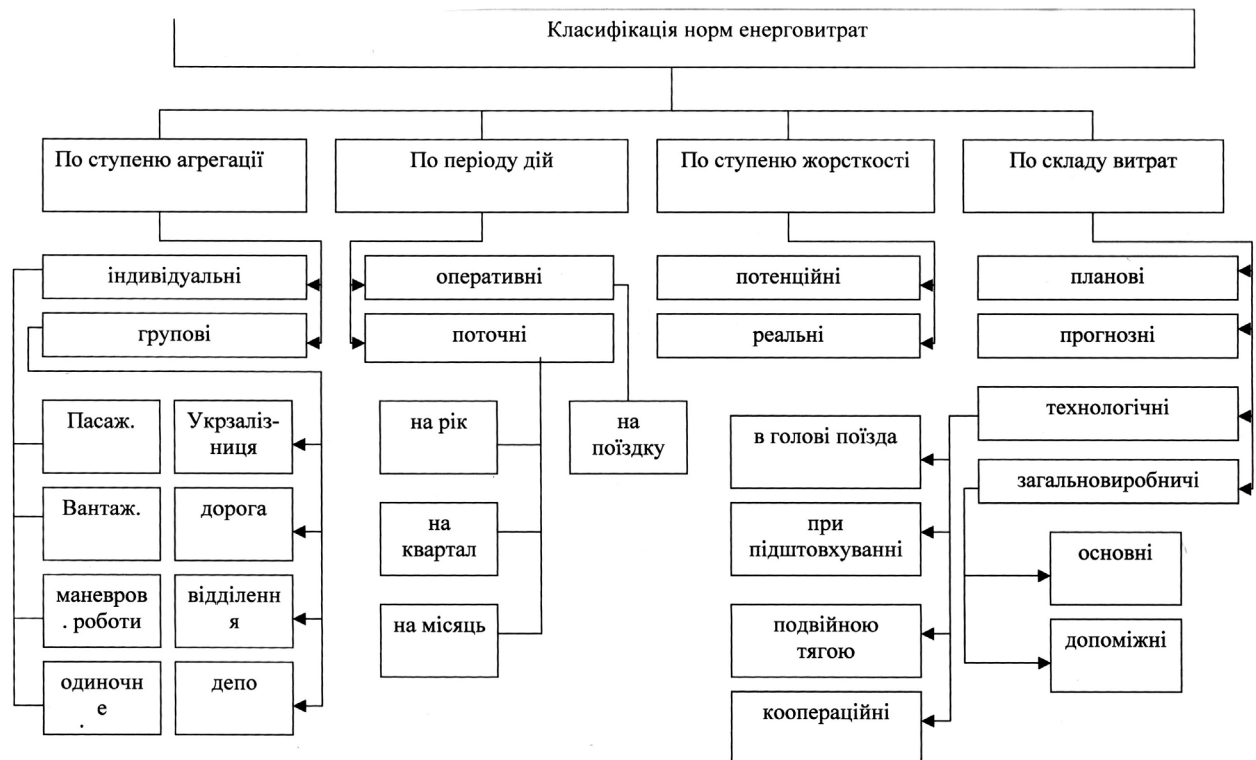


Рисунок 1.1 – Класифікація норм витрати палива

Груповою є норма витрат дизельного палива на заданий обсяг перевезень, або відповідний період часу по підрозділам різних рівнів. Групові норми розраховують для тягового плеча, локомотивного депо, залізниці та Укрзалізниці в цілому.

По періоду дії норми розподіляються на поточні та оперативні.

Оперативна норма відповідає конкретним умовам графіка руху поїзда, а також її величина пов'язана із впровадженням тих заходів, котрі призведуть до зменшення витрат дизельного палива.

Поточна норма витрат дизельного палива ділиться на три складові по періодам її дії: на рік, на квартал і на місяць. Поточна норма розробляється на основі оперативних норм і намічених заходів по економії дизельного палива, впровадження котрих заплановано в поточному періоді. Такий підхід до формування поточної норми передбачає, що норма, яка вводиться, як правило, повинна бути нижчою від показника фактичних витрат дизельного палива за попередній відповідний період часу.

За ступенем жорсткості слід виділити потенційну норму витрат дизельного палива, тобто мінімальну технічну норму, яка розраховується для реального потоку поїздів, при якому дотримується умова формування всіх вантажних поїздів з обмеженнями по критичній ваговій нормі та довжині станційних колій. Розрахунок такої норми проводять для руху поїзда по графіку, без врахування непланових зупинок та тимчасових обмежень швидкості.

Потенційна норма визначає мінімально можливі витрати дизельного палива для пересування поїзда по ділянці (при визначенні групових норм - для пересування всього заданого потоку поїздів). По структурі витрат норми встановлюються в залежності від організації руху поїздів, серії тепловозів, які знаходяться у використанні, характеру і призначення норми.

Необхідність у прогнозних нормах перш за все визначається змінами умов експлуатації. Вони дозволяють врахувати вплив діючих або можливих тенденцій в зміні умов роботи.

Прогнозні норми показують можливе значення в подальшому такого показника, як питомі витрати дизельного палива.

Технологічною нормою називається норма витрат дизельного палива, яка необхідна для виконання визначного виду робіт локомотивами: слідування в голові поїзда, подвійною тягою або підштовхуванням. Цю норму враховують при складанні планової норми, а також використовують для контролю за технічним станом локомотива, економічністю процесу управління ним під час ведення поїзда.

Поопераційні норми виконують функції технологічних норм - вони становляються на виконання локомотивом окремих операцій в процесі перевезень. До них відносяться норми на: одиночне слідування локомотивів, маневрову роботу на гірках, станційних коліях, в парках формування поїздів, простій в гарячому стані, стоянку з поїздом.

Загальновиробнича норма враховує витрати дизельного палива на основні допоміжні роботи, включаючи в себе всі статті витрат дизельного палива, відображає повну енергоємність транспортного процесу [2].

						Арк.
						12
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

У даному дипломному проекті будуть встановлені потенційні планові оперативні на поїздки індивідуальні норми питомої витрати палива у вантажному русі.

1.2 Енергетичні основи встановлення норми витрати дизельного палива

Як уже було відзначено вище, фундаментальні дослідження по нормуванню витрат палива викладені Молярчуком В.С. у [2] . Автор відзначає, що «спільним при розрахунку величини енергетичних затрат не лише для тягових засобів одного і того ж виду транспорту, але й для усіх його видів є необхідність визначення кількості теплової чи електричної енергії, що компенсує механічну роботу, яка проводиться при переміщенні вантажів і пасажирів».

Вказана робота може бути визначена як

$$A = \int_0^L R_i dL, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (1.1)$$

Якщо роботу визначаати за годину, швидкість вимірювати у км/год, та прийняти для усієї ділянки середню величину опору R , то

$$A_h = 1000Rv \text{ Н}\cdot\text{м/год} \quad (1.2)$$

При відомих значеннях роботи, яка виконується і механічного еквіваленту теплоти годинна потреба у умовному паливі складе

$$B_y = 3,35 \cdot 10^{-4} Rv \text{ кг/год} \quad (1.3)$$

а з врахуванням ККД на ободі колеса

						Арк.
						13
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$B_{y,0} = \frac{3,35}{\eta} \cdot 10^{-4} Rv \text{ кг/ГОД} \quad (1.4)$$

Автор відзначає, що оскільки опір руху завжди залежить від ваги складу, його розмірів і швидкості руху, початкова норма завжди повинна бути подана як функція $n_0 = f(Q, v)$.

На основі викладених теоретичних положень і розроблена методика нормування витрати енергоресурсів для магістральної роботи на основі базової норми, нормоутворюючих факторів та їх коефіцієнтів впливу [19].

1.3 Принципи оцінки відповідності методів нормування величині реальних енергетичних затрат

Адекватність методики нормування витрати палива може бути оцінена згідно рекомендацій [2]. Спочатку потрібно визначити, чи відповідають величини розрахункових норм дійсним питомим витратам палива при усьому різноманітті умов проведення маневрів з пасажирськими складами. Також потрібно в'яснити, у якій мірі застосовувана методика може відобразити можливі зміни умов роботи локомотивів, тобто, наскільки норми, що отримані у результаті застосування даної методики, відповідають технологічному процесу проведення маневрів з пасажирськими складами, його технічному озброєнню і є прогресивними.

Питомі витрати палива і електричної енергії на транспорті, у силу характеру транспортного процесу, який є процесом трансформації використовуваної енергії в механічну роботу, що здійснюється при переміщенні рухомих засобів, являють собою величини, у яких відображаються і умови використання потужності технічних засобів транспорту, і їх стан, і умови обслуговування, і організації усього перевізного процесу.

Можливість вірного врахування даних умов або хоча б основних з них у технічному розрахунку норм витрати палива і електроенергії і служить основним критерієм правильності і принципової направленості методу

						Арк.
						14
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

нормування, а також основною умовою достовірності отримуваних розрахункових норм.

Очевидно, що про принципову правильність методів нормування витрати палива технічними засобами транспорту можна судити по тому, наскільки повно і об'єктивно вони відображають у нормах такі основні умови перевізного процесу, як:

а) вага вантажу чи кількість пасажирів, що одночасно перевозяться і характеризується вагою поїзда;

б) ступінь використання вантажопідйомності, що є у розпорядженні, яка характеризується співвідношенням між затратами енергії на виконання корисної роботи і неминучими затратами на перевезення тари;

в) швидкість руху;

г) фактори, що визначають додатковий опір руху рухомого складу;

д) економічність енергетичних установок, трансмісій технічних рухомих засобів і пристроїв транспортного енергопостачання;

е) додаткові службові витрати енергії;

ж) витрати палива і електроенергії, що пов'язані з усіма допоміжними операціями транспортного процесу [2].

						Арк.
						15
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

2. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ МЕТОДИКИ НОРМУВАННЯ ВИТРАТИ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА ПОЇЗНУ РОБОТУ

2.1 Загальні положення методики

Нормування витрат дизельного палива локомотивами на тягу поїздів у локомотивних депо Укрзалізниці здійснюється згідно вимог Методики розрахунку норм витрат дизельного палива і електроенергії на тягу поїздів [8] та Інструкції по технічному нормуванню витрат електричної енергії і палива локомотивами на тягу поїздів [9]. Розглянемо основні положення вказаних документів.

Методика розрахунку норм витрат дизельного палива і електроенергії на тягу поїздів призначена для виконання аналізу зміни фактичних питомих витрат дизельного палива і потреби у паливно-енергетичних ресурсах (ПЕР) на тягу поїздів локомотивних депо, залізниць, Укрзалізниці.

Аналіз і прогнозування витрат ПЕР базуються на рівнянні тягово-енергетичного паспорта «опосередкованого» локомотива, а також на загальних положеннях і формулах тягових розрахунків. В основу рівняння тягово-енергетичного паспорта локомотива покладена залежність годинної витрати енергоресурсу від дотичної потужності, що для будь-якого локомотива є практично однозначною прямою лінією, яка проходить через дві точки з відомими координатами: точку номінальної потужності з номінальною годинною витратою палива і точку нульової потужності, у якій витрата палива пропорційна годинній витраті на холостому ходу.

Під «опосередкованим» розуміється локомотив, основні характеристики якого (потужність, ККД та ін.) отримані шляхом упосередкованості відносного обсягу тонно-кілометрової роботи, яка виконується окремими серіями локомотивів, що працюють у даному виді руху.

Питомі витрати (або норми витрат) ПЕР для усіх видів руху встановлюються у кілограмах умовного палива (кгуп) на 10 тис. тонно-кілометрів (ткм) брутто. Питомі витрати ПЕР у вантажному русі визначають шляхом розрахунку за нормоутворюючими факторами, зміст і коефіцієнти

						Арк.
						16
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

впливу яких знаходять з рівняння тягово-енергетичного паспорту з урахуванням зміни в часі структури парку локомотивів.

Нормування витрат дизельного палива локомотивам базується на даних тягово-енергетичних паспортів локомотивів, а також загальних формулах і положеннях тягових розрахунків.

При нормуванні визначаються витрати палива відповідні справному стану локомотивів, які експлуатуються в умовах, що забезпечують використання прогресивних методів обслуговування і водіння поїздів.

Тягово-енергетичні паспорти локомотивів повинні коригуватися за обліком робіт, що виконуються по удосконаленню конструкції сучасних локомотивів, якщо при цьому змінювалися їх тягові характеристики або ККД”.

Технічні норми витрат палива для локомотивних бригад встановлюють щомісячно. Норма витрат палива встановлюється на 10 тис. ткм бруто (без урахування маси локомотива) в кілограмах натурального палива.

Норми витрат палива устанавлюють для кожного тягового плеча і напрямку за видами поїздів, передбачених графіком руху (транзитні, місцеві, навантажені, порожні, швидкі, пасажирські і т.д.).

За вихідні (базові) норми витрат енергоресурсів на тягу поїздів приймаються питомі витрати палива локомотивів даної серії, визначені по тягово-енергетичних паспортах, які приведені у [3] в залежності від вагових норм розглянутих категорій поїздів і швидкості їх руху. У тому випадку, якщо маса поїзда і швидкість руху його відрізняються від приведених в паспорті величин та є проміжними, вихідну норму витрат слід визначати інтерполяцією.

Базова норма витрат енергоносіїв (n_0) визначається для типової моделі поїзда, склад якого сформований з чотирьохосних вагонів на підшипниках кочення з навантаженням на вісь вагона $q_0 = 17,5$ т, який рухається з середньою швидкістю, яка дорівнює рівномірній швидкості на прямому горизонтальному шляху при температурі зовнішнього повітря.

Далі вихідна норма витрат палива уточнюється за допомогою поправочних емпіричних коефіцієнтів, що дозволяють враховувати витрати енергоресурсів

						Арк.
						17
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

на поповнення витрат кінетичної енергії поїзда, пов'язаних з зупинками, витрати енергії на розгін поїзда, на роботу двигуна та допоміжних машин локомотива на холостому ході, а також враховуючих індивідуальні особливості формування поїзда, ступінь використання вантажопідйомності вагонів, складність профілю колії, температурно-метеорологічні умови та інше.

2.2 Алгоритм розрахунку норми витрати палива на поїздку

Розрахунок норм витрат палива на поїзд виконують за формулою:

$$n = n_0 \kappa_w \kappa_q \kappa_i \kappa_\tau \kappa_{m.c} + z' \Delta n_m + \kappa_x n_x + \Theta_c \kappa'_x n_x \text{ кг/10 тис ткм бр.}, \quad (2.1)$$

де n_0 – вихідні норми витрат палива, які визначаються тягово–енергетичним паспортом локомотива;

κ_w – коефіцієнт, який враховує зміну опору поїзда в залежності від особливостей його формування;

κ_q – коефіцієнт впливу ступеня використання вантажопідйомності вагонів;

κ_i – коефіцієнт складності нормованої ділянки;

κ_τ – температурний коефіцієнт нормованого періоду;

$\kappa_{m.c}$ – коефіцієнт, який враховує технічний стан локомотива;

κ_x – коефіцієнт холостого ходу локомотива, виражений відношенням часу холостого ходу до загального часу руху поїзда;

κ'_x – коефіцієнт холостої роботи дизеля, виражений відношенням часу роботи дизеля за добу до загальної тривалості стоянок;

z' – кількість зупинок, які передбачені графіком руху поїздів на 100 поїздо–км;

Δn_m – витрати палива на відновлення кінетичної енергії, втраченої при гальмуванні, віднесені до 10 тис. ткм брутто;

n_x – витрати палива на холостий хід при $\kappa_x = 1$;

Θ_c – коефіцієнт стояночного часу, як відношення часу зупинок, передбачених розкладом руху, до загального часу руху поїзда.

						Арк.
						18
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Вихідна норма витрат палива при нормуванні поїздів, склад яких відрізняється від типової моделі поїзда (тобто включають не тільки 4-х віспі вагони на роликівих підшипниках), коригується за рахунок коефіцієнта κ_w

$$\kappa_w = I + \kappa'_w. \quad (2.2)$$

Коефіцієнт, що характеризує зміну опору поїзда від наявності в ньому вагонів різного типу визначається з виразу

$$\kappa'_w = \kappa''_w \kappa_l. \quad (2.3)$$

де κ''_w – коефіцієнт, враховуючий зміну основного питомого опору нормованих вагонів стосовно опору вихідних вагонів при відсутності впливу опору локомотива;

κ_l – коефіцієнт, що характеризує вплив опору локомотива на опір поїзда.

Величина коефіцієнта κ''_w у залежності від типу вагонів, з яких сформований поїзд, і швидкості руху поїзда приведена у [19, табл. 5.1 і 5.2].

Значення коефіцієнта κ_l залежить від відносної маси складу поїзда Q , що визначається відношенням

$$Q' = Q/P, \quad (2.4)$$

де Q і P – маса складу поїзда і локомотива, т.

Величина коефіцієнта κ_l у залежності від швидкості руху поїзда і відносної маси складу поїзда приведена в [19, табл. 5.2].

У тому випадку, коли на дільниці немає явно вираженого порожнього напрямку і обертаються поїзда, що мають визначену середню кількість порожніх осей N_n %, величина коефіцієнта κ''_w , у залежності від швидкості

						Арк.
						19
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

руху поїзда та процентного вмісту (чи частки) по масі в складі порожніх вагонів, визначається по [19, табл. 5.3].

У тих випадках, коли виявлені значення частки по масі чи швидкості знаходяться між даними, приведеними в таблиці, коефіцієнт κ''_w знаходять інтерполяцією.

При наявності в складі 8-ми вісних вагонів коефіцієнт κ''_w , у залежності від частки по масі складу поїзда 8-ми вісних вагонів, визначається по [19, табл. 5.4].

При наявності в складі n різнотипних по величині опору вагонів середній опір руху складу визначається з обліком долі кожного типу вагонів по формулі:

$$\kappa''_{wcp} = \sum_{x=1}^n (\alpha_x \kappa''_{wcp}), \quad (2.5)$$

де α_x - частка маси однотипних вагонів від маси всього складу

$$\alpha_x = \frac{Q_x}{Q}. \quad (2.6)$$

Аналогічно враховується наявність на дільниці долі безстикової колії. При цьому коефіцієнт κ''_w у залежності від типу вагонів і швидкості руху поїзда визначається по [19, табл 5.5].

Сили опору, діючі на поїзд при його русі, залежать від навантаження на вісь. При відхиленні статичних навантажень поїздів, що обертаються, від 17 - 17,5 т вихідна норма множиться на коефіцієнт κ_q

$$\kappa_q = 1 + \kappa'_\mu. \quad (2.7)$$

Величина κ'_μ , що зустрічається в практиці навантажень на вісь вантажних вагонів приведена в [19, табл. 5.6].

						Арк.
						20
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Для обліку характеру профілю колії вихідна норма, визначена для умов руху поїзда на площадці відповідно до конкретних умов, змінюється з урахуванням введення в норму коефіцієнта κ_i що визначає зміну витрат палива зі збільшенням механічної роботи, що витрачається на подолання підйомів і кривих даної конкретної ділянки.

Коефіцієнт складності профілю κ_i залежить від величини еквівалентного підйому i_e , маси поїзда та швидкості руху і визначається виразом

$$\kappa_i = 1 + \alpha i_e, \quad (2.8)$$

де i_e - еквівалентний підйом, ‰.

Еквівалентним підйомом називається умовний, однаковий на всьому протязі підйом, рівний по довжині нормованій ділянці, на якому механічна робота для пересування поїзда дорівнює механічній роботі, затрачуваній на нормованій ділянці при проведенні поїзда однакової маси з однаковою швидкістю; α - коефіцієнт, що залежить, в основному, від швидкості руху.

Величина еквівалентного підйому визначається по формулі

$$i_e = \frac{\sum i_x \cdot l_x + 12 \sum \alpha + \sum (i_{ш} - \omega_{ш}) \cdot l_{ш}}{L} - \Delta i_i, \quad (2.9)$$

де i_x і l_x - відповідно величина ухилів у ‰ і довжина в метрах;

$\sum i_x \cdot l_x$ - алгебраїчна сума добутків цих величин, узятих для кожного елемента профілю;

$\sum \alpha$ - сума центральних кутів усіх кривих елементів шляху в градусах;

$i_{ш}$ - величина шкідливого спуску в ‰, тобто спуску, на якому виконується гальмування поїзда;

$\omega_{ш}$ - основний питомий опір поїзда на шкідливому спуску при швидкості, що відповідає руху по ньому нормованого поїзда, Н/кН;

$l_{ш}$ - довжина шкідливого спуску, м;

						Арк.
						21
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

L - загальна довжина дільниці, м;

Δi_i - величина відносної роботи сил інерції поїзда в Н/кН.

Якщо відома довжина l_k , і радіус R_k , кожної кривої, то вираз $12\sum\alpha$ може бути замінено на вираз $\sum\frac{57,3\cdot l_k}{R_k}$.

При використанні спрямленого профілю, застосовуваного при тягових розрахунках, замість суми $\sum i_x \cdot l_x + 12\sum\alpha$ вводиться сума добутків спрямлених приведених ухилів на їхню крутість - $\sum i_c \cdot l_x$.

Величину ухилів і довжину шкідливих спусків визначають тяговими розрахунками. При негативному еквівалентному підйомі величину відносної роботи сил інерції поїзда в розрахунок не приймають.

Величину ухилів і довжину шкідливих спусків визначають для кожного конкретного випадку, керуючись режимними картами ведення поїздів чи швидкостемірними стрічками.

Коефіцієнт α у формулі 2.9 для вантажних поїздів у залежності від швидкості руху наведений у [19, табл. 6.4].

У тих випадках, коли застосовується коефіцієнт κ_μ , враховуючий зміну вихідної норми у залежності від запланованого навантаження на вісь, а також для порожнього складу, величина коефіцієнту складності профілю κ_i визначається так

$$\kappa_i = 1 + \alpha C_a i_e \quad (2.10)$$

де C_a - коефіцієнт, що визначається в залежності від навантаження на вісь для навантаженого поїзда і в залежності від швидкості для порожнього поїзда.

Величину вихідної норми витрат палива або електроенергії приймають при відповідній температурі зовнішнього повітря $\tau = +15^\circ\text{C}$.

						Арк.
						22
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Для обліку температурних умов у розрахунок норми вводиться температурний коефіцієнт k_t приведений в [19, табл. 7.1].

Знос вузлів і деталей локомотивів та зміна їх характеристик у процесі тривалої експлуатації викликає збільшення витрат енергоресурсів, котрі враховуються при нормуванні коефіцієнтом $k_{m.c.}$ від віку тепловозів та їх загального пробігу, а також від пробігу між черговими деповськими ремонтами ПРЗ, приведеним в [19, табл. 8.1].

Витрати палива, пов'язані з відновленням кінетичної енергії поїзда, втраченої в процесі гальмування Δn_m , також враховують у нормі. Величина цих витрат на одну зупинку, що приходить на 100 поїздо-км, приведена в залежності від маси поїзда і швидкості початку гальмування у [19, табл. 9.1-9.5]. Частка витрат палива, пов'язана з витратами енергії на гальмування і розгін, визначається шляхом множення Δn_m на відносне число зупинок, тобто за формулою

$$Z' = z/L \quad (2.11)$$

де z – число зупинок за графіком;

L – довжина ділянки в км.

У норму витрат палива для тепловоза включаються витрати на роботу дизеля в режимі холостого ходу, віднесена до 10 тис. ткм брутто. Відсоток холостого ходу в розрахунок норми вводиться як коефіцієнт k_x . Цей коефіцієнт для кожної конкретної дільниці визначається як середня величина з даних дослідних поїздок, проведених кваліфікованими машиністами по кожному з напрямків.

Коефіцієнт холостого ходу визначається також для порожніх поїздів. У цьому випадку величина k_x приймається тільки при розрахунках норм витрат для порожніх поїздів.

Для попередніх розрахунків коефіцієнт холостого холу тепловозів можна

						Арк.
						23
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

приймати за даними [19, табл. 10.1].

Питомі витрати палива на холостому ході b_x , що враховуються в нормі, будуть дорівнювати

$$b_x = \kappa_x \cdot n_x, \quad (2.12)$$

де n_x - відносна годинна величина витрат палива на холостий хід, [19, табл. 10.2].

Питомі витрати палива, пов'язані з холостим ходом дизеля під час стоянок Δn_c , визначають як добуток n_x , на коефіцієнт холостого ходу дизеля під час стоянок κ'_x

$$\kappa'_x = \delta_x \times \frac{t_{cm}}{t_0}. \quad (2.13)$$

де t_{cm} - загальний час стоянок, закладених у графік руху,

t_0 - загальний час руху поїзда;

δ_x - відношення тривалості роботи дизеля під час стоянок до їхнього загального часу, яку визначають дослідними поїздками.

Для нормування витрати палива по видах роботи і типах локомотивів у цілому по депо складають розрахункову таблицю норм.

Таблицю складають по ділянках нормування із зазначенням їхньої складності, видах поїздів з урахуванням показників використання рухомого складу поїзда і графіка руху поїздів, а також температурних умов. У розрахунковій таблиці усі перераховані фактори відображають коефіцієнтами, приведеними у [19].

						Арк.
						24
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

2.3 Аналіз проблем, що виникають при визначенні нормоутворюючих факторів

Аналіз методики нормування дизельного палива, яка відображена [19] показав, що при встановлені норм з її використанням виникає ряд труднощів. Так, базову норму та значення нормоутворюючих факторів і коефіцієнтів їх впливу задані у табличній формі зі значним кроком. Приклад задання базової норми для тепловоза 2М62 показаний на рис. 2.1.

Швидкість, км/год	Маса поїзда, т								
	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400
20	49,2	42,4	39,0	36,0	33,3	31,0	29,0	27,6	26,3
30	50,3	43,2	39,9	36,9	34,2	31,7	29,7	28,1	26,9
40	51,8	44,1	40,7	37,5	34,8	32,3	30,2	28,9	27,2
50	53,2	45,2	41,5	38,2	35,5	33,0	30,9	29,3	27,9
60	54,5	46,1	42,3	39,0	36,1	33,7	31,5	29,8	28,4
70	55,8	47,0	43,2	39,7	36,9	34,3	32,1	30,4	28,9
80	57,0	47,9	44,0	40,5	37,6	35,1	32,9	31,1	29,4
90	58,5	48,9	44,8	41,3	38,6	35,8	33,6	31,6	30,1

Рисунок 2.1 – Приклад задання значення базової норми у табличній формі.

Аналогічним чином задані усі 13 складових, що входять до формули (2.1). Причому для деяких з них необхідно визначити додаткові коефіцієнти, які також задані у табличній формі зі значним кроком. Внаслідок цього, встановлення норми витрати для проміжного значення (наприклад, швидкості 33 км/год та маси поїзда 1150 т вимагає значного обсягу розрахунків.

Діапазон маси поїзда у одних таблицях розпочинається з 800 т, а у інших – з 500 т. Аналогічно діапазон швидкості для різних показників розпочинається з різних значень.

При розрахунку впливу опору руху поїзда враховується наявність вагонів на підшипниках ковзання, які уже протягом півстоліття заборонені до експлуатації

на залізницях України. У той же час відсутні таблиці для деяких поширених типів локомотивів (наприклад, ЧМЕЗ або нові локомотиви ТЕП 150, ТЕ33А чи модернізовані 2М62).

Не чітко визначено порядок розрахунку еквівалентного підйому при встановленні впливу складності профілю колії. Відсутній порядок розрахунку і значення деяких коефіцієнтів.

Алгоритм визначення так званих «шкідливих» підйомів вимагає значної кількості дослідних поїздок з поїздами різної маси, що практично унеможливорює встановлення його достовірного значення.

Аналогічно, з використанням результатів дослідних поїздок, визначається коефіцієнт холостого ходу.

Вказані проблеми призводять до того, що у депо часто спостерігається «формальне» ставлення до процесу нормування. Норми встановлюються без відповідного обґрунтування, без дотримання вимог Інструкції [19], а шляхом складення так званих «таблиць норм», які корегуються керівництвом депо з метою досягнення загального значення норми витрати, яка визначена для депо службою локомотивного господарства. Це призводить до неефективного використання дизельного палива, можливості зловживань (крадіжок) і відсутності мотивації машиністів у економії енергоресурсів.

						Арк.
						26
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

З ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ТЯГОВО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАСПОРТІВ ТА КОРЕКЦІЇ НОРМОУТВОРЮЮЧИХ ФАКТОРІВ

3.1 Принцип дії пристроїв для вимірювання витрати палива тепловозами.

Пристрої вимірювання витрати палива тепловозами можна прокласифікувати за двома головними ознаками:

- за принципом дії – на об’ємні і вагові;
- за будовою – на переносні і стаціонарні.

У роботі [13] описані найбільш відомі методи і пристрої вимірювання палива, подані їх переваги і недоліки, приведені похибки вимірювань

Вагові методи.

Найпоширенішим способом вимірювання витрати палива є ваговий спосіб при якому витрата палива визначається за допомогою призматичної ваги, яка забезпечує точність до 0,01 кг.

Схема заміру витрати палива ваговим способом приведена на рис.3.1.

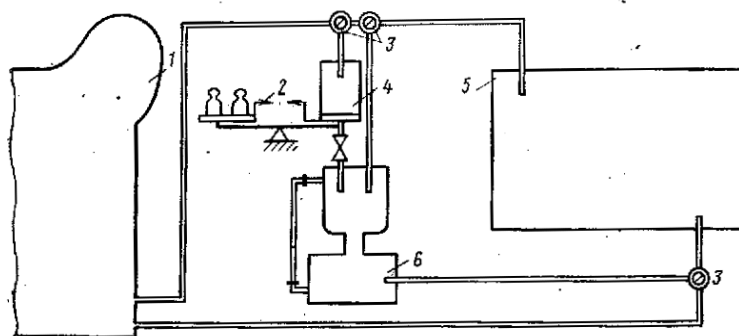


Рисунок 3.1 – Схема заміру витрати палива ваговим способом:

1 – дизель; 2 – вага; 3 – крани; 4 – бачок; 5 – бак; 6 – мірний бак.

Кількість палива, яка знаходиться в бачку підбирається такою, щоб час його витрати складав не менше ніж 120 с. Тривалість витрати вимірюється

						Арк.
						27
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

секундоміром з точністю до 0,1 с і визначається як середнє арифметичне з 8-10 вимірювань.

Згідно необхідна і достатня кількість вимірювань таким способом встановлюється по прийнятній мінімальній величині найбільш ймовірної похибки ρ_A середнього арифметичного результату n -вимірювань

$$\rho_A = \pm 0,674 \sqrt{\frac{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \dots + \varepsilon_n^2}{n(n-1)}}, \quad (3.1)$$

де $\varepsilon_1 = A - a_1$; $\varepsilon_2 = A - a_2$; ...; $\varepsilon_n = A - a_n$ – відхилення результатів окремих вимірювань від середнього арифметичного.

Даний вираз показує, що зі збільшенням кількості вимірювань n значення ρ_A різко зменшується лише до $n=5 \div 10$. Тому збільшувати кількість вимірювань на одному режимі більше 10 недоцільно.

Особливої ретельності вимагають вимірювання на холостому ходу, де виникає необхідність збільшувати час на витрату палива до 200-260 с, що при точності призматичної ваги і секундоміра забезпечує відносну похибку 1%.

Відносна похибка при визначенні витрати палива таким способом визначається за формулою

$$\delta = \frac{G}{\Delta G} + \frac{\tau}{\Delta \tau}, \quad (3.2)$$

де ΔG – навіска палива, кг;

G – точність ваги, яка застосовується;

$\Delta \tau$ – час витрати навіски палива, с;

τ – точність заміру за секундоміром, с. [1]

						Арк.
						28
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Для усунення механізму ваги, що вносить незручності в процес вимірювання палива колишнім Всесоюзним науково-дослідним інститутом залізничного транспорту був розроблений автоматичний паливомір вагового типу для вимірювання витрати палива як в автономному режимі так і в складі стаціонарної діагностичної установки.

Принцип дії даного паливоміру заснований на визначенні часу витрати навіски палива, яка контролюється датчиком тиску. Цей датчик перетворює пропорційний до ваги статичний тиск палива в мірному баку в електричний сигнал, що управляє вмиканням і вимиканням секундоміра, а також наповненням баку. Паливомір складається з мірного баку з встановленим на ньому датчиком тиску, паливопідкачуючого агрегату і шлангів для приєднання до паливної системи тепловозу. Похибка вимірювання витрати палива за даним методом складає 0,3...0,5% [13].

В країнах Західної Європи також проводяться роботи по створенню і удосконаленню систем вимірювання витрати палива. Лідером в розробці таких систем на даний час є компанія AVL (Австрія). Паливомір AVL 733 S є ваговим за принципом дії. Особливістю цього паливоміру є можливість вимірювання як миттєвої так і усередненої за часом витрати палива. Паливомір передбачає вбудоване калібрування вимірювального пристрою, автоматичну корекцію, видалення повітряних бульбашок з палива перед вимірюванням. До стандартних опцій паливоміра відноситься дистанційне керування, повна інтегрованість з ПЕОМ, пожежна- і вибухобезпека.

Діапазон вимірювань даного паливоміру за даними фірми-виробника становить 0...240 кг/год., похибка вимірювання – $\pm 0,12\%$ з довірчою ймовірністю 95%.

Основною перевагою вагових способів є висока точність вимірювань. Потрібно відмітити, що саме вага а не об'єм палива покладена в основу обчислення параметрів роботи дизеля (питомі витрати палива по позиціях, годинна витрата палива, що використовується в тягових розрахунках) і використовується в обліку витрати енергоресурсів. Тому усі способи, в основі

						Арк.
						29
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

яких покладено вимірювання об'єму а не ваги палива, вимагають перерахунку об'ємних одиниць в вагові через густину палива, що досить значно залежить від температури. Густина дизельного пального в залежності від температури коливається в межах 0,83...0,88 кг/м³. Якщо при перерахунку об'ємних одиниць в масові не враховувати зміну густини палива, то похибка вимірювання, що пов'язана лише зі зміною цього параметру може становити до 3%.

Крім того, лише такі способи на відміну від усіх інших дозволяють врахувати злив палива з колекторів паливних насосів високого тиску (ПНВТ) і з форсунок дизеля (так званого "відсічного" палива) використовуючи при цьому лише один вимірювальний пристрій. При застосуванні усіх інших способів потрібно або робити паливну систему тупиковою, перекриваючи трубопровід зливу палива з колекторів ПНВТ, або ставити два або й три вимірювальні пристрої (на всмоктування і на злив палива).

В першому випадку погіршуються умови роботи паливної системи, тому тривала робота локомотиву на такому режимі недопустима і крім того все одно не враховується "відсічне" паливо.

В другому випадку виникає необхідність застосування арифметичного логічного пристрою, що буде рахувати різницю між показами приладів, значно зросте похибка вимірювання і ускладниться система.

До недоліків описаних способів потрібно віднести застосування спеціальних перехідників і трубопроводів, як правило, гнучких. Застосування таких паливомірів на станціях реостатних випробувань пов'язане зі збільшенням часу на підготовку до випробувань, підвищеною пожежною небезпекою, незручностями в підключенні і обслуговуванні. За особистим досвідом авторів, перераховані причини при відсутності належного контролю з боку адміністрації депо приводять до формального відношення майстрів реостатних випробувань до вимірювання витрати палива. Як правило, в таких випадках вимірювання витрати не проводиться.

Найсуттєвішим недоліком способів, що приведені вище є неможливість їх застосування в умовах експлуатаційних поїздок, а необхідність в цьому велика,

						Арк.
						30
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

так як спостерігаються розбіжності між даними реостатних і експлуатаційних випробувань. Велике значення має також моментальне і постійне обчислення питомої витрати палива з виводом цієї інформації на пульт машиніста. Це дозволило б машиністу вибирати найоптимальніший режим роботи дизеля з точки зору економії енергоресурсів і оперативно діагностувати раптові несправності паливної апаратури [13].

Об'ємні методи.

Проектно-конструкторським бюро Головного управління локомотивного господарства (ПКБ ЦТ) колишнього СРСР був розроблений переносний паливомір ПР 1995.01. Вимірювання витрати палива записуються на стрічку швидкостеміра. Такі паливоміри вимірюють кількість рідини, що протікає по трубопроводу за певний проміжок часу і є об'ємними за принципом дії. Цей принцип заснований на сумуванні об'ємів рідини, що витіснені з вимірювальної (дозуючої) камери за певний час. Більш детально принцип роботи даного паливоміра приведений в [22]. Принципова схема паливоміра подана на рис.3.2.

За даними, що приведені в [22], точність вимірювання цим паливоміром досягає 0,5...0,8% (в залежності від режиму роботи дизеля), за даними [23] похибка цього лічильника становить $\pm 1\%$. Перед початком і після закінчення експлуатаційних випробувань паливомір тарують, використовуючи для цього типовий стенд для випробування паливопідкачуючих насосів. Зміною частоти обертання електродвигуна насосу створюються різні тиски і витрати палива, що дозволяє перевірити точність паливоміра у відповідності з режимами роботи дизеля. При таруванні знаходиться і фіксується положення нерухомих контактів, які повинні забезпечити видачу одного кілограму палива за хід поршня при усіх можливих значеннях його щільності.

Паливоміри подібного типу розроблені в лабораторіях багатьох інститутів залізничного транспорту бувшого СРСР. У одній з розробок в якості чутливого елемента в ньому використовується аксіально-поршневий гідромотор, що забезпечує вимірювання годинної витрати палива в межах 20-600 кг/год з високою точністю.

						Арк.
						31
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

повітряної емульсії [13]. Крім того, це ще більше спотворює покази паливоміра, так як вимірюється не об'єм палива, а об'єм емульсії. Як правило, в реальних умовах експлуатації важко забезпечити потрібну щільність з'єднань і утримання її на належному рівні до закінчення випробувань.

3.2 Принцип дії пристроїв непрямих вимірювань та розрахунків витрати палива.

Крім об'ємного і вагового методу для вимірювання витрати палива застосовуються ряд інших методів – ультразвукові, електромагнітні, в основу яких покладені властивості рідини і закони їх зміни.

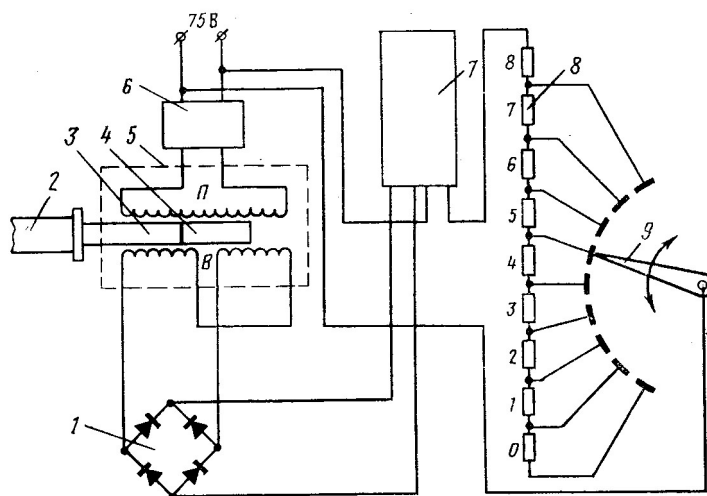
Перевагами даних способів є простота підключення – датчики навішуються на трубопровід подачі і зливу палива. Але прийнятні результати при вимірюванні таким способом можна отримати лише при забезпеченні сталого закону руху рідини по трубопроводу, сталих фізичних параметрах палива (густини, температури) і унеможливленні підсмоктування повітря (див. вище), що неможливо досягнути в умовах експлуатації. Датчики, які враховують приведені вище умови є надто дорогими і їх масове застосування економічно не вигідне.

Значний інтерес в даному аспекті представляють так звані методи непрямого вимірювання, в основу яких покладено не безпосереднє вимірювання витрати палива, а вимірювання величин, з якими витрата палива пов'язана відомим законом.

У бувшому СРСР був розроблений і випробуваний електричний паливомір для маневрових тепловозів, принцип дії якого заснований на непрямому методі вимірювання витрати палива тепловозним дизелем. В якості датчика витрати палива використаний плунжерний насос високого тиску. В наслідок того, що вихід рейки в деякому масштабі відповідає цикловій подачі палива, а кількість циклів пропорційно кількості працюючих насосів і частоті обертання колінчатого валу, то витрату палива в деякому масштабі можна визначити шляхом перемноження показів виходу рейки на частоту обертання валу.

						Арк.
						33
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Вихід рейки насоса і, відповідно, циклова подача палива в даному паливомірі перетворюються безконтактним датчиком в змінну напругу, яка пропорційна переміщенню рейки. Частота обертання валу дизеля моделюється величиною струму в спеціальному електричному колі в залежності від положення ручки контролера машиніста. В якості сумуючого приладу використовується лічильник електроенергії. Загальна принципова схема даного паливоміру приведена на рис.3.3.



1 – напівпровідниковий випрямляч; 2 – рейка паливного насосу; 3 – шток; 4 – осердя; 5 – індуктивний датчик; 6 – напівпровідниковий перетворювач; 7 – лічильник; 8 – блок резисторів; 9 – перемикач блоку резисторів.

Рисунок 3.3 – Принципова схема електричного паливоміру

Описаний паливомір механічно не пов'язаний з паливною системою і баком тепловозу, а лише підключений до рейки пульта керування. Лічильник паливоміра встановлюється в кабіні машиніста, що забезпечує безперервний контроль за витратою палива. Цей паливомір невеликий за розмірами, простий і зручний в експлуатації, але він має ряд суттєвих недоліків.

По перше, даний паливомір не враховує “відсічне” паливо, що зливається з форсунок.

						Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		34

По друге, залежність між подачею палива і виходом рейки паливних насосів не однакова для різних плунжерних пар. Навіть при регулюванні ПНВТ на стенді допускається деяке відхилення продуктивності секцій ПНВТ, а в процесі експлуатації ця різниця збільшується.

По третє, не можна говорити про сталість частоти обертання колінчатого валу дизеля на позиції. Частота обертання плаває, і сильно залежить від якості, типу і правильності настройки регулятора частоти обертів, тому тут не можна говорити про високу точність вимірювання.

Іншим методом визначення витрати палива є метод розрахунку. Він оснований на наступних положеннях. Данні, що характеризують якість використання палива дизелем тепловоза на кожному режимі (позиції), є паспортними, сталими для конструкції дизеля і питома ефективна витрата палива для кожного експлуатаційного режиму має найменші значення. Тобто, реєструючи значення потужності, яку розвиває дизель на позиціях, час його роботи на них з достатньою точністю можна розрахувати теоретичну витрату палива тепловозом за формулою:

$$B = \sum_{i=1}^n N_{ei} g_{ei} \Delta\tau_{ni} + b_x \Delta\tau_x + \sum_{j=1}^k B_j N_j, \quad (3.3)$$

де B – теоретична витрата палива тепловозом за зміну, кг;

N_{ei} – потужність дизеля на i -ій позиції, кВт;

g_{ei} – питома паспортна витрата палива дизелем на i -ій позиції при потужності N_{ei} ; кг/кВт·год;

$\Delta\tau_{ni}$ – час роботи дизеля на i -ій позиції при потужності N_{ei} , год;

b_x – питома паспортна витрата палива дизелем на холостому ході, кг/год;

$\Delta\tau_x$ – загальний час роботи тепловоза на холостому ході, год;

B_j – витрата палива при переході на j -ий режим роботи, кг;

N_j – кількість переходів на j -ий режим роботи.

						Арк.
						35
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Основи цього методу розроблені ще у бувшому СРСР і були рекомендовані для контролю за витратою палива в експлуатації і для оцінки теплотехнічного стану силової установки тепловоза. В якості параметра для такої оцінки може бути прийняте відношення фактичної витрати палива до розрахованої по паспортних даних в відповідності з фактичним завантаженням тепловозу [24]. В [25] приведена детальна методика визначення паливної ефективності дизеля в експлуатації на основі цього методу.

Науково-виробниче підприємство “Дніпротехтранс” взявши за основу приведений вище принцип виготовило і провело досліду експлуатацію бортової системи контролю витрати палива (БСКВТ) “Дельта”. Сучасні досягнення мікропроцесорної техніки дозволяють з високою точністю вимірювати потужність двигуна (з дискретизацією 16 раз в секунду) автоматично реєструвати режими роботи тепловозу (позиції, увімкнення електричних апаратів і реле) і на основі паспортних даних дизеля розраховувати в автоматичному режимі теоретичну витрату палива. Висока дискретизація дозволяє врахувати перехідні режими при переході з позиції на позицію, а також вводити поправки на технічний стан тепловозу і інші параметри.

При порівнянні теоретичної витрати з реальною, виміряною по паливному баку (що при вимірюванні за зміну дає прийнятну точність), можна оцінити зниження паливної ефективності дизеля в експлуатації і виявити причини, які до цього привели.

3.3. Пропозиція щодо впровадження технічних засобів розрахунку тягово-енергетичного паспорта локомотива у депо

Важливим фактором для розрахунку норм витрати палива є корекція тягово-енергетичного паспорта тепловоза, адже саме за ним встановлюється вихідна норма витрати дизельного палива. Особливо це актуально для локомотивного депо Ковель, інвентарний парк якого оновлюється модернізованими тепловозами М62, для яких тягово-енергетичні паспорта ще не розроблені.

						Арк.
						36
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Нами пропонується до впровадження на станції реостатних випробувань установки для вимірювання витрати дизельного палива (рис. 2.6), яка дозволяє визначити питому витрату дизельного палива на різних режимах роботи ДГУ, що є основою для побудови тягово-енергетичних паспортів локомотивів.

Установка складається з паливної колонки і з'єднувального трубопроводу (сталевих труб і гнучких рукавів).

Паливна колонка представляє собою зварний стіл 5, на якому розміщені паливний бак 4, мірний бак 9, ваги 8 і змонтований трубопровід з двома триходовими кранами 6 і 7. Для наповнення паливом мірного і паливного баків призначені труби 1 і 2. Мірний бак має кран 10 для зливу палива в головний бак. Останній обладнаний мірним склом 5 з ризику.

Паливну колонку пропонується розмістити в депо на місці проведення реостатних випробувань тепловозів. За допомогою гнучких рукавів вона приєднується до паливного трубопроводу тепловоза, рукоятка триходового крана 7 ставиться в положення «від тепловоза», а крана 6 - в положення «закрито». При такому положенні рукояток запускається дизель.

Паливо, засмоктуючись з паливного бака тепловоза, буде через трубопроводи 13, 12 і кран 7 перепускатися до паливних фільтрів грубої очистки, а надлишки палива по трубопроводу 11 і запобіжним клапаном зливатися в паливний бак тепловоза.

Далі мірний бак 9 поворотом рукоятки триходового крана 6 в положення «в бак на терезах» наповнюється паливом в кількості 15 кг. При переліві зайве паливо може бути злито через кран 10. Поворотом рукоятки крана 6 у положення «в бак» зливаються надлишки палива в бак 4.

Коли паливо заповнить приблизно 3/4 об'єму паливного бака 4, рукоятку крана 7 необхідно поставити в положення «від стенду». З цього моменту паливо до дизеля буде надходити з бака 4. В той момент, коли рівень палива в баку 4 перетне риску на мірному склі 3, включають секундомір. Потім відкривають кран 10 і заміряне паливо з бака 9 вилється в бак 4. Від цього рівень палива в баку 4 підвищиться вище риски.

						Арк.
						37
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Схема підключення до теплогазу
(1:30)

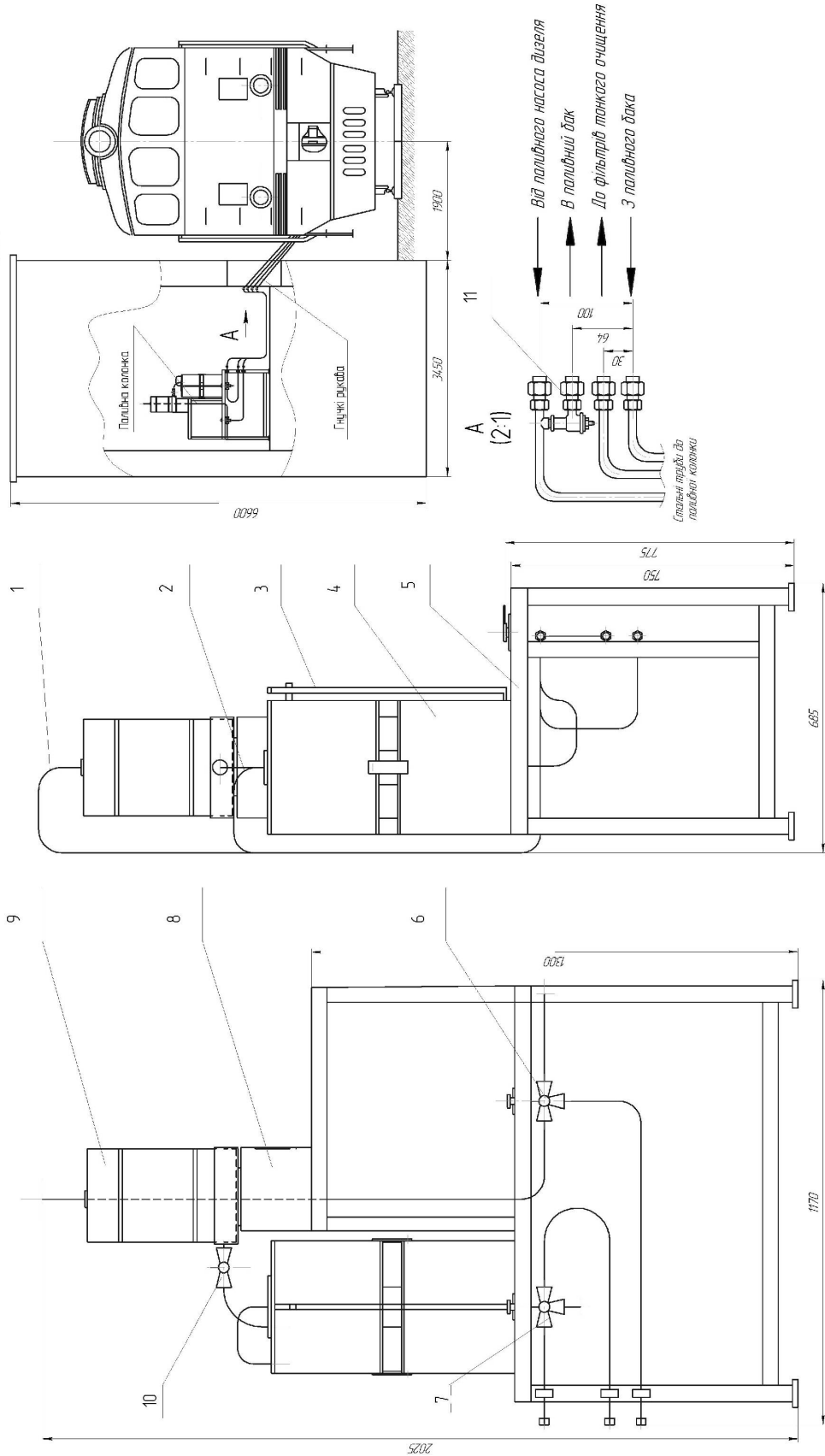


Рисунок 3.4 – Паливо-вимірвальний комплекс на станції реостатних випробувань:

1 – рукав №1; 2 – рукав до паливного баку; 3 – скло з вимірвальною шкалою; 4 – паливний бак; 5 – стілі; 6 – триходовий кран №1; 7 – триходовий кран №2; 8 – вага електронна; 9 – вимірвальний бак; 10 – кран для зливу палива; 11 – запобіжний клапан.

Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата
----	-------	---------	--------	------

Як тільки рівень палива знову перетне риску мірного скла, секундомір вимикають. Показаний ним час і є часом, за який дизель витратив 15 кг палива. Знаючи ефективну потужність дизеля, за показниками приладів пульта реостатних випробувань можна визначити витрату палива, в г/кВт·год.

Розроблене програмне забезпечення не усуває необхідності визначення таких параметрів ділянки, як величина «шкідливого» ухилу, час роботи дизеля під навантаженням та на холостому ході, коефіцієнт стояночного часу.

Крім того, на жаль, ще зустрічаються випадки, коли машиністи, відключаючи одну з секцій двохсекційного локомотива, «економлять» паливо і потім використовують на власні потреби.

Виходом з цього облаштування локомотивів автоматичними реєстраторами параметрів руху, принцип дії яких описаний вище.

						Арк.
						39
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

4. РОЗРАХУНОК НОМИ ВИТРАТИ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА ДЛЯ ТЯГОВОГО ПЛЕЧА

4.1 Вибір вихідних даних та встановлення вихідної норми

Проведемо розрахунок норми витрати дизельного палива для ділянки Ковель – Сарни. Вихідні дані для розрахунку наведені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Вихідні дані для розрахунку

Параметр	Значення
Серія та номер локомотива	2М62 №3446
Вага состава, тс	4476
Кількість вагонів	53
Кількість осей	212
Загальний час у русі згідно графіка руху поїздів, год	2,48
Загальна тривалість стоянок згідно графіка руху поїздів, год	0,36
Довжина ділянки, км	101
Наявність та маса порожніх вагонів	немає

Встановимо вихідну норму n_0 за тягово-енергетичним паспортом локомотива.

Середню швидкість руху визначимо за формулою

$$v_{cp} = \frac{L}{t_{заг} - t_{ст}}, \quad (4.1)$$

де L - довжина ділянки;

$t_{заг}$ - загальна тривалість поїздки;

$t_{ст}$ - загальна тривалість стоянок за поїздку.

						Арк.
						40
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$v_{cp} = \frac{101}{2,48+0,36} = 47,64 \text{ км/год.}$$

Шляхом інтерполяції даних встановимо вихідну норму n_0 за [3, табл. 15] при $v = 47,64$ км/год, $Q = 4476$ т

$$n_0 = 19,7 \text{ кг/10 тис ткм бр.}$$

4.2 Розрахунок нормоутворюючих факторів

Врахуємо вплив опору поїзда на величину норми. Оскільки усі вагони у поїзді чотиривісні, порожніх вагонів немає, приймемо коефіцієнт $k_w = 1$.

Врахуємо величину фактичного навантаження на вісь у поїзді. Навантаження на вісь у складі буде становити

$$q = \frac{Q}{n_{осей}}, \quad (4.2)$$

де Q - вага состава;

$n_{осей}$ - кількість осей, $n_{осей} = 212$.

$$q = \frac{4476}{212} = 21,11 \text{ т/вісь.}$$

Коефіцієнт k'_μ встановимо за [19, табл. 5.6]. Для $v = 47,64$ км/год та $q = 21,11$ т/вісь значення k'_μ знайдем шляхом інтерполяції даних:

$$k'_\mu = -0,091.$$

За формулою (2.7)

						Арк.
						41
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$\kappa_q = 1 + (-0,091) = 0,909.$$

Врахуємо складність профілю колії. Величину еквівалентного підйому визначимо за формулою (2.9) з використанням даних дослідної поїздки.

$$\sum i_c \cdot l_x = 29072.$$

Під час дослідної поїздки регульовальне гальмування з метою недопущення перевищення встановленої швидкості застосовувалось на трьох спусках, тобто три елементи є шкідливими. Параметри даних елементів, та величина основного питомого опору поїзда на них, яка прийнята по даних [26], наведені у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Характеристики шкідливих спусків ділянки Ковель-Сарни

$i_{ш}, \%$	$l_{ш}, \text{м}$	$V_{ш}, \text{км/год}$	$\omega_{ш}, \text{Н/кН}$
-1,4	150	45	1,27378
-0,3	350	35	1,136405
-1,5	200	40	1,202132

Тоді еквівалентний підйом без врахування відносної роботи сил інерції поїзда.

$$i_e = \frac{29072 + (-1,4 - 1,3) \cdot 150 + (-0,3 - 1,1) \cdot 350 + (-1,5 - 1,2) \cdot 200}{101000} = 0,282 \%$$

Величину відносної роботи сил інерції поїзда визначимо згідно [19, табл. 6.1], використавши метод інтерполяції.

Для ухилу $i = 0,282\%$ величина $\Delta i_i = 0,215$.

Тоді, з врахуванням величини Δi_i

						Арк.
						42
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$i_e = 0,282 - 0,215 = 0,07.$$

Коефіцієнт α для вантажних поїздів приймемо згідно [19, табл. 6.4] використавши метод інтерполяції даних. Для $V = 47,64$ км/год $\alpha = 0,489$.

Значення коефіцієнта C_a визначимо згідно [3, табл. 6.5] використавши метод інтерполяції даних. Для $q = 21,11$ т/вісь

$$C_a = 1,07.$$

Значення K_i за формулою (2.10),

$$k_i = 1 + 0,489 \cdot 1,07 \cdot 0,07 = 1,04.$$

Врахуємо вплив температурних умов. Згідно даних, що отримані під час дослідної поїздки середньодобова температура оточуючого повітря склала $+22,3^{\circ}\text{C}$.

Температурний коефіцієнт k_t визначимо згідно [19, табл.7.1] шляхом інтерполяції даних. Для $\tau = +22,3^{\circ}\text{C}$ $k_t = 0,979$.

Врахуємо вплив технічного стану локомотива.

Тепловоз 2М62 №3446 та його пробіг між черговими деповськими ремонтами ПР-3 має пробіг від КР-2 457245 км (секція А) та 446583 км (секція Б). Пробіг від ПР-3, який був єдиним після КР-2, складає 196977 км (секція А) та 161210 км (секція Б). Тоді згідно [19, табл.8.1] $k_{m.c.} = 1,126$.

Врахуємо додаткові витрати палива, які пов'язані з зупинками поїзда.

Розкладом руху вантажних поїздів по дільницях Рівненської дирекції залізничних перевезень на 2011-2012 р.р. для вантажного поїзда № 3020 встановлено дві графікові зупинки. Тоді, за формулою (2.11)

$$Z = 100 \cdot 2 / 101 = 1,98.$$

						Арк.
						43
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Значення Δn_m визначимо з [19, табл.9.3] шляхом інтерполяції даних: Для $v = 47,64$ км/год, $Q = 4476$ т $\Delta n_T = 0,92$.

Врахуємо витрати на роботу дизеля у режимі холостого ходу.

Величину коефіцієнта κ_x приймемо з [3, табл. 10.1] шляхом інтерполяції даних: для $v = 47,64$ км/год та $i_e = +0,07$ ‰ $\kappa_x = 0,296$.

Врахуємо витрати палива, пов'язані з холостим ходом дизеля під час стоянок. Спочатку визначимо величину відносної годинної витрати палива на холостий хід n_x згідно [19, табл. 10.2] шляхом інтерполяції даних. для $v = 47,64$ км/год, $Q = 4476$ т, $n_x = 2,16$.

Значення коефіцієнта κ'_x визначимо за формулою (2.12). У локомотивному депо Ковель глушіння дизелів тепловоза під час стоянок на проміжних станціях заборонено. Виходячи з цього приймемо $\delta_x = 1$; $t_{cm} = 0,36$; $t_0 = 2,48$.

$$\kappa'_x = 1 \cdot \frac{0,36}{2,48} = 0,145.$$

Коефіцієнт стояночного часу Θ_c у цьому випадку буде дорівнювати коефіцієнту κ'_x .

$$\Theta_c = \kappa'_x = 0,145.$$

4.3 Встановлення технічної норми та абсолютної витрати дизельного палива на поїздку

Технічна норма витрати дизельного палива на поїзд № 3020 на ділянці Ковель-Сарни визначиться за формулою (2.1)

$$n = 19,7 \cdot 1 \cdot 0,909 \cdot 1,04 \cdot 0,979 \cdot 1,126 + 1,98 \cdot 0,92 + 0,296 \cdot 2,16 + 0,145 \cdot 0,145 \cdot 2,16 = 22,97 \text{ кг/10}^4 \text{ ткм бр.}$$

						Арк.
						44
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Розрахуємо абсолютну витрату палива за формулою

$$B' = \frac{n \cdot L \cdot Q}{10^4}, \text{ кг} \quad (4.3)$$

$$B' = \frac{22,97 \cdot 101 \cdot 4476}{10^4} = 1038 \text{ кг.}$$

Прийнявши густину дизельного палива $\rho = 0,84$ кг/л отримаємо

$$B = \frac{B'}{\rho}, \text{ л} \quad (4.4)$$

$$B = \frac{1038}{0,84} = 1236 \text{ л.}$$

Як видно з результатів розрахунку, прийнятий порядок нормування витрати дизельного палива має наступні недоліки:

- значний об'єм ручних обчислень, які пов'язані з необхідністю інтерполювання табличних даних;
- необхідність проведення багатьох дослідних поїздок для встановлення і постійної корекції нормоутворюючих факторів;
- складність розрахунку величини «шкідливих» спусків, тобто спусків, на яких необхідно застосовувати гальмування.

Вказані недоліки приводять до того, що у депо не надають належної уваги чіткому встановленню та постійній корекції нормоутворюючих факторів. Крім того, результати, які отримані при дослідних поїздках, часто не вірно відображають реальну ситуацію внаслідок наявності так званого «людського фактора».

						Арк.
						45
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Незважаючи на значний внесок вітчизняних та закордонних учених у питання ефективного використання енергоресурсів питання підвищення паливної ефективності тепловозів залишається актуальним. Важливим фактором підвищення паливної ефективності є раціональне, науково-обгрунтоване нормування витрати дизельного палива.

Однак, аналіз затвердженого у нормативних документах АТ «Укрзалізниця» порядку нормування витрати дизельного палива показав, що він має наступні недоліки:

- значний об'єм ручних обчислень, які пов'язані з необхідністю інтерполювання табличних даних;
- необхідність проведення багатьох дослідних поїздок для встановлення і постійної корекції нормоутворюючих факторів;
- складність розрахунку величини «шкідливих» спусків, тобто спусків, на яких необхідно застосовувати гальмування.

Вказані недоліки приводять до того, що у депо не надають належної уваги чіткому встановленню та постійній корекції нормоутворюючих факторів. Крім того, результати, які отримані при дослідних поїздках, часто не вірно відображають реальну ситуацію внаслідок наявності так званого «людського фактора».

Важливим питанням при встановленні норм витрати дизельного палива є його облік як під час поїздок так і під час теплотехнічних випробувань. Аналіз способів вимірювання витрати палива показав наступне.

Найточніші методи вимірювання витрати палива – вагові, але вони або не можуть бути застосовані при експлуатаційних випробуваннях або надто дорогі з точки зору економічної ефективності їх застосування.

Об'ємні методи вимірювань мають нижчу точність, можуть застосовуватись при експлуатаційних випробуваннях але необхідність переробки паливної системи за тупиковим типом не дозволяє застосовувати такі паливоміри в постійній експлуатації тепловозів. Постановка декількох датчиків (для

						Арк.
						46
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

врахування зливу палива з паливних колекторів ПНВТ і з форсунок) понижує точність вимірювань і робить такі системи економічно не вигідними. Це ж можна сказати і про ультразвукові, електромагнітні і інші методи вимірювань – вони або надто дорогі або не забезпечують необхідну точність вимірювань, бо розраховані на сталі характеристики палива.

І взагалі, в умовах експлуатації вимірювання реальної витрати палива без порівняння її з теоретичною, тобто мінімально можливою, недоцільне, так як не дозволяє зробити ніяких висновків. В цьому аспекті майбутнє мають системи розрахунку мінімально можливої витрати палива з врахуванням умов експлуатації, що дозволяють не лише контролювати витрату палива але й визначати теплотехнічний стан дизеля і ряд інших діагностичних показників.

Для покращення ситуації з нормуванням дизельного палива рекомендується наступне:

- розробити програмне забезпечення, яке автоматизує процес розрахунку базової норми витрати дизельного палива та нормоутворюючих факторів;
- провести необхідні дослідження і внести до Інструкції [19] необхідні дані щодо нових типів локомотивів а також виправити похибки та неточності;
- обладнати станцію реостатних випробувань депо автоматизованим паливовимірювальним комплексом, що дозволить уточнювати паливо-енергетичні паспорти локомотивів;
- обладнати локомотиви системами автоматичної реєстрації параметрів руху тепловозів (Дельта-СУ, чи аналоги) та забезпечити автоматичний аналіз даних і передачу їх до програмного забезпечення по нормуванню, що дозволить коригувати значення нормоутворюючих факторів у постійному режимі, а не у результаті дослідних поїздок.

Таким чином, у дипломній роботі вирішено питання підвищення ефективності використання тепловозів у депо шляхом удосконалення методів нормування дизельного палива з використанням систем автоматизованого обліку параметрів руху поїзда, що входять до нормоутворюючих факторів, тобто мета роботи досягнута.

						Арк.
						47
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Айзинбуд, С. Кельперис П.И. Эксплуатация локомотивов / С.Я. Айзинбуд, П.И. Кельперис // 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1990. – 226 с.
2. Молярчук, В. Теоретические основы методики нормирования расхода топлива и электроэнергии для тяговых средств транспорта / В.С. Молярчук // М.: Транспорт, 1966. - 264 с.
3. Толкачев, А.В. Расчет дифференцированных норм расхода топлива тепловозами // Труды ТашИИТа – 1979. – №163. – С.8-15.
4. Шеянов В.В., Толкачев А.В., Беленький А.Д., Бобылев П.М. Техническое нормирование расхода топлива на тягу поездов // Железнодорожный транспорт. – 1975. - №3. - С. 46-48.
5. Володин А.И., Хуторянский Н.И. Совершенствование прогнозирования и нормирования расхода электроэнергии и топлива локомотивами на выполнение перевозочной работы // Пробл. соверш. системы тяг. электроснабж. подвижн. состава ж.д. – М., - 1988. - С. 40-46.
6. Дробаха В.И., Котов В.В. Оценка влияния некоторых особенностей эксплуатации тепловозов на удельный расход топлива / Депонир. в ЦНИИТЭИ МПС 15.11.91. № 5516.
7. Сергієнко М.І., Дробаха В.І., Котов В.В. Проблеми нормування витрат енергоносіїв на тягу поїздів // Залізничний транспорт України. - 2003. – №2.– С. 11-13.
8. Чойжилжавын Суренхарлоо. Методика нормирования расхода топлива на тягу поездов применительно к условиям МНР: Дисс.. ... канд.техн.наук: 05.22.07. / Ленинград, 1989. - 130 с.
9. Schobel K., Michalak P. Energiverbrauchsnormative fur Triebfahrzeugfuehrer // Eisenbahnpraxis. - 1990. - №1. – P. 26-28.
10. Дробаха В.І. Удосконалення обліку та нормування витрат дизельного палива на тягу поїздів: Дис. ... канд. техн. наук: 12.11.04. – Харків, 2004. - 174 с.

						Арк.
						48
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

11. Дробаха В.І., Котов В.В. Вірогідність методик нормування витрати дизельного палива на тягу поїздів // Зб. наук. праць Укр. ДАЗТ - 2003. – С. 16-26.
12. Дробаха В.І. Удосконалення системи нормування витрати електроенергії і палива локомотивами на тягу поїздів. // Збірник праць КУЕТТ. Серія „Транспортні системи і технології”, Київ – КУЕТТ – 2003. Вип. 1-2. С.51-53.
13. Болжеларський Я.В., Джус В.С, Гончар І.М. Пристрої вимірювання витрати палива тепловозними дизелями. // Збірник науково-технічних праць. Українського державного лісотехнічного університету. - 2004. – Вип.. 14.7. - С. 317-325.
14. Боднар Б.Є., Болжеларський Я.В. Математична модель визначення годинної витрати палива маневровими тепловозами // Тезиси докл. на втор. междунар. науч.-практ. конф. „Внедрение наукоемких технологий на магистральном и промышленном железнодорожном транспорте” .- Алушта: 2006. – С. 17.
15. Гончаров О.М., Болжеларський Я.В. Шляхи визначення потужності допоміжних агрегатів тепловоза ЧМЕЗ на неномінальних режимах роботи // Тези доп. 3-ї наук.-практ. конф. „Техніка, технологія, економіка та управління. Серія Техніка, технологія. Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем” – Київ: КУЕТТ, 2005. – С. 28-30.
16. Бондар Б.Є., Болжеларський Я.В. Визначення необхідної кількості піврейсів для виконання заданого об'єму роботи маневровими локомотивами на пасажирській станції // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. ак. Лазаряна. – 2006. – Вип. 11. – С. 112-115.
17. Болжеларський Я.В., Шелковий О.В. Системи контролю експлуатації та діагностики тепловозів // Вісник Східноукраїнського національного університету. Серія Транспорт. – 2001. – №7 (41). - С. 125-131.

						Арк.
						49
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

18. Болжеларський Я.В., Гончаров О.М. Досвід і проблеми нормування палива на маневрову роботу в умовах Львівської залізниці // Залізничний транспорт України. – 2007. - № 2. – С. 71-72.
19. Інструкція по технічному нормуванню витрат електричної енергії і палива локомотивами на тягу поїздів. ЦТ-0059: Затв. Наказом Укрзалізниці № 62Ц від 5.03.03. – К., 2003. – 123 с.
20. Методичні рекомендації з нормування питомих витрат паливо-енергетичних ресурсів / Міністерство транспорту України – Київ – 2001. - 48 с.
21. Методика розрахунку норм витрат дизельного палива і електроенергії на тягу поїздів: Затв. Наказом Укрзалізниці № 113-Ц від 09.06.04. – К., 2004. – 60 с.
22. Экономия топлива и теплотехническая модернизация тепловозов. Хомич А.З., Тупицын О.И., Симсон А.Э. М.: Транспорт, 1975, 264 с.
23. Испытания локомотивов и выбор рациональных режимов вождения поездов. Под. ред. С.И. Осипова. М.: Транспорт, 1975, 272 с.
24. Пушкарев И.Ф., Пахомов Э.А. Контроль и оценка технического состояния тепловозов. М.: Транспорт, 1985, 160 с.
25. Эффективность и вспомогательные режимы тепловозных дизелей. Хомич А.З., М.: Транспорт, 1979, 144 с.
26. Гребенюк, П.Т., Тяговые расчеты: Справочник / П.Т. Гребенюк, А.Н Долганов, А.И. Скворцова // Под. ред. П.Т. Гребенюка. – М.: Транспорт, 1987. – 272 с.

						Арк.
						50
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		