

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет залізничного транспорту

ТРИХЛІБ ОЛЕКСІЙ ДМИТРОВИЧ



УДК 629.424:681.3.08

**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ВИТРАТ ДИЗЕЛЬНОГО  
ПАЛИВА МАНЕВРОВИМИ ТЕПЛОВОЗАМИ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі експлуатації та ремонту рухомого складу в Українському державному університеті залізничного транспорту Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Тартаковський Едуард Давідович**  
Український державний університет залізничного транспорту, кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу, завідувач кафедри

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Капіца Михайло Іванович**,  
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. В. Лазаря на, кафедра локомотивів та локомотивного господарства, завідувач кафедри;

кандидат технічних наук, доцент  
**Могила Валентин Іванович**,  
Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, кафедра залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин, професор.

Захист відбудеться «29» червня 2017 р. о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 в Українському державному університеті залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Українського державного університету залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7.

Автореферат розісланий «24» травня 2017 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради



А. В. Прохорченко

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Залізничний транспорт є одним із найбільших споживачів паливо-енергетичних ресурсів (ПЕР) країни. За даними 2016 р. на всі потреби залізничного транспорту витрачено 1,6 млн тонн палива в умовному обчисленні.

Реалізація основних задач, визначених у Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року, вимагає вдосконалення системи споживання ПЕР на основі ефективного моніторингу, обліку та аналізу енергоспоживання із застосуванням сучасних інформаційних технологій та технічних засобів.

Одним з важливих напрямків енергозбереження є об'єднання в єдиний комплекс бортових і стаціонарних систем контролю витрат палива, що дасть змогу не тільки удосконалити систему обліку, але й розширити її можливості, скоротити технологічні втрати й виключити несанкціонований відбір нафтопродуктів, вважаючи, що парк маневрових тепловозів складає більш ніж 65 % всього парку тепловозів Укрзалізниці.

У зв'язку з цим, особливої актуальності набуває наукове дослідження, спрямоване на розроблення науково-методичного забезпечення комплексної автоматизованої системи удосконалення контролю за витратами дизельного палива парку маневрових тепловозів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана відповідно до Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010–2019 роки, затвердженої Кабінетом Міністрів України, стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 р., що схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 р. № 1555-р, а також науково-дослідних робіт: «Розробка технології технічного обслуговування та поточних ремонтів тепловозів з застосуванням безрозбірної технології очищення паливних систем та циліндро-поршневої групи дизельних двигунів тепловозів» (№ ДР 0112U007155), «Розробка дослідного зразка пристрою для обробки дизельного палива для покращення умов роботи паливної апаратури тепловозних дизелів» (№ ДР 0111U007697), «Дослідження та обґрунтування методів організації роботи паливно-складського господарства та його обладнання на залізничному транспорті» (№ ДР 0111U005643).

**Метою і задачами дослідження,** проведеного в дисертаційній роботі, є підвищення ефективності використання енергоресурсів на основі удосконалення системи контролю витрат дизельного палива маневровими тепловозами в умовах експлуатації на залізницях України.

Відповідно до мети в дисертації було поставлено такі задачі:

- проаналізувати умови функціонування баз палива, екіпірувальних пунктів і маневрових тепловозів як основних складових у вищенаведеному ланцюзі технологічних операцій, пов'язаних зі споживанням палива;

- дослідити відомі системи й технічні рішення щодо контролю витрат палива на етапах його технологічного використання в експлуатації з метою визначення резервів для скорочення витрат палива маневровими тепловозами;

- визначити структуру комплексної інформаційно-аналітичної системи для автоматизації виміру, обліку, аналізу та контролю за витратами дизельного палива і сформулювати вимоги до основних структурних складових: складських систем контролю (ССК), систем видачі нафтопродуктів (СВН), систем виміру палива (СВП), бортових систем реєстрації (БСР), стаціонарних підсистем обробки даних (СПОД);

- оцінити точність і періодичність виміру кількості палива на етапах його зберігання та споживання при експлуатації маневрових тепловозів Укрзалізниці;

- удосконалити метод виміру кількості палива в баці тепловоза, з урахуванням чого розробити нове конструктивне рішення датчика рівня палива, а також корегування обробки інформації про вимірювання кількості палива при стохастичних коливаннях рівня палива в паливних баках тепловоза;

- визначити набір параметрів роботи тепловоза і його дизель-генераторної установки, замір яких забезпечує кількісний і якісний опис виконаної експлуатаційної роботи й відповідні їй енерговитрати;

- розробити стаціонарну підсистему на основі програмного забезпечення, що надає можливість в автоматизованому режимі зчитувати дані щодо реєстрації вимірної витрати палива та проводити аналіз і контроль витрат палива;

- виконати техніко-економічну оцінку запропонованих розробок.

*Об'єкт дослідження* – процес контролю витрати дизельного палива маневровими тепловозами в експлуатації.

*Предмет дослідження* – методи та системи контролю витрати дизельного палива маневровими тепловозами в експлуатації.

**Методи дослідження.** Теоретична частина роботи ґрунтується на методах математичної статистики, планування експерименту, математичного моделювання. Обробка й вибір основних параметрів комплексної автоматизованої системи контролю витрат дизельного палива (КАСК ДП) ґрунтувалися на варіантному дослідженні вузлів, систем та порівнянні їхніх показників як у стаціонарних умовах, так і на маневрових тепловозах в експлуатації. Кількісні оцінки, настроювання й тестування алгоритмів проведені за допомогою сучасних методів автоматизації вимірів і обробки даних. При обробці й аналізі експериментальних даних використовувалися методи теорії імовірності й математичної статистики.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає у науковому обґрунтуванні удосконалення контролю витрат дизельного палива у виробничому процесі маневрових тепловозів на залізницях України.

*Вперше:*

- обґрунтована й розроблена модель технологічного процесу автоматичного виміру й комплексного обліку кількості палива в ємностях для його зберігання та використання (у т. ч. у баці тепловоза), проведена оцінка точності контролю;

- розроблено адаптовану до умов експлуатації маневрових тепловозів модель визначення похибки об'ємно-масового методу статичного виміру маси дизельного палива.

*Доопрацьовано:*

- метод визначення похибки обробки інформації щодо вимірювання витрат палива тепловозами із системами контролю, які фіксують навантаження та стохастичні коливання рівня палива в баці тепловоза при експлуатації;
- оцінку технічного стану та паливної економічності тепловозів з використанням методу Херста й фрактального аналізу;
- визначено залежність точності контролю витрат палива маневрових тепловозів в експлуатації від густини палива в баці тепловоза.

*Набуло подальшого розвитку:*

- на підставі розрахунку й оцінки показника Херста за часовим рядом паливної економічності маневрових тепловозів організацію корегування міжремонтних періодів й регулювання їх паливної апаратури;
- сформовано комплекс необхідних контрольних параметрів роботи маневрового тепловоза та обрано спосіб розрахунку витрат палива в експлуатації на основі цих параметрів.

**Практичне значення одержаних результатів.** Основні результати, отримані в даній роботі, реалізовані у впровадженій у ПАТ «Укрзалізниця» автоматизованій системі контролю витрат палива тепловозами «БІС-Р», «БІС-Рм», а також у системах обліку і контролю руху палива в резервуарних парках. Розроблений алгоритм й відповідне програмне забезпечення стаціонарної підсистеми обробки даних реєстрації параметрів палива та роботи маневрового тепловоза забезпечує автоматизований контроль витрат палива, а також фіксацію основних параметрів робочого процесу тепловоза, що дають змогу оцінити його технічний стан. Розроблений методичний апарат використовується в рамках технічного, інформаційного й програмного забезпечення АСУ технологічними об'єктами зберігання й реалізації дизельного палива в локомотивному господарстві. Запропонована методика корегування вихідних характеристик дизель-генераторної установки (ДГУ) дозволяє врахувати її поточний теплотехнічний стан при визначенні розрахункової величини витрат і формуванні норм витрат дизельного палива.

Матеріали дисертації використовуються при викладанні основних дисциплін спеціалістам та магістрам кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ), у дипломному проектуванні. Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, які наведені в додатках до роботи.

**Особистий внесок здобувача.** Результати, що становлять основний зміст дисертаційної роботи, отримані автором самостійно. Всі дослідження проводились в УкрДУЗТ. У роботах, що опубліковані у співавторстві, автору у нижченаведених статтях належить:

[1] – обґрунтовано вибір системи, що забезпечує надійне й достовірне вимірювання рівня дизельного палива;

[2] – проаналізовано основні техніко-економічні складові оцінки ефективності автоматизованих систем обліку витрати палива;

[6] – показано основні конструктивні особливості вимірювальної системи "БІС-Рм" та охарактеризовано ряд її нових функцій;

[7, 8] – запропоновано теоретичні залежності для визначення умов ефективності використання систем контролю і організації моніторингу технічного стану тепловоза;

[9] – наведено результати практичного впровадження систем «БІС-Р» на маневрових тепловозах.

**Апробація результатів дисертації.** Матеріали й результати дисертації доповідалися, обговорювалися та одержали позитивну оцінку на III Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології на залізничному транспорті» – м. Тель-Авів (Ізраїль), 2012 р.; на 75-й Міжнародній науково-технічній конференції Української державної академії залізничного транспорту – Харків, УкрДАЗТ, 2013 р.; на VI Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології» – Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2013 р.; на VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми економіки и управління на залізничному транспорті», – Судак, ЄКУЖТ, 2013 р., на технічних нарадах в Укрзалізниці, в управлінні регіональної філії «Південна залізниця».

Дисертацію в повному обсязі розглянуто і схвалено на розширеному засіданні кафедри "Експлуатація та ремонт рухомого складу" (ЕРРС) УкрДУЗТ за участю членів спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04, а також на розширеному засіданні кафедри «Охорона праці та безпека життєдіяльності» Харківського національного університету міського господарства ім. О. М. Бекетова.

**Публікації.** За темою дисертаційної роботи опубліковано 14 наукових праць, у тому числі 8 наукових статей (три з них без співавторів), у фахових наукових виданнях, затверджених МОН України, з яких 1 стаття у журналі, що включений до міжнародної наукометричної бази, а також 4 тези доповідей, що відображають основний зміст дисертаційної роботи.

**Структура і обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

Повний обсяг дисертації складає 180 сторінок, з них основного тексту 160 сторінок, 34 рисунки (з них 10 на окремих сторінках), 17 таблиць (з них 4 на окремих сторінках), список використаних джерел налічує 127 найменувань на 13 сторінках і 2 додатків на 7 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету, основні задачі, методи проведення досліджень, визначено наукову новизну та практичну цінність результатів роботи, наведено відомості про їх реалізацію й апробацію. Відзначено істотний внесок у вивчення питань

контролю, обліку та аналізу витрати палива в процесі експлуатації тепловозів відомих вчених: Б. Е. Боднара, Т. В. Бутько, Р. К. Гизатулліна, О. Л. Голубенка, А. В. Гріщенко, В. І. Дробахи, М. І. Капіци, Ю. Є. Калабухіна, Є. Є. Коссова, Т. Ф. Кузнецова, В. Д. Кузьміча, І. К. Лакіна, В. І. Могили, Л. А. Мугінштейна, С. В. Мямліна, В. О. Полянського, Е. Д. Тартаковського, А. П. Фалендиша, С. Я. Френкеля і багатьох інших.

Зазначено, що ефективність обліку, контролю, нормування і аналізу витрат палива тепловозами в експлуатації може бути підвищена шляхом удосконалення контролю витрат палива в паливно-складському господарстві, застосування сучасних засобів виміру витрат палива і параметрів роботи локомотива, автоматизації процесів виміру та реєстрації, нових алгоритмів обробки даних в умовах локомотивного депо.

Намічено шляхи вдосконалювання методів контролю за витратами дизельного палива маневровими тепловозами, які експлуатуються на залізницях України, подано основні положення, що виносяться на захист.

*У першому розділі* проаналізовано стан локомотивного господарства в інфраструктурі залізничного транспорту, розглянуто структуру керування локомотивним господарством, ступінь автоматизації технологічних процесів. Зазначено, що одним з ключових напрямків розвитку даної структури є створення єдиної корпоративної системи управління придбанням і використанням енергоресурсів.

У зв'язку з цим задача використання комплексної автоматизованої системи контролю витрат дизельного палива (КАСК ДП) є актуальною. Водночас її реальна ефективність може бути досягнута при істотному доопрацюванні й розширенні функціональних можливостей даної системи.

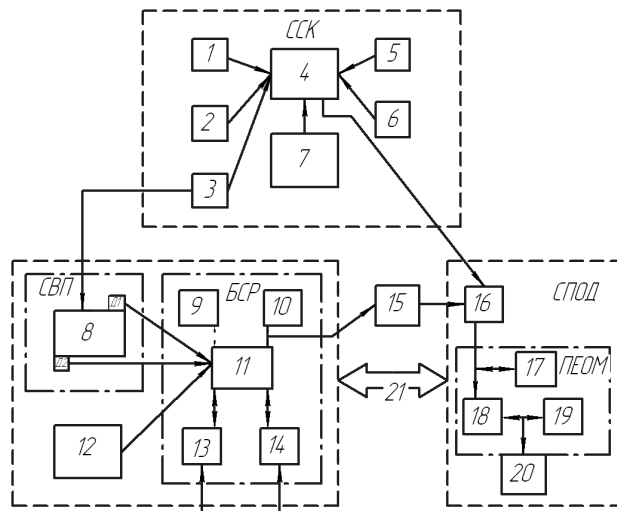
Склад її елементів і їхній функціональний зв'язок подано на рисунку 1.

Розглянуто умови функціонування об'єктів паливовикористання. Аналіз збитків дизельного палива на нафтобазах показує, що більш 60 % від їхнього обсягу відбувається через перевитрати нафтопродуктів понад установлені норми в технологічних процесах, а близько 30 % становлять втрати через недосконалість вимірювальних приладів і системи кількісного обліку.

Проведено дослідження й розроблено класифікацію втрат нафтопродуктів. Розроблено технологію розрахунку технологічних втрат за кожним об'єктом резервуарного парку. Проаналізовано основні характеристики дизельного палива, які впливають на точність визначення його кількості при проведених вимірах.

Наведено результати дослідження впливу на точність вимірів обсягів паливних баків тепловозів і кута нахилу їх щодо горизонтального положення. Сформульовані основні напрямки подальших досліджень.

*Другий розділ* присвячений аналізу методів виміру й обліку кількості палива. Практична суть комплексної системи обліку витрат дизельного палива полягає в забезпеченні контролю за зміною рівня палива, що міститься в різних ємностях (від залізничної цистерни до резервуара нафтобази і паливного бака тепловоза).



ССК – складські системи контролю; СВП – система виміру палива;  
 БСР – бортова система реєстрації; СПОД – стаціонарна підсистема  
 обробки даних; 1 – система технологічного відеоспостереження; 2 – система  
 сигналізації витoku нафтопродуктів з резервуара; 3 – система автоматичної  
 ідентифікації рухомого складу на складі; 4 – підсистема обробки даних на  
 базах палива; 5 – установка зливу нафтопродуктів із залізничних цистерн;  
 6 – система виміру параметрів нафтопродуктів у резервуарах; 7 – система  
 видачі нафтопродуктів на тягові й нетягові потреби; 8 – паливний бак;  
 9 – блок живлення; 10 – убудований модуль пам'яті; 11 – центральний  
 контролер; 12 – параметри роботи тепловоза; 13 – клавіатура; 14 – індикатор;  
 15 – переносний модуль пам'яті; 16 – модуль зчитування даних; 17 – архів;  
 18 – програмний модуль розцифровки; 19 – база даних; 20 – результат  
 обробки даних; 21 – безпроводний зв'язок

Рисунок 1 – Комплексна удосконалена система контролю й обліку витрат  
 дизельного палива

Обґрунтовано вибір датчиків ємнісного типу для використання в системах контролю рівня палива при експлуатації тепловозів. Зазначено, що використання ємнісних датчиків забезпечує надійне і достовірне вимірювання рівня дизельного палива, а також сприяє не тільки підвищенню точності і оперативності контролю, але і виключає вплив людського чинника з процесу обліку, розподілу нафтопродуктів та його схоронності.

Використання кожного з існуючих методів контролю пов'язане з тим, що в результаті проведення вимірювань виникають похибки виміру, які утворюються, у першу чергу, внаслідок того, що умови вимірів не залишаються постійними протягом фізичного процесу виміру. Важливою умовою малої похибки виміру будь-якого параметра є облік максимальної по можливості кількості факторів, що впливають у ході визначення на достовірність інформації, яка збирається.

Похибки виміру розділені на п'ять класифікаційних груп (умовних, взаємозамінних понять у конкретній вимірювальній ситуації).



Якість дослідження істотно визначається тим, наскільки вдається послабити (або компенсувати) вплив джерел похибок на результат виміру.

З ряду технічних та обумовлених практикою причин у процесі експлуатації локомотивів найбільше розповсюдження отримав посередній об'ємно-масовий динамічний метод вимірювання. Цей метод припускає вимірювання об'ємної витрати і густини палива окремими пристроями.

Математичний опис відпущеного (прийнятого) нафтопродукту може бути здійснений у такий спосіб

$$m = m_i - m_{i+1} = V_i \cdot (1 + 2\gamma\delta_{\text{ст}}) \cdot \rho_i \cdot (1 + \beta\delta_{\text{т}}) - V_{i+1} \cdot (1 + 2\gamma\delta_{\text{ст}(i+1)}) \cdot \rho_{i+1} \cdot (1 + \beta\delta_{\text{т}(i+1)}), \quad (1)$$

де  $m$  – маса палива, кг;

$m_i, m_{i+1}$  – маса палива відповідно на початку й кінці видаткової операції, кг;

$V_i, V_{i+1}$  – обсяги нафтопродукту відповідно на початку й кінці видаткової операції, обумовлені за градуйованою таблицею ємності, у якій перебувало паливо,  $\text{м}^3$ ;

$\rho_i, \rho_{i+1}$  – середні щільності дизельного палива відповідно на початку й кінці контрольної операції,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\gamma$  – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу стінок ємності, у якій перебувало паливо,  $1/^\circ\text{C}$ ;

$\delta_{\text{ст}} = (t_v - t_{\text{ГР}})$  – різниця температур стінок паливного бака при вимірі обсягу ( $t_v$ ) і при градуїровці ( $t_{\text{ГР}}$ ),  $^\circ\text{C}$ ;

$\delta_{\text{т}} = (t_p - t_v)$  – різниця температур палива при вимірюванні густини ( $t_p$ ) і об'єму ( $t_v$ ),  $^\circ\text{C}$ ;

$\beta$  – коефіцієнт об'ємного розширення дизельного палива,  $1/^\circ\text{C}$ .

Похибка визначення маси нафтопродукту, згідно з ГОСТ 26976-86, описується таким виразом:

$$\Delta m = \pm 1,1 \sqrt{\frac{m_i^2}{m^2} \left[ \left( \frac{\Delta H}{H_i} \cdot 100 \right)^2 + \Delta K^2 + \Delta \rho^2 + \left( \frac{\beta \Delta \delta_{\text{т}}}{1 + \beta \delta_{\text{т}}} \cdot 100 \right)^2 \right] + \frac{m_{i+1}^2}{m^2} \left[ \left( \frac{\Delta H}{H_{i+1}} \cdot 100 \right)^2 + \Delta K^2 + \Delta \rho^2 + \left( \frac{\beta \Delta \delta_{\text{т}(i+1)}}{1 + \beta \delta_{\text{т}(i+1)}} \right)^2 \right] + \Delta M^2}, \quad (2)$$

де  $H$  – рівень нафтопродукту в ємності, м;

$\Delta H$  – абсолютна похибка виміру рівня наповнення нафтопродукту, м;

$\Delta K$  – відносна похибка градуювання резервуара, %;

$\Delta \rho$  – відносна похибка виміру щільності, %;

$\Delta M$  – відносна похибка центрального блоку обробки й індикації даних, %.

При використанні датчиків температури, похибка виміру яких не перевищує  $0,5$   $^\circ\text{C}$ , абсолютну похибку виміру різниці температур можна визначати рівною

$$\Delta \delta_{\text{т}} = \pm \sqrt{\Delta t_{1v}^2 + \Delta t_{2v}^2} = \pm \sqrt{0,5^2 + 0,5^2} = 0,707$$
  $^\circ\text{C}$ .

Різниця температур при вимірі щільності палива і об'єму може досягати 20 °С і більше. Для різних типів дизельного палива за ДСТУ 3868-99 характерне значення величини  $\beta = (8,035-8,575) \cdot 10^{-4} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ . Тоді адитивна складова похибки, обумовлена цією різницею, буде дорівнювати

$$\varepsilon_t = \frac{\beta \Delta \delta_t}{1 + \Delta \beta \delta_t} \cdot 100 = \frac{8,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,707 \cdot 100}{1 - 8,5 \cdot 10^{-4} \cdot 20} = 0,061 \%$$

При обліку впливу кута нахилу рівня палива у баці тепловоза результат виміру за формулою (2) необхідно доповнити виразом

$$\left(1 \pm \frac{L}{H} \operatorname{tg} \alpha\right),$$

де  $L$  – відстань від геометричного центра бака до датчика рівня, м;

$H$  – обмірювана висота рівня дизельного палива, м;

$\alpha$  – кут нахилу паливного бака в поперечному напрямку до його поздовжньої осі.

Вважаючи цілком достовірним припущення, що при малих кутах нахилу поверхні палива величина  $\operatorname{tg} \alpha$  несуттєво відрізняється від  $\alpha$  ( $\operatorname{tg} \alpha \approx \alpha$ ), вираз (2) можна подати в такий спосіб:

$$\Delta m = \pm 1,1 \sqrt{\frac{m_i^2}{m^2} \left[ \left( \frac{\Delta H}{H_i} \cdot 100 \right)^2 + \Delta K^2 + \Delta \rho^2 + \left( \frac{\beta \Delta \delta_{ii}}{1 + \beta \delta_{ii}} \cdot 100 \right)^2 + \Delta L + \frac{L}{H_i} \Delta \alpha \right] + \frac{m_{i+1}^2}{m^2} \left[ \left( \frac{\Delta H}{H_{i+1}} \cdot 100 \right)^2 + \Delta K^2 + \Delta \rho^2 + \left( \frac{\beta \Delta \delta_{i(i+1)}}{1 + \beta \delta_{i(i+1)}} \right)^2 + \Delta L + \frac{L}{H_{i+1}} \Delta \alpha \right] + \Delta M^2}, \quad (3)$$

де  $\Delta L$  – відносна похибка виміру відстані від геометричного центра бака до центра вимірювального люка;

$\Delta \alpha$  – відносна похибка виміру кута нахилу.

Відносні похибки виміру кута нахилу і рівня палива залежать від кількості продукту в баці тепловоза. Причому ці похибки максимальні при мінімальному рівні палива.

**У третьому розділі** визначено о методи підвищення точності контролю використання нафтопродуктів. Теоретичною основою для розроблення даних методів є математична модель руху дизельного палива при його використанні на залізничному транспорті. Цю модель умовно можна поділити на три частини:

- модель бази палива;
- модель системи екіпірування тепловозів або інших механізмів паливом;
- модель витрати палива його споживачами.

Критеріями, що мають найбільше значення при виборі методики виміру рівня рідини в цистерні, резервуарі або баці, є її фізичні й хімічні властивості (електропровідність, діелектрична постійна, густина, в'язкість, піноутворення, кородуючі властивості тощо). Доведено, що це потребує врахування також можливої зміни параметрів, умов зберігання, температури, тиску, необхідних при вимірах пристроїв стабілізації, та ін.

Доопрацьовано модель адаптивного прогнозування втрат, яка послідовно виконується для кожного об'єкта резервуарного парку, задіяного в операціях «прийому-видачі» палива.

Виявлено фактори, що свідчать про завищені втрати нафтопродуктів при їх зберіганні й операціях «прийому-видачі», виражені кількісними характеристиками, фактично враховуються в узагальненому алгоритмі автоматизованого обліку.

Вирішено задачу, що виникає у зв'язку з тим, що результати виміру кількості дизельного палива на виході з паливороздавальних колонок (ПРК) паливного складу відрізняються від результатів виміру кількості дизельного палива в баці локомотива, які отримані за допомогою будь-якої із бортових систем.

Результати аналізу екіпірувального процесу свідчать, що навіть за практично ідеальних умов проведення вимірів (стабільна, однакова, позитивна температура як у баці тепловоза, так і дизельного палива, що заливається в бак, мінімальні похибки датчиків бортових систем) абсолютна похибка виміру бортових систем у 2 рази й більше перевищує похибку виміру ПРК.

Як показали результати розрахунку, похибка у визначенні витрат більше в тому випадку, коли кількість палива, що набирається в бак, менше наявного в ньому залишку. При цьому похибка може досягати 10 % навіть при невеликій ( $5 \text{ кг/м}^3$ ) різниці щільності порцій палива, пов'язаній з фактичним розкидом значень цього параметра при незмінній температурі.

Особливу складність становить моделювання використання палива в процесі експлуатації тепловозів. Головні проблеми обліку витрат палива при експлуатації тепловозів полягають у складності точного визначення кількості палива в баці тепловоза, а також аналізу фактично виконаної роботи й технічного стану тепловоза.

Для оцінки середнього значення таких сигналів доопрацьован метод визначення математичного сподівання стаціонарного ергодичного випадкового процесу шляхом згладжування однієї його реалізації на досить великому інтервалі часу.

Одним з напрямків робіт з поліпшення систем контролю витрат палива є подальше вдосконалення датчиків, що виконують заміри. Останнім часом за участю автора було проведено модернізацію існуючої системи контролю витрат палива «БІС-Р» і експлуатаційні випробування нової системи «БІС-Рм».

Система контролю «БІС-Рм» у порівнянні із системою «БІС-Р» набула ряду нових функцій: визначення швидкості і пройденого шляху тепловозом, часу простою в гарячому стані і часу маневрової роботи, визначення і фіксація номера позиції контролера машиніста, передача даних через GSM-модем, можливість ідентифікації бригади при використанні індивідуальної картки машиніста.

Програмне забезпечення системи дає змогу отримувати візуальний звіт про витрату палива і проводити аналіз роботи тепловоза, а також здійснювати накопичення і архівацію всіх даних, отриманих системою. На рисунках 2 і 3

подано для прикладу відомості, що характеризують витрати палива за сім діб роботи тепловоза і використання позицій контролера за кожну робочу зміну.

Можливість виміру швидкості та пройденого шляху локомотивом дозволяє здійснювати контроль за роботою (завантаженням) локомотива. Фіксація використаних позицій КМ у часі дає змогу проаналізувати режими навантажень тепловоза і його технічний стан.

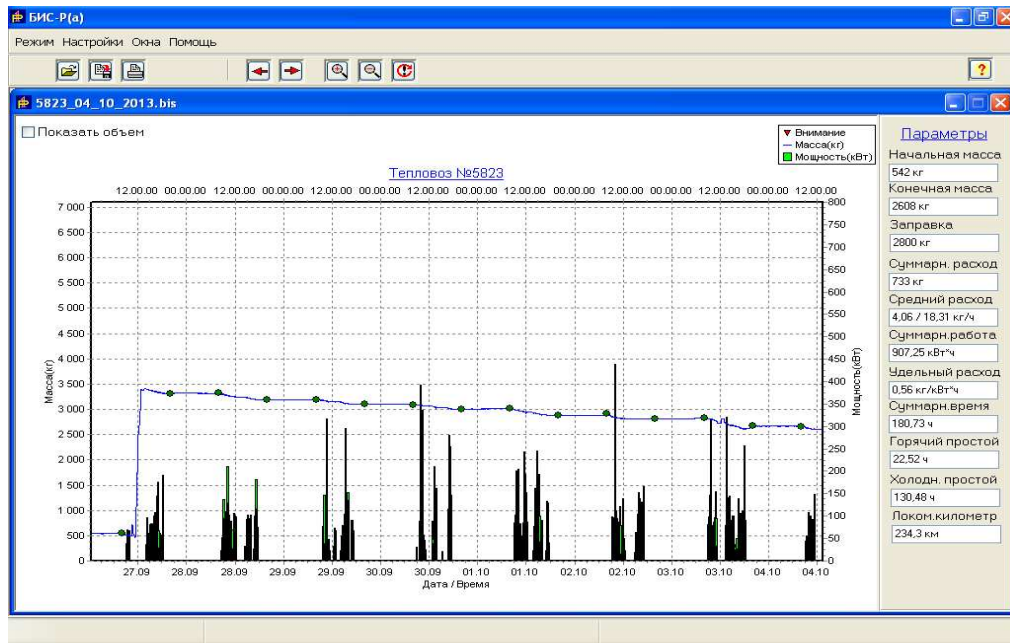


Рисунок 2 – Показники витрат палива тепловоза ЧМЕЗ за сім діб роботи

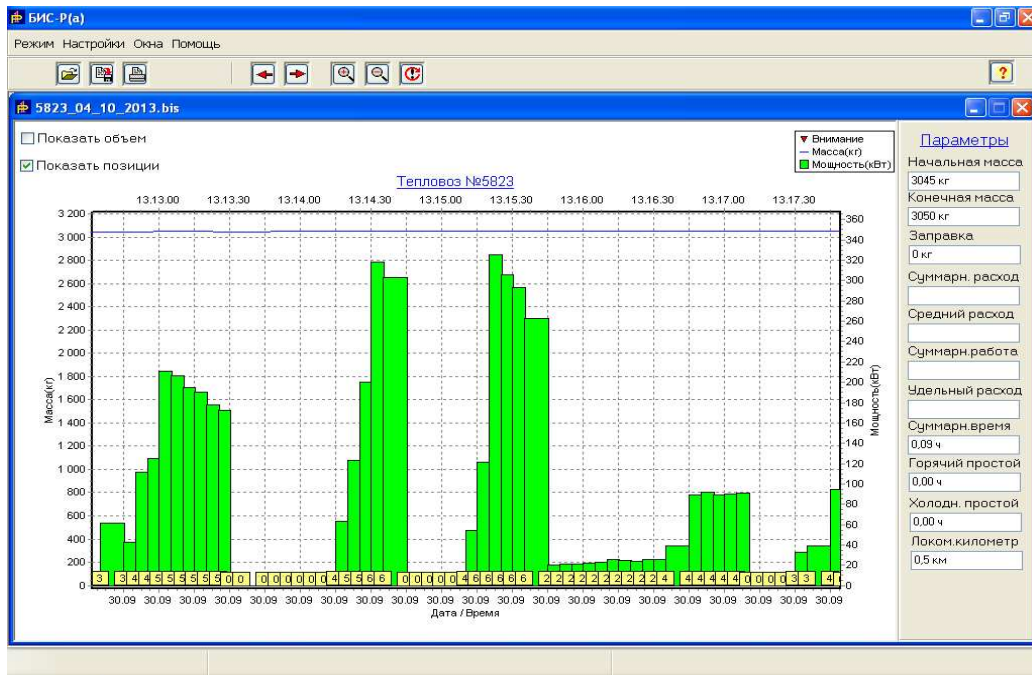


Рисунок 3 – Показники використання позицій контролера тепловоза ЧМЕЗ за робочу зміну

На підставі розрахунку й оцінки показника Херста за часовим рядом паливної економічності тепловозів запропоновано організацію моніторингу та створено метод, суть якого полягає у використанні розрахункового значення показника Херста для прогнозування технічного стану тепловоза, планування і проведення ремонту й додаткового регулювання його паливної апаратури. Проведеними дослідженнями практично визначено, що в тепловозів, які не мають перевитрати дизельного палива показник Херста менше 0,5.

Також завдяки даній функції можна проводити аналіз технічного стану локомотива шляхом порівняння фактичної потужності дизель-генераторної установки (ДГУ) на кожній позиції контролера машиніста з паспортними даними локомотива.

Слід зазначити надійність і стабільність у роботі системи «БІС-Рм». Під час випробувань модернізованої системи контролю палива в локомотивному депо Харків-Сортувальний на тепловозі ЧМЕЗ № 5823 датчики пропрацювали безвідмовно протягом 3,5 року, із збереженням абсолютно всіх своїх функціональних властивостей.

Для обліку поточного технічного стану ДГУ тепловозів і внесення відповідних корегувань у розрахункові залежності для визначення експлуатаційної витрати палива розроблена математична модель, у якій використовуються параметри роботи тепловоза, зафіксовані в процесі проведення реостатних випробувань або контрольних поїздок. До них належать: час роботи ДГУ по позиціях у режимі холостого ходу; час роботи ДГУ по позиціях у режимі навантаження; реалізована потужність ДГУ по позиціях; температура ( $T_n$ ) і тиск ( $P_n$ ) зовнішнього повітря; кількість перемикачів позицій контролера машиніста; фактична витрата палива і ін.

Оскільки умови фіксації фактичної витрати палива відрізняються від стандартних, його значення приводиться до стандартних умов:

$$\bar{B}_\phi = B_\phi \cdot \Psi, \quad (4)$$

де  $B_\phi$  – фактична витрата палива;  
 $\Psi$  – коефіцієнт приведення.

Коефіцієнт приведення витрат палива до стандартних умов визначається як

$$\Psi = \frac{E}{\alpha}, \quad (5)$$

$$E = \left( \frac{P - a\phi P_s}{\bar{P} - a\phi P_s} \right)^m \left( \frac{\bar{T}}{T} \right)^n \left( \frac{T_c}{T_{cx}} \right)^g;$$

$$\alpha = E - 0,7(1-E) \left( \frac{1}{\eta_m} - 1 \right),$$

де  $a, m, n, g$  – постійні коефіцієнти:  $a = 1$ ;  $m = 0,57$ ;  $n = 0,55$ ;  $g = 1,75$ ;

$\eta_m$  – механічний ККД дизель-генераторної установки;

$\bar{P}, P$  – повний атмосферний тиск за стандартних умов і поточний, кПа;

$\overline{P}_s, P_s$  – тиск насичення водяної пари за стандартних умов і під час випробувань, кПа;

$\overline{\varphi}, \varphi$  – відносна вологість повітря за стандартних умов і під час випробувань, %;

$\overline{T}, T$  – абсолютна температура навколишнього повітря за стандартних умов і під час випробувань, °К;

$T_c$  – стандартна вихідна абсолютна температура охолодного середовища на вході в охолоджувач наддувного повітря, °К;

$T_{ск}$  – температура навколишнього середовища на вході в охолоджувач наддувного повітря під час випробувань, °К.

Результати у міру накопичення статистичних даних за початковий період експлуатації корегуються у бік збільшення витрат у зв'язку зі значною кількістю перехідних режимів (ПР) роботи дизеля для маневрового тепловоза.

При практичних розрахунках вплив ПР на витрату палива враховується коефіцієнтом  $K_{П}$ , теоретичне значення якого може бути отримано виходячи із припущення рівності розрахункової витрати палива дизелем на всіх режимах роботи ДГУ, скорегованого на коефіцієнт  $K_{П}$ , і витрат палива з урахуванням установлених експериментально ступенів впливу ПР у режимі навантаження і холостого ходу.

Запропонований метод дає змогу формувати вихідні характеристики ДГУ, що враховують поточний технічний стан тепловоза, без проведення спеціальних випробувань на витрату палива. Таким чином, створені передумови для реалізації технологій, що дозволяють застосовувати методику розрахунку норми витрати дизельного палива на фактично виконаний обсяг робіт. Технологія корегування паспортних вихідних характеристик з використанням розробок може бути реалізована як при проведенні реостатних випробувань тепловоза, так і за результатами дослідної поїздки в умовах реальної експлуатації

$$K_{П} = 1 + \frac{\sum_{i=0}^8 b_{xi}(d_x - 1)nt_n K_x + \sum_{i=0}^8 b_{ni}(d_n - 1)nt_n K_n}{\sum_{i=0}^8 b_{xi}t_{xi} + \sum_{i=0}^8 b_{ni}N_i t_{ni}}, \quad (6)$$

де  $K_{П}$  – коефіцієнт корегування;

$i$  – номер позиції контролера машиніста;

$b$  – витрата палива по позиціях контролера машиніста (КМ) у режимі холостого ходу, кг/год;

$b_{ni}$  – витрата палива по позиціях КМ у режимі завантаження, кг/год;

$t_{xi}, t_{ni}$  – час роботи ДГУ тепловоза по позиціях контролера машиніста в режимі холостого ходу й під навантаженням відповідно, год;

$t_n = 0,0013$  – установлений час перехідного процесу, год;

$d_x, d_n$  – частка перехідних процесів, що припадають на режим холостого ходу й режим завантаження;

$K_x, K_n$  – коефіцієнти впливу перехідних процесів на збільшення витрати палива в режимі холостого ходу й навантаження відповідно;

$N_i$  – потужність ДГУ тепловоза по позиціях КМ, кВт;

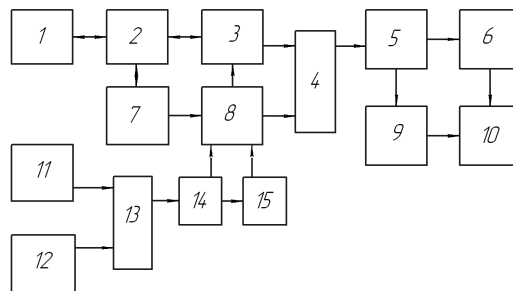
$n$  – кількість перехідних процесів.

Виявлено, що удосконалення системи контролю витрат дизельного палива містить у собі не тільки конструктивні і технологічні заходи, але і перегляд алгоритмічних методів розрахунку й аналізу експлуатаційних показників тепловоза.

У результаті проведеного аналізу чинників, що впливають на витрати палива, і існуючих систем обліку та технічних засобів контролю кількості палива в баці тепловозів встановлена можливість вдосконалення алгоритму розрахункового методу вибору оптимального періоду виміру проміжних значень маси палива.

У *четвертому розділі* сформульовано принципові основи організації автоматизованої системи контролю дизельного палива.

Спеціалізоване програмне забезпечення підсистеми обробки даних (СПОД) забезпечує вирішення завдань щодо контролю витрат палива, дає змогу здійснювати відображення результатів у графічному вигляді і у вигляді звітів про наявність палива й виконану роботу тепловозів. Структурну схему підсистеми наведено на рисунку 4.



- 1 – програмний модуль стикування з системою інтегрованої обробки ММ;  
 2 – база даних за обробленими файлами реєстрації; 3 – програмний модуль роботи з базою даних; 4 – графіки, таблиці, діаграми; 5 – програмний модуль роздруківки, попереднього перегляду й розподілу; 6 – електронна пошта;  
 7 – довідники з даними щодо резервуарів, тепловозів, машиністів; 8 – програмний модуль розшифровки й аналізу файлів реєстрації; 9 – принтерна роздруківка; 10 – служби депо, управлінь залізниць; 11 – переносний модуль пам’яті; 12 – концентратор бази палива; 13 – адаптер для зчитування й очищення інформації; 14 – програмний модуль адаптера; 15 – архів файлів реєстрації, отриманий з модулів пам’яті

Рисунок 4 – Структурна схема підсистеми обробки даних

До початку експлуатації апаратно-програмних засобів СПОД необхідно виконати комплектування нормативно-довідкової інформації (НДІ) локомотивного депо:

- щодо характеристики обладнання паливних складів, індивідуальних тарирувань резервуарів, типу й продуктивності паливороздавальних колонок;
- щодо приписного парку поїзних і маневрових тепловозів, включаючи такі характеристики, як бортовий номер, тип і серія, зміни або модернізація силового ланцюга й ланцюгів керування електросхеми, діаметри бандажів колісних пар, особливості установки бортової апаратури для автоматизованого обліку витрат палива;
- щодо облікового складу машиністів і даних за кожним з них.

Розглядається загальна технологія обробки даних реєстрації показників вимірювальних систем. Зібрана інформація вноситься в базу даних стаціонарної підсистеми обробки СПОД, після чого проводиться експериментальна експлуатація (4–6 тижнів) з необхідним налагодженням апаратних і програмних засобів.

Результати виконаних досліджень використовуються персоналом різних підрозділів депо й управлінь у вигляді звітів і графіків з метою обліку, контролю та аналізу витрат палива.

До складу апаратної платформи автоматизованої системи мають входити такі блоки й модулі: датчики рівня, щільності, температури і кута нахилу (для баків тепловоза), контролер датчиків, центральний контролер, резидентне ОЗП, годинники реального часу (RTC), блок індикації, блок синхронізації і перенесення даних.

У роботі приводиться опис функцій та принципів роботи контролера датчиків, а також функцій і принципів роботи блоку центрального контролера, блоку синхронізації та перенесення даних.

*У п'ятому розділі* розглядається техніко-економічна ефективність автоматизованої системи контролю дизельного палива. Оцінка фактичної ефективності системи контролю проводилася на основі звітних даних локомотивних депо, у яких було впроваджено систему БІС-Р. При цьому використовувалися звіти форми ТХО-5 «Звіт про результати видатку палива, електроенергії і роботи локомотивів» за місяць роботи і форми ТХО- 1 «Звіт про видаток палива в локомотивному депо по нормованих поїздо-ділянках». Крім того, використовувалися звіти АРМ «Локбриг», за даними яких були визначені ділянки роботи обладнаних системою «БІС-Р» тепловозів, а також дані про час роботи обладнання тепловозів. Розрахунок техніко-економічного ефекту від реалізації запропонованих у дисертації ресурсозберігаючих заходів, заснованих на звітних даних Т і ТЧ, показав, що потенціал зниження питомої витрати палива за звітний період в одному тільки локомотивному депо має скласти не менше 2 % у порівнянні з базисним періодом, а умовний річний економічний ефект у межах одного локомотивного депо Харків-сортувальний складає 207,7 тис. гр. при вартості ДП в цінах 2016 року.



## ВИСНОВКИ

У дисертації комплексно з єдиних методологічних позицій вирішено наукове завдання удосконалення системи контролю витрат дизельного палива на етапах його використання в експлуатації. Проведені в роботі дослідження дали змогу одержати такі науково-прикладні результати:

1. Проаналізовано умови функціонування баз палива, екіпірувальних пунктів і маневрових тепловозів як основних елементів у розглянутому ланцюзі технологічних операцій, пов'язаних із споживанням палива. Показано, що без подальшого вдосконалення сучасних АСУ і їхньої технічної бази забезпечити ефективність і вірогідність контролю витрат палива практично неможливо.

2. Досліджено відомі системи й технічні рішення щодо контролю витрат палива на етапах його технологічного використання. Обґрунтовано вибір датчиків ємнісного типу що характеризуються простотою конструктивного виконання, надійністю, довговічністю і забезпечують похибку вимірів, до 0.1%.

3. Визначено структуру комплексної інформаційно-аналітичної системи, розроблено й обґрунтовано модель технологічного процесу автоматичного виміру й комплексного обліку кількості палива в ємностях для його зберігання та використання (у т. ч. у баці тепловоза), проведено їх оцінку. Статистичні виміри необхідно виконувати за допомогою рівнемірів з основною похибкою не більше  $\pm 2$  мм для резервуарів ТНТС (умовне позначення баз палива) і не більше  $\pm 1$  мм для паливних баків тепловозів, а також стаціонарних щільністемірів з основною похибкою не більше  $\pm 1,5$  кг/м<sup>3</sup>.

4. Важливою умовою малої похибки виміру будь-якого параметра є облік максимальної по можливості кількості факторів, що впливають у ході визначення на вірогідність інформації, що збирається. Показано значущість залежності точності обліку витрат палива тепловозами в експлуатації від густини палива в баці тепловоза. Відсутність даного обліку може призвести до помилки більш 10 %.

5. Розроблено метод визначення похибки об'ємно-масового методу статичного виміру маси дизельного палива до умов експлуатації тягового рухомого складу, а також визначення похибки обробки інформації вимірювання витрат палива тепловозами із системами контролю, які фіксують навантаження, обсяг палива та стохастичні коливання рівня палива в баці тепловоза при експлуатації. Удосконалено метод виміру кількості палива в баці тепловоза, розроблено конструктивне рішення щодо датчика рівня палива. Проведені експериментальні дослідження з використанням розробленого методу для уточнення техніко-енергетичних показників тепловоза.

6. Визначено набір параметрів роботи тепловоза і його дизель-генераторної установки, замір яких забезпечує кількісний і якісний опис виконаної експлуатаційної роботи. На підставі розрахунку й оцінки показника Херста за часовим рядом паливної економічності тепловозів запропоновано організацію моніторингу і створено метод для прогнозування технічного стану

тепловоза, планування і проведення ремонту й додаткового регулювання його паливної апаратури.

7. Розроблено стаціонарну підсистему, що забезпечує в автоматизованому режимі зчитування даних реєстрації обмірюваної витрати палива, аналіз і контроль за витратою палива на основі розроблених алгоритмів і програмного забезпечення.

8. Розрахунок техніко-економічного ефекту від реалізації запропонованих у дисертації ресурсозберігаючих заходів показав, що потенціал зниження питомої витрати палива за звітний період в одному тільки локомотивному депо може скласти не менш 0,2 % у порівнянні з базисним періодом, а умовний річний економічний ефект у межах одного локомотивного депо Харків-Сортувальний (парк тепловозів - 42 одиниці) складає 207,89 тис. грн. при вартості ДП в цінах 2016 року.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Основні праці:

1. Трихліб, О. Д. Вимірювальні засоби автоматизованої системи обліку й контролю дизельного палива [Текст] / В. І. Дробаха, О. Д. Трихліб, М. О. Котов // Локомотив-інформ. – 2012. – № 12 (78). – С. 59–61.

2. Трихліб, О. Д. Техніко-економічні аспекти автоматизованого обліку та контролю витрат дизельного палива [Текст] / О. Д. Трихліб, В. В. Котов, У. В. Котова // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – Луганськ. – 2012. – № 3 (174). – С. 199–201.

3. Трихліб, О. Д. Аналіз витрат палива тепловозом з обліком фактично виконаної роботи [Текст] / О. Д. Трихліб // Зб. наук. праць ДЕТУТ. Сер. Транспортні системи і технології. – К.: ДЕТУТ, 2012. – Вип. 21. – С.77–80.

4. Трихліб, О. Д. Облік, контроль і аналіз як важливіші складові енергозбереження при експлуатації маневрових тепловозів [Текст] / О. Д. Трихліб // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 134. – С. 97–101.

5. Трихліб, О. Д. Удосконалення вимірів рівня палива при автоматизованому контролі його витрати [Текст] / О. Д. Трихліб // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2013.– Вип. 136. – С.130–134.

6. Трихліб, О. Д. Система контролю расхода топлива «БИС-Рм» [Текст] / А. Н. Каплун, О. Д. Трихліб, К. С. Петров // Локомотив-інформ. – 2014. – № 4. – С. 40–46.

7. Трихліб, О. Д. Застосування R/S-методу для оцінки паливної економічності тепловозів [Текст] / О. Б. Бабанін, О. Д. Трихліб // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2014.– Вип. 149. – С. 45–49.

**Публікації у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:**

8. Трихліб, О. Д. Аналіз технічного стану й паливної економічності тепловоза з використанням методу Херста [Текст] / В. І. Дробаха, О. Д. Трихліб // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 6. – С. 25–28.

**Праці апробаційного характеру:**

9. Трихліб, О. Д. Результати практичного впровадження систем «БІС-Р» [Текст] / В. І. Дробаха, О. Д. Трихліб, А. М. Каплун // Локомотив-інформ. – 2007. – № 9. – С. 24–25.

10. Трихліб, О. Д. Впровадження електронних регуляторів частоти обертання та потужності тепловозних дизель-генераторів [Текст] / О. Д. Трихліб // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 94. – С. 56–58.

11. Трихліб, О. Д. Аналіз техніко-економічних показників системи автоматизованого контролю витрат дизельного палива [Текст] / О. Д. Трихліб, В. В. Котов, У. В. Котова // Інноваційні технології на залізничному транспорті: зб. наук. праць III міжнародної науково-практичної конференції. – 26 лют. – 4 берез. 2012. – Тель-Авів, 2012. – С. 50–51.

12. Трихліб, О. Д. Удосконалення контролю – гарантія підвищення паливної економічності [Текст] / О. Д. Трихліб // Тези доповідей 75-ї міжнародної науково-технічної конференції. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – С. 326–327.

13. Трихліб, О. Д. Метод обліку й прогнозування питомої витрати дизельного палива [Текст] / О. Д. Трихліб // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології: Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції. Сер. Техніка, технологія. – К.: ДЕТУТ, 2013. – С. 83–84.

14. Дробаха, В. І. Методи оцінки ефективності енергозберігаючих заходів [Текст] / В. І. Дробаха, В. В. Котов, О. Д. Трихліб // Проблеми економіки і управління на ж.-д. транспорті: Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції. – 04 – 07 черв. 2013. – Судак: ЭКУЖТ, 2013. – С. 297–298.

**АНОТАЦІЯ**

Трихліб О. Д. Удосконалення системи контролю витрат дизельного палива маневровими тепловозами в експлуатації. Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів. – Український державний університет залізничного транспорту МОН України, Харків, 2017.

Дисертаційна робота присвячена питанням підвищення ефективності системи контролю за витратою дизельного палива при здійсненні маневрової роботи локомотивів на залізничному транспорті.

Проведено дослідження впливу різних експлуатаційних і технологічних факторів на величину похибки здійснюваних вимірів.

Значна частина дисертаційної роботи присвячена розробленню методів підвищення точності контролю використання нафтопродуктів. Уточнено методику обліку реальної кількості нафтопродуктів за їх наявності на базах палива, обліку кількості палива у стикових елементах системи паливовикористання (у процесі екіпірування), розглянуто алгоритмічні методи підвищення точності вимірювань. Удосконалено конструкцію датчиків, які проводять заміри в системі контролю витрати палива «БІС-Рм».

Розроблено стаціонарну підсистему на основі побудованих алгоритмів і програмного забезпечення, що забезпечує в автоматизованому режимі зчитування даних реєстрації вимірюваної витрати палива, аналіз і контроль за витратою палива.

Розглянуто техніко-економічну ефективність застосування автоматизованої системи обліку і контролю дизельного палива.

**Ключові слова:** контроль, облік, тепловози, тяга поїздів, бази палива, енерговитрати, режими роботи, системи, датчики.

## АННОТАЦІЯ

Трихлеб А. Д. Совершенствование системы контроля расхода дизельного топлива маневровыми тепловозами в эксплуатации. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов. – Украинский государственный университет железнодорожного транспорта МОН Украины, Харьков, 2017.

Диссертация посвящена вопросам повышения эффективности системы контроля за расходом дизельного топлива при осуществлении маневровой работы локомотивов на железнодорожном транспорте.

На основании проведенного анализа существующего положения по автоматизации производственных процессов подразделов локомотивного хозяйства, в том числе структуры программно-технических средств систем управления, сделан вывод о том, что без дальнейшего усовершенствования современных АСУ и их технической базы обеспечить эффективность и достоверность результатов контроля практически невозможно. Одним из ключевых направлений развития данной структуры является создание единой корпоративной системы управления приобретением и потреблением энергоресурсов.

Проведено исследование и классификация потерь нефтепродуктов. Разработана методика расчета технологических затрат по каждому объекту

резервуарного парка. Проанализированы основные характеристики дизельного топлива, которые влияют на точность определения его количества при осуществлении измерений. Приведены результаты исследования влияния на точность измерений конструкции топливных баков тепловозов и угла наклона их относительно горизонтального положения.

Проанализированы разные методы измерения количества жидкости, которые отличаются принципом действия и функциональными возможностями. Обоснованы условия выбора того или иного измерителя с учетом оценки его технологической и экономической эффективности, а также с учетом специфики работы по месту использования.

Проведено исследование влияния разных эксплуатационных и технологических факторов на величину погрешности осуществляемых измерений. Получено математическое выражение для оценки погрешности и проведен анализ данного выражения с целью выявления факторов, которые влияют на погрешность измерения в наибольшей мере.

Значительная часть диссертационной работы посвящена разработке методов повышения точности учета и контроля использования нефтепродуктов. Теоретической основой для разработки данных методов явилась математическая модель «движения» дизельного топлива при его применении на железнодорожном транспорте. Уточнена методика учета реального количества нефтепродуктов в резервуарах на базах топлива, учета количества топлива в стыковых элементах системы топливоиспользования (в процессе экипировки), рассмотрены алгоритмические методы повышения точности измерений, усовершенствована конструкция датчиков, которые применяются в системе контроля расхода топлива «БИС-Рм».

Для учета текущего технического состояния ДГУ тепловозов и внесения соответствующих корректировок в расчетные зависимости для определения эксплуатационного расхода топлива разработана математическая модель, где используются коэффициенты приведения условий фиксации фактического расхода топлива к стандартным условиям, а также учитывается влияние переходных процессов ДГУ на расход топлива в режимах нагрузки и холостого хода.

Разработана стационарная подсистема, которая обеспечивает в автоматизированном режиме считывание данных регистрации измеренного расхода топлива, анализ и контроль за расходом топлива на основе разработанных алгоритмов и программного обеспечения.

Рассмотрена технико-экономическая эффективность применения автоматизированной системы учета и контроля дизельного топлива.

**Ключевые слова:** учет, контроль, автоматизация, тепловозы, тяга поездов, базы топлива, энергозатраты, режимы работы, системы, датчики.

## SUMMARY

Trihlib A. D. Improving the system of control of diesel fuel consumption of shunting locomotives in operation - The Manuscript.

The thesis on competition of scientific degree of Candidate of Technical Sciences in the specialty 05.22.07 - railway rolling stock and traction of trains.- Ukrainian state university of railway transport of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2017.

The paper is devoted to improve the efficiency of the diesel fuel consumption monitoring system.

The thesis is devoted the questions of increase of system effectiveness for control a consumption of diesel fuel at implementation of shunting work of locomotives on railway transport.

The considerable part of dissertation work is devoted to development of methods of increase of accuracy of the account and control of use of oil products. The technique of the accounting of real amount of oil products in tanks on bases of fuel, the accounting of amount of fuel in butt elements of system of fuel usage is specified (in the course of equipment), are considered algorithmic methods of increase of accuracy of measurements, improved the design of the sensors " BIS-RM, which are used in the control of fuel consumption.

It has been developed a stationary system on the basis of developed algorithms and software that provides automated data reading of the recording of the measured fuel consumption analysis and monitoring fuel consumption

The work has considered technical and economic efficiency of use of the automated system of the account and control of diesel fuel is considered.

**Keywords:** control, account, automation, locomotives, draft of trains, bases of fuel, energy consumption, operating modes, systems, sensors.

**Трихліб Олексій Дмитрович**

УДК 629.424:681.3.08

Удосконалення системи контролю витрат дизельного палива маневровими  
тепловозами в експлуатації

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідний за випуск



О.С.Коваленко

---

Підписано до друку 22.05.2017 р. Формат паперу А5  
Папір для тиражу вальних апаратів, друк на різнографі  
Умовн. – друк. арк. 0,9. Обл. – вид. арк. 1.1  
Замовлення № 240. Тираж 100 прим.

---

Віддруковано в Харківській друкарні  
61052, м. Харків, вул. Конгарєва, 7, тел. 724-23-70  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ХК № 34 від 27.06.2001 р.