



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
КОМІТЕТ У СПРАВАХ МОЛОДІ
РАДА НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

Випуск 18

ЕЛЕКТРОННЕ ВИДАННЯ
«ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ СТУДЕНТІВ ТА МАГІСТРІВ»



Харків 2020

УДК 656.2

До збірника увійшли матеріали науково-дослідних робіт студентів та магістрантів, які присвячені вирішенню сучасних завдань з підвищення безпеки, ефективності, удосконалення експлуатації та ремонту рухомого складу, управління процесом перевезень і ремонту та утримання споруд і колії залізниць, а також вирішенню економічних питань на залізничному транспорті.

Збірник призначений для науково-технічних працівників залізничного транспорту, аспірантів, магістрантів та студентів.

Видання започатковано наказом №64 від 25.08.2010 р.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

д-р техн. наук, доцент Г.Л. Ватуля – головний редактор
канд. техн. наук, доцент А.М. Кравець – заступник головного редактора
інженер НДЧ О.В.Калюжна – секретар редакційної колегії

ЧЛЕНИ РАДИ:

декан факультету економіки транспорту	Ю.Є. Калабухін
декан факультету УПП	М.Ю. Куценко
декан будівельного факультету	О.О. Скорик
декан факультету АТЗ	О.М. Прогонний
декан механічного факультету	О.В. Устенко
директор ННЦГО	К.Е. Колісник

За загальною редакцією доцента А.М. Кравець

© Українська державний університет залізничного транспорту, 2020

Зміст

МЕХАНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ	4
СЕКЦІЯ ВАГОНІВ.....	4
СЕКЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ РУХОМОГО СКЛАДУ	40
СЕКЦІЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ	261
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ.....	275
СЕКЦІЯ АВТОМАТИКИ ТА КОМП'ЮТЕРНОГО ТЕЛЕКЕРУВАННЯ РУХОМ ПОЇЗДІВ.....	275
ФАКУЛЬТЕТ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	281
СЕКЦІЯ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖНОЮ ТА КОМЕРЦІЙНОЮ РОБОТОЮ	281
БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ	308
СЕКЦІЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ І ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД.....	308
ЕКОНОМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ	313
СЕКЦІЯ ОБЛІКУ ТА АУДИТУ	313
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ЦЕНТР ГУМАНІТАРНОЇ ОСВІТИ.....	322
СЕКЦІЯ ІНОЗЕМНИХ МОВ	322

МЕХАНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

СЕКЦІЯ ВАГОНІВ

УДК 629.4.067.3:629.4.027.11

Онопко В.В., Котова Л.В., Грицько Ю.Я.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОГНОЗНИХ МОДЕЛЕЙ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ БУКСОВОГО ВУЗЛА

*Науковий керівник – канд. техн. наук, доцент кафедри вагонів
УкрДУЗТ В. М. Петухов*

Анотація. В статті розглянута актуальна проблема прогнозування залишкового ресурсу предаварійного буксового вузла. Визначено, що криві зростання температур несправних буксових вузлів, з точки зору прогнозування, представляють тренд. Аналіз різних методів прогнозування показав, що для вирішення прогностичних завдань для предаварійних буксових вузлів доцільно використовувати адаптивний метод, заснований на методі часових рядів. Проведене дослідження показало, що використання методу часових рядів дозволяє його застосовувати для короткострокових прогнозів залишкового ресурсу аварійних букс з прийнятною точністю.

Ключові слова: буксових вузол; вбудоване засіб контролю технічного стану; прогнозування технічного стану.

Вступ. Можливості діагностичних систем і, зокрема, вбудованих засобів, дозволяють кардинально змінити технологію контролю технічного стану рухомого складу. Так, сучасні буксові вузли стають мехатронними системами завдяки тому, що виробники залізничних підшипників оснащують букси вбудованими електронними системами контролю. Датчики, в цьому випадку, розміщують безпосередньо на тих елементах, стан яких вони контролюють. Таким чином, досягається точність і достовірність одержуваних контрольованих параметрів. Розміри і сучасна елементна база відкривають нові опції вбудованих систем.

Функція тільки виявлення несправності вже не відповідає сучасним вимогам. Тенденція розвитку діагностичних систем йде до створення систем, які здійснюють постійний моніторинг технічного стану, виявляють дефекти ще на ранній стадії, а також здатні прогнозувати залишковий ресурс.

Однією з таких функцій може стати можливість прогнозування моменту відмови перед аварійній букси.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізуючи криві зростання температур несправних буксових вузлів, отриманих різними дослідженнями, можна помітити, що з точки зору прогнозування вони представляють тренд [1]. Причому цей тренд є монотонно зростаючим. На певних етапах, пов'язаних з процесами, що відбуваються в аварійній буксе, контрольовані параметри можуть різко змінюватися. До таких етапів, що викликає різку зміну швидкості росту температури можна віднести защемлення роликів, проворот внутрішнього кільця, витікання мастила і, нарешті, руйнування елементів підшипників.

В даний час при виявленні таких букс засобами теплового контролю, відповідно до інструкції, пропонується знижувати швидкість руху. Таким чином, в даному випадку мова не йде про обґрунтування такого рішення. А для оцінки залишкового ресурсу букси зараз використовують тільки експертний метод, тобто суб'єктивні оцінки одного або декількох експертів[2].

Визначення мети та завдання дослідження. За різними оцінками для побудови прогнозів методологія прогнозування налічує 150-200 методів [3]

Завдання дослідження полягає в практичному використанні процедури прогнозування для визначення часу до настання відмови, в тому випадку, коли несправність вже виявлена системою контролю, однак зупинка поїзда небажана.

Завдання прогнозування в цьому випадку буде полягати у визначенні залишкового ресурсу. Це дозволить науково обґрунтувати прийняті рішення про режими руху поїзда з вагоном, у якого букса знаходиться в предаварійному стані.

Для цього потрібно вирішити наступні завдання:

- виробити вимоги до прогнозної моделі для визначення залишкового ресурсу буксового вузла;
- проаналізувати методи прогнозування, що використовують в технічному діагностуванні;
- визначити найбільш відповідну модель прогнозування;
- перевірити адекватність запропонованої прогнозної моделі.

Основна частина дослідження. Безумовно, для забезпечення безпеки руху і мінімального ризику потрібно використовувати формалізовані методи прогнозування. Таким чином, потрібна побудова аналітичної прогнозної моделі.

Для побудови адекватної прогнозної моделі необхідно виробити ряд вимог до неї, таких як:

- враховувати специфіку поведінку параметрів контрольованого вузла;
- враховувати специфіку та характеристики вбудованих засобів контролю;
- мати простий формальний алгоритм, що дозволяє за мінімальну кількість кроків видавати прогноз;

- прогнозна модель повинна мати адаптивні властивості, тобто вносила корективи в свої параметри [3].

Аналіз різних методів прогнозування показав, що для вирішення прогностичних завдань для передаварійних буксових вузлів доцільно використовувати адаптивний метод, заснований на методі часових рядів [4]. Як контрольованого параметра використовується температура - основний показник стану підшипників буксового вузла (рис.1).

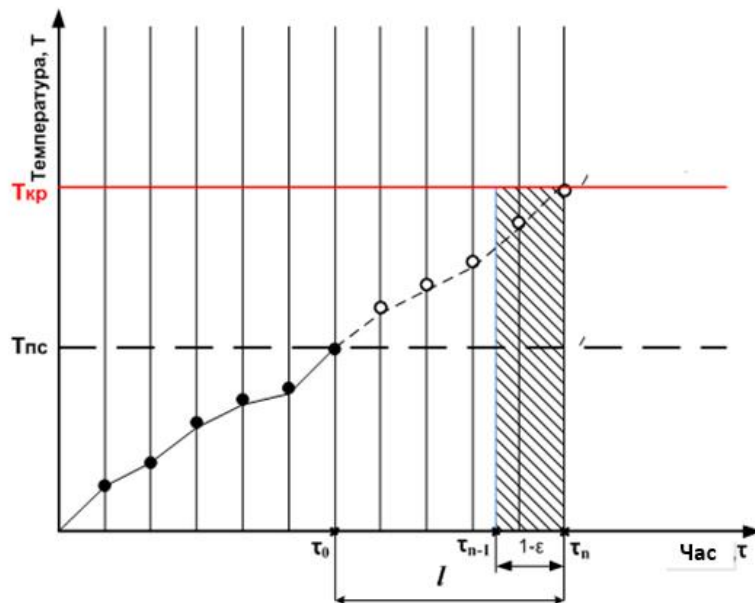


Рис. 1. Графічна ілюстрація прогнозування температури буксового вузла

$T_{кр}$ - критична температура (температура краплепадіння мастила); $T_{пс}$ - температура предаварійного стану; l - час попередження; ε - імовірнісна межа.

Це пов'язано з тим, що вбудовані засоби мають в своєму складі контролери, здатні обробляти і зберігати контрольовані параметри, одержувані через рівні проміжки часу, тобто ці дані утворюють тимчасовий (динамічний) ряд.

Для дослідження застосовності прогностичних завдань передаварійних буксових вузлів була використана модель з поданням у вигляді різницевого рівняння, яке розраховується рекурентним способом [4].

$$z_{t+l} = 1,8 z_{t+l-1} - 0,8 z_{t+l-2} + a_{t+l}, \quad (1)$$

де z_t - значення контрольованої величини в момент часу t ;

z_{t+l} - значення контрольованої величини через час попередження l ;

z_{t+l-1} , z_{t+l-2} значення контрольованої величини в моменти часу $t+l-1$, $t+l-2$ відповідно;

a_{t+l} - випадкова складова.

Для перевірки адекватності моделі використовувалися результати стендового випробування вагонного роликового підшипника.

На рисунке 2 показані значення температури нагрівання підшипника при проведенні випробувань на стенді.

Прогноз був зроблений через 30 хвилин після початку випробувань на час попередження $t = 60$ хв. Розбіжність з фактичною температурою склала $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

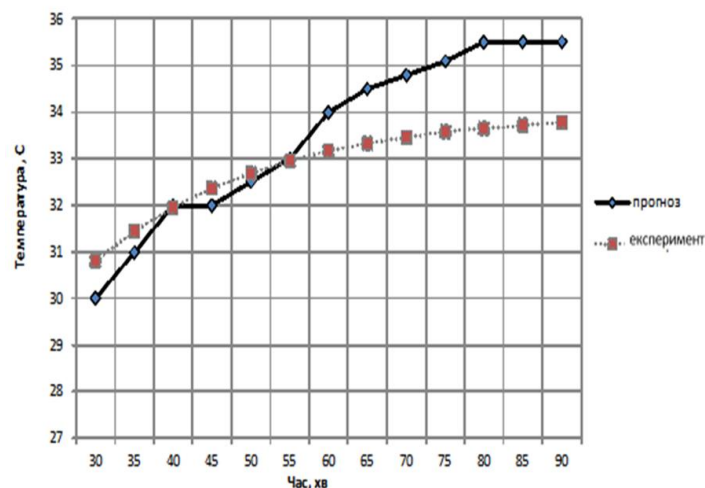


Рис.2. Графік прогнозування температури підшипника на 60 хв. і фактичні значення температури (ретроспективний аналіз)

Висновки. Таким чином, проведене дослідження показало, що використання методу часових рядів дозволяє його застосовувати для короткострокових прогнозів залишкового ресурсу аварійних букс з прийнятною точністю. Аналіз адекватності запропонованої прогновної моделі методом ретроспективного аналізу показав, що прогноз зроблений на час попередження 60 хв., має розбіжність з фактичною температурою $\Delta = 1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Похибка апроксимації склала $\hat{A} = 1,8\%$. Безсумнівно, що потрібні подальші дослідження з метою уточнення параметрів прогнозних моделей для реальних станів буксового вузла.

Список літератури:

1. Мартинов І. Е. Результати температурних випробувань дослідних буксових вузлів вантажних вагонів / І. Е. Мартинов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2004. – № 7 (1). – С. 66 – 69.
2. Eisenbrand, E. Hot box detection in European railway networks [Text] // RTR Special – 2011 – Р. 2 – 11.
3. Єріна А. М. Статистичне моделювання та прогнозування: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 2001. — 170 с.

4. Бокс Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. Т1. – М.: Мир, 1974. – 406 с.

Онопко Валерія Валеріївна, другий (магістерський) рівень навчання, група 3-6-ВМ Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (057) 730-10-35, E-mail: hiitwagen@gmail.com.

Котова Лілія Володимирівна, другий (магістерський) рівень навчання, група 4-7-ВМз Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (057) 730-10-35, E-mail: hiitwagen@gmail.com.

Грицько Юрій Ярославович другий (магістерський) рівень навчання, група 6-7-ВМз Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (057) 730-10-35, E-mail: hiitwagen@gmail.com.

Попатенко С.М., Хом'яков Ю. Е., Маковій В. В.

АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЙ ВАГОННИХ КОНДИЦІОНЕРІВ

Науковий керівник – док. техн. наук, завідувач кафедри вагонів УкрДУЗТ І. Е. Мартинов

Анотація. У роботі були проаналізовані конструкції кліматичних систем пасажирських вагонів, зроблений аналіз дозволяє визначити переваги та недоліки кожного типу кондиціонеру. Проаналізовані технічні характеристики різних моделей вагонних кондиціонерів, а також вимоги до їх монтажу, ремонту та технічному обслуговуванні в експлуатації. Огляд моделей кондиціонерів вітчизняних виробників дозволить виготовникам пасажирських вагонів проводити проектування систем забезпечення комфорту більш ефективно.

Ключові слова: кондиціонер, пасажирський вагон, кліматична система, опалення, вентиляція.

Вступ. Для вирішення проблеми забезпечення комфортних умов перевезення пасажирів необхідний системний підхід, який включає аналіз світового досвіду, дослідження передумов до організації високошвидкісного руху поїздів в Україні, способи стикування вітчизняної мережі залізниць з європейською, проектування високошвидкісних магістралей, а також забезпечення надійних вагонів з високоефективним внутрішнім обладнанням.

Для забезпечення необхідних санітарно-гігієнічних умов незалежно від температури зовнішнього повітря пасажирські вагони повинні бути обладнані сучасною системою кондиціювання повітря, яка забезпечить постійний повітрообмін в вагоні, очищення, охолодження або підігрів повітря, що подається. Необхідно шукати нові підходи для вирішення проблеми відновлення пасажирських перевезень. Тому робота, що спрямована на підвищення ефективності роботи кліматичної системи є актуальною та своєчасною для залізничного транспорту України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню системи кондиціювання в пасажирських вагонів присвячено досить багато досліджень. Всі вони спрямовані на забезпечення комфортних умов перебування пасажирів під час руху поїзда. В роботі Колеснікова Т.О., Помінова О. В. [1] розглянуто питання удосконалення основних систем забезпечення параметрів мікроклімату в вагоні. Ці дослідження спрямовані на систему опалення вентиляції та

кондиціонування повітря пасажирських вагонів. Так в роботі Khomenko, I. Yu. [2] були розглянуті питання теплового насоса після модернізації вагонів зі встановленим кондиціонуванням в пасажирських вагонів. Також досліджувалися питання ефективного споживання енергії системою кондиціонування повітря, які розглянуті в роботі Liu, P. [3] Автор встановив, що споживання енергії для кондиціонування повітря становить 60–70 % від загального споживання електроенергії в поїзді [3]. Вплив зміни температурних режимів в високошвидкісних поїздах були розкриті авторами [4]. Вони запропонували модель динамічного моделювання як реверсивного теплового насоса з урахуванням діючих теплових навантажень, включаючи можливість адаптації частоти. За різних умов динамічного навантаження (з точки зору температури довкілля, сонячного випромінювання, швидкості потягу, кількості пасажирів) споживання енергії були використані нові холодоагенти.

В роботі [5] розглянута проблема діагностування системи кондиціонування повітря в пасажирських вагонів. Також є велика кількість робіт яка присвячена системи комфортного клімату в пасажирських вагонів [6,7].

Для забезпечення необхідних санітарно-гігієнічних умов незалежно від температури зовнішнього повітря пасажирські вагони повинні бути обладнані сучасною системою кондиціонування повітря, яка забезпечить постійний повітрообмін в вагоні, очищення, охолодження або підігрів повітря, що подається. Необхідно шукати нові підходи для вирішення проблеми відновлення пасажирських перевезень. Тому вивчення даного питання є досить актуальною та своєчасною для залізничного транспорту України.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є дослідження можливості підвищення комфортних умов пасажирів під час руху поїзда, тобто ефективності роботи кліматичної системи пасажирських вагонів. Для цього потрібно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати можливість забезпечити розвиток високошвидкісного руху спираючись на європейський досвід;
- дослідити можливість удосконалення технічного обслуговування пасажирських вагонів;
- провести аналіз сучасних кліматичних систем з метою забезпечити комфортні умови пасажирів.

Основна частина дослідження. Одним із важливих показників рівня розвитку суспільства є постійне зростання обсягів перевезень, що суттєво залежить від економічного та політичного стану в державі. Для нашої держави з великою територією, багатомільйонним населенням, різноманітними природними умовами і рівнем економічного розвитку регіонів держави регулярні, термінові, дешеві та безпечні пасажирські перевезення мають особливо велике значення. Ця вимога сучасності в суспільстві підкреслює особливу актуальність проблеми вивчення чинників, що визначають обсяги та структуру пасажирських перевезень.

Залізничний транспорт є однією з важливих базових галузей економіки України і є основним видом транспорту, що забезпечує задоволення потреб

населення в перевезеннях. Саме тому дослідження його технічного стану є необхідною складовою прийняття рішень щодо розвитку залізничної галузі.

На 1 жовтня 2018 року інвентарний парк пасажирських вагонів УЗ становив 4477 вагонів, але регулярно експлуатують тільки 2906 з них. Не експлуатується 1571 вагон. Більшість із них підлягає списанню у зв'язку із завершенням терміну служби (більш ніж 41 рік). Ще 400 вагонів віком понад 28 років підлягають капітально-відновлювальному ремонту після проведення якого термін використання подовжується і складає - 41 рік. [8].

У найближчі роки завершується термін експлуатації ще майже 2 тисяч вагонів.

Така ситуація склалася у зв'язку з систематичною нехваткою коштів в рамках Державного бюджету на оновлення парку пасажирського рухомого складу, і як результат середній вік вагонів - 31,8 рік, а загальний відсоток зносу – 92,8%. (Рис.1).

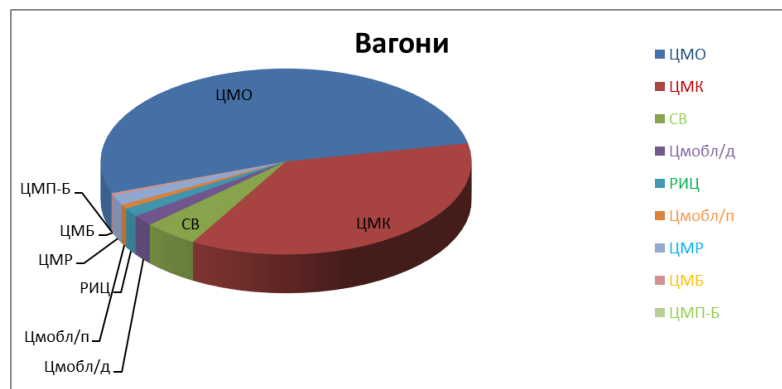


Рис. 1. Структура парку пасажирських вагонів за видами.

Стан парку пасажирських вагонів дозволить втримувати конкуренцію з іншими видами транспорту ще приблизно 5 років, оскільки ступінь його зношеності, як вказано вище, складає 92,8%. Тому зараз основною проблемою пасажирського господарства є оновлення парку пасажирських вагонів.

На теперішній час і в Україні робиться все можливе для розвитку швидкісного руху – удосконалюються технології виготовлення вагонів. Ведуться розробки і впровадження нових систем життєзабезпечення вагонів, а саме впровадження сучасних систем кондиціювання повітря без яких неможливе забезпечення комфортності на залізничному транспорті.

Залізничний транспорт щоб бути конкурентоспроможним повинен перш за все задовольняти вимоги користувачів, тобто пасажирів. Отже розвиток залізничного транспорту це: швидкість, безпека, комфорт [9].

До 2012 року на вагонах «Столичного експресу» було встановлено систему кондиціювання повітря типу АВК-30. На рис. 2 приведена схема розміщення установки на вагоні.

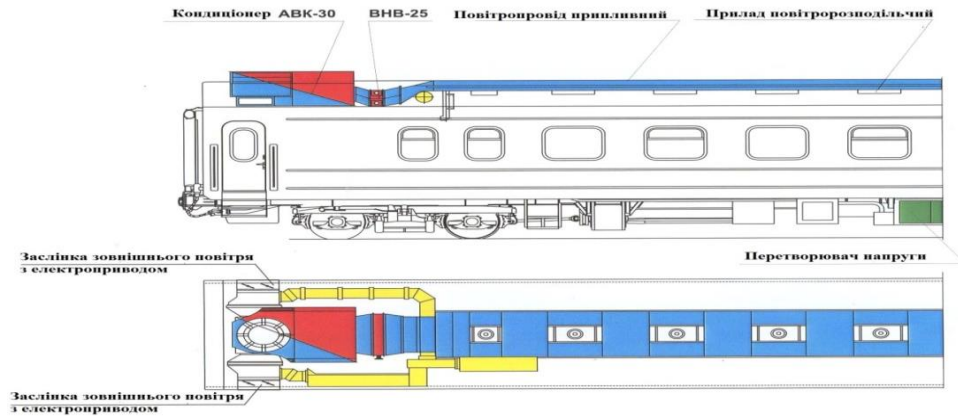


Рис.2. Схема розміщення установки АВК-30 на вагоні

Кондиціонер автономний вагонний АВК-30 (Рис.3) призначений для підтримки комфортних параметрів повітря в салонах пасажирських вагонів.



Рис. 3. Зовнішній вигляд АВК-30.

У кондиціонері здійснюється охолодження, нагрів і нагнітання обробленого повітря в систему розподілення повітря вагона.

Кондиціонер надійно працює при температурі навколишнього повітря (без обмеження часу) від мінус 40°C до плюс 45°C і відносній вологості до 80 %.

Також існує автономний вагонний кондиціонер АВК-33 (рис. 4) Кондиціонер призначений для підтримки комфортних параметрів повітря в салонах залізничних пасажирських вагонів моделі 61-788.(рис. 5)



Рис.4. Загальний вид кондиціонера АВК – 33.



Рис. 5. Загальний вигляд пасажирського вагону моделі 61-788.

Режими роботи – нагрів, охолодження та вентиляція. Кондиціонери мають двоконтурну холодильну машину на базі герметичних компресорів з повітряним охолодженням конденсаторів.

Кондиціонер автономний вагонний АВК-30С (рис. 6) призначений для підтримки комфортних параметрів повітря в салонах залізничних пасажирських вагонів моделей 61-7061, 61-7062, 61-7063, 61-7064, 61-7065 поїздів локомотивної тяги міжрегіонального сполучення, а також вагонів моделей 62-7067, 62-7068, 62-7069, 62-7070 міжрегіональних двосистемних електропоїздів підвищеної комфортності. Підігрівання припливного повітря забезпечується роботою кондиціонера в режимі теплового насоса або вбудованим електричним нагрівачем. Припливне повітря подається в носову і хвостову частини вагона з двох відсіків обробки повітря. Живлення кондиціонера 380 В.



Рис. 6. Загальний вигляд кондиціонера АВК-30С.

Для вагонах моделі 62-7066 міжрегіональних двосистемних електропоїздів підвищеної комфортності та дизель-поїздів є кондиціонер автономний АВК-6 (рис. 7) який призначений для підтримки комфортних параметрів повітря в кабіні машиніста головного залізничного потяга.

Режим роботи – нагрів, охолодження, вентиляція. Живлення кондиціонера $\sim 3 \times 380\text{В}$

Кондиціонер автономний з холодильною машиною на базі герметичного компресора, з повітряним охолодженням конденсатора. Нагрівання повітря здійснюється у вбудованому в кондиціонер електричному нагрівачі. Вентилятори випарника живляться від вагонної мережі 110 В.

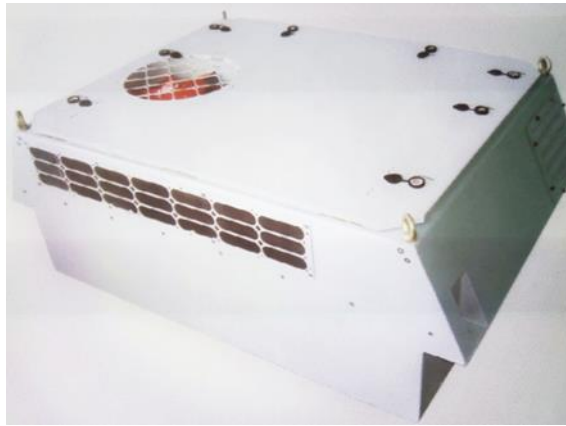


Рис. 7. Кондиціонер автономний вагонний АВК-6.

Існує також кондиціонер вагонний АВК-10 (рис. 8) призначений для підтримки комфортних параметрів повітря в салоні головного вагона моделі 62-7066 міжрегіональних двосистемних електропоїздів підвищеної комфортності. Режим роботи – нагрів, охолодження, вентиляція. Живлення кондиціонера $\sim 3 \times 380\text{ В}$. Кондиціонер автономний з холодильною машиною на базі герметичного компресора з повітряним охолодженням конденсатора.

Підігрів повітря здійснюється у вбудованому в кондиціонер електричному нагрівачі. Вентилятори випарника живляться від вагонної мережі 110В.

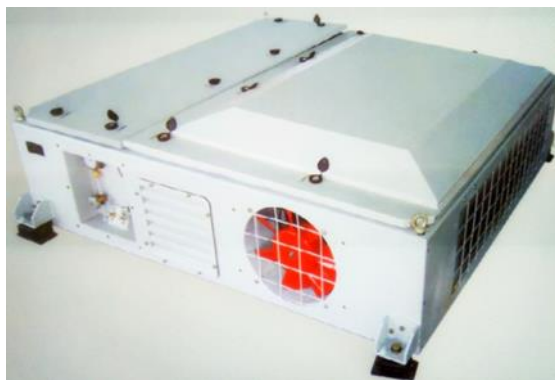


Рис. 8. Кондиціонер автономний вагонний АВК-10.

Висновки. Системи кондиціонування повітря у пасажирських вагонах повинні відповідати багатьом вимогам: стійко переносити аеродинамічні удари і зчеплення вагонів, забезпечувати подавання охолодженого повітря у вагон з певною швидкістю, забезпечувати рівномірне розподілення повітря по купе та можливість індивідуального регулювання температури в окремому купе. Крім того, вагонні кондиціонери повинні мати високу надійність та бути безпечними у пожежному відношенні. Огляд моделей кондиціонерів вітчизняних виробників дозволить виготівникам пасажирських вагонів проводити проектування систем забезпечення комфорту більш ефективно.

Список літератури

1. Колесникова Т. О., Помінова О. В., Колесников С. Р. Розвиток напрямку «кондиціонування повітря» на залізничному транспорті: наукометричний аспект. Наука та прогрес транспорту. 2016. № 3 (63). С. 7–19.
2. Khomenko, I. Yu. (2013). Vykorystannia rezhymu teplovoho nasosa dlia opalennia platskartnykh vahoniv, pislia yikh modernizatsii zi vstanovlenniam kondytsionera. Visnik of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2(191), 121-124. (in Ukrainian)
3. Liu, P. Issues & factors of train air-conditioning system design & Operation] : HVAC Technologies for Energy Efficiency.
4. Mastrullo, R., Mauro, A.W., & Vellucci, C. (2016). Refrigerant Alternatives for High Speed Train A/C Systems: Energy Savings and Environmental Emissions Evaluation under Variable Ambient Conditions. Energy Procedia, 101, 280-287. doi: 10.1016/j.egypro.2016.11.036. (in English)
5. Труфанова, А. В. Технічне діагностування системи кондиціонування повітря в пасажирських вагонах / А. В. Труфанова, В. В. Шаблій, Я. І. Гавенда // 36. наук. пр. Укр. держ. акад. залізн. трансп. – Харків, 2016. – Вип. 164. – С. 118–126.
6. Христян Є. В., Мямлін С. В., Новіков М. М., Трудов С. Б., Габринєць В. О., Титаренко І. В. Система комфортного клімату пасажирського вагона: пат. 70622 Україна : МПК В60Н 1/00 № u 201111933 ; заявл. 11.10.11 ; опубл. 25.06.12, Вип.. № 12.
7. Рожков А. О., Олефиренко А. В., Овчинников В. В. Система кондиционирования воздуха в купе пассажирского вагона [: пат. RU 2488747 С2 : МПК F24F 3/00 № 2011134218/12 ; заявл. 15.08.11 ; опубл. 27.07.13, Вип. № 21.
8. Звіт пасажирської компанії [Електронний ресурс]: [Офіційний сайт Міністерства інфраструктури України].

9. Полякова, О.М., Іванченко Ю. В. Особливості розвитку пасажирських перевезень на залізничному транспорті України. Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2017. – Вип. 57. – С.19-95.

Попатенко Сергій Миколайович, другий (магістерський) рівень навчання, група 214-ВВГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту.

Хом'яков Юрій Євгенович., перший (бакалаврський) рівень навчання, група 214-ВВГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту.

Маковій Василь Валерійович перший (бакалаврський) рівень навчання, група 215-ВВГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту.

ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАСТИЛА НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ БУКСОВИХ РОЛИКОВИХ ПІДШИПНИКІВ

*Науковий керівник – канд. техн. наук, доцент кафедри вагонів
УкрДУЗТ А. В. Труфанова*

***Анотація.** Існуюча конструкція буксового вузла із двома циліндричними роликовими підшипниками на гарячій посадці має недостатню надійність. Аналіз світового досвіду конструювання й експлуатації буксових вузлів із підшипниками кочення свідчить, що одним із шляхів підвищення надійності роликових букс може стати використання більш досконалих мастильних матеріалів. Мастило ЛЗ-ЦНИИ, яке використовується у буксах вантажних та пасажирських вагонів вже кілька десятків років, за своїми було фізико-хімічними властивостями вже не задовольняє сучасним умовам експлуатації. Більш перспективними є комплексні мастила на літієвій основі.*

***Ключові слова:** буксовий вузол, підшипник кочення, мастило стенод, температура, випробування.*

Вступ. Уся історія розвитку техніки є рядом поколінь машин і конструкцій, що послідовно змінюють один одного. Для вдосконалення останніх потрібно постійний вступ інформації про технічний стан виробів. Як найповнішим джерелом такої інформації можуть бути дані, які отримані за рахунок різних випробувань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У вагонному господарстві одного з найгостріших завдань являється проблема підвищення надійності буксових вузлів рухомого складу. За даними Укрзалізниці приблизно 40% відчеплень вагонів в дорозі відбувається із-за нагріву буксових вузлів[1]. Дослідниками пропонувалися різні способи підвищення надійності роботи роликових букс. Такі способи можна розділити на 3 групи: - експлуатаційні; - конструкційні; - технологічні. До першої групи можна віднести пропозицію змінити терміни проведення повних ревізій [2]. Набагато частіше поступали пропозиції змінити конструкцію підшипника. Так, в деяких дослідженнях пропонувалося підвищити довговічність підшипника за рахунок застосування порожнистих роликів [3], застосування бомбіни на роликах [4], зміна торців роликів [5], введенням "розвалу" бортів кілець підшипника [6]. Вдосконалення технології зводилося до пропозицій поліпшення якості монтажно-демонтажних робіт за рахунок впровадження засобів механізації ремонту і неруйнівного контролю, а також використання нових конструкційних матеріалів та мастильних матеріалів [7].

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є порівняльний аналіз для оцінки працездатності мастил та оцінки впливу на технічний стан буксових підшипників.

Для оцінки впливу на технічний стан буксових вузлів та випробування на надійність розрізняють визначальні і контрольні випробування[8]. Необхідно проаналізувати отримані данні із заданою точністю і достовірністю показників надійності конструкцій які випробовуються. Та у укладенні зробити висновки задовольняє виробу встановленим вимогам або ні?

Основна частина дослідження. Упродовж двох років. Українським науково-дослідним інститутом вагобудування за участю співробітників Українського державного університету залізничного транспорту і ряду інших зацікавлених організацій були проведені контрольні експлуатаційні випробування роликів підшипників з використанням різних типів мастил. Використовувані мастила можна розділити на дві групи: мастила на натрієво-кальцієвій основі з різними добавками і мастила на літєвій основі. До першої групи відносилися мастила ЛЗ-ЦНП з препаратом модифікатор "ЭМПи-1", ЛЗ-ЦНП з досвідченої партії ВАТИ "АЗМОЛ", ЛЗ-ЦНИИ АЗМОЛ згідно з ТУ. У 23.2-00149943-541-2001. До мастил на літєвій основі відносилися відповідно МАСМА-ЗУМ виготовлення УкрНІНП "МАСМА", мастила ЖРО і ЛЖД виробництва ВАТ АЗМОЛ "Азовські мастила та оливи". Також у випробуваннях брали участь мастила виробництва фірми "Castrol-marine" і "Арканол" німецької фірми "FAG".

Колісні пари з досвідченими мастилами експлуатувалися в хопер-дозаторної вертушці. Методика випробувань передбачала проведення проміжних ревізій після пробігу 40 тис. км, під час яких контролювався стан торцевого кріплення буксових вузлів, а також візуальний аналіз стан мастила на наявність металевих включень і забруднення. Крім того, проводився хімічний аналіз зразків мастила. Стан торцевого кріплення буксових вузлів перевірявся шляхом обстукування гайок М110. Послаблення виявлене не було, в мастилі металевих включень не виявлено.

Остаточний огляд при повній ревізії показав, що стан підшипників, в яких використовувалося мастило на натрієво-кальцієвій основі значно гірше, ніж у підшипників з мастилом на літєвій основі. Особливо характерно це проявилось у підшипників з мастилом ЛЗ-ЦНП з додаванням модифікатора, де практично на усіх підшипниках були виявлені корозійні ушкодження на доріжках кочення зовнішніх і внутрішніх кілець (рис. 1), знос типу "ялиночка" на торцях роликів і задираки по бортах кілець (рис.2). На бортах кілець була виявлена також точкова корозія.



Рис. 1.Корозійні пошкодження зовнішнього кільця.



Рис. 2.Задири та знос на борту зовнішнього кільця.

Підшипники з іншими мастилами ЛЗ-ЦНІІ мали аналогічні ушкодження, але в набагато меншому ступені. Підшипники з мастилом на літєвій основі мали незначні ушкодження. На деяких підшипниках були виявлені невеликі плями корозії і ролики були майже без зауважень. Виключенням є мастило "Арканол", де на зовнішніх кільцях була знайдена незначна корозія, на бортах кілець і торцях роликів - невеликі задираки типу "ялиночка". На внутрішніх кільцях спостерігалися наміни і риски по колу кочення (рис.3).



Рис. 3. Кругові риски на доріжці кочення внутрішнього кільця.

Висновки. В результаті проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Результати випробувань підтвердили, що мастила типу ЛЗ-ЦНІ активно вбирають вологу, сприяючи розвитку корозії на поверхнях підшипників.

2. Використання мастил на літєвій основі дозволяє істотно зменшити вірогідність виникнення на бортах кілець підшипників і торцях роликів задирів і пошкоджень.

3. Найкращим способом підвищення надійності роликових букс являється звільнення підшипників від сприйняття осєових навантажєнь шляхом використання касєтних конічних підшипників.

4. Використання конічних підшипників дозволяє відмовитися від проведення проміжних ревізій, знижуючи тим самим вірогідність попадання сторонніх включєнь у букси.

Список літератури

1. Гаврилюк А. Ф., Вєщева Н. Е., Мартынов И. Э., Самсонкин В. Н., Труфанова А. В. Пути повышения безопасности движения в вагонном хозяйстве. Восточно-украинский журнал передовых технологий . 2003. №5. С. 30-32.

2. Мартынов И. Э., Мотовилов К. В., Устич П. А. Определение оптимальных сроков проведения полных ревизий букс с роликовыми подшипниками. Москва: 1990 г. Деп. в ЦНИИ ТЭИ МПС 17.06.90, № 5280 ж.д.

3. Красюков А. П. Эффективность применения полых роликов для букс подвижного состава. Повышение надежности и долговечности подшипников качения букс подвижного состава. Межвуз. темат. сб. Ростов-на-Дону: РИИЖТ, 1982. №167. С. 57-66.

4. Филатова Е. М., Битюцкий Ю. И., Матюшин С. И. К расчетам оптимальных буксовых подшипников для перспективных условий эксплуатации железнодорожного подвижного состава. Совершенствование методов расчета и конструирования механизмов и узлов железнодорожного подвижного состава. Сб. науч. тр. М.:ВЗИИТ. 1981. Вып. 114. С. 4-18

5. Филатова Е. М., Мартынов В. С. Момент сопротивления вращению цилиндрического роликового подшипника при комбинированной нагрузке Вопросы надежности и долговечностииз убчатых передач и подшипников подвижного состава Межвуз. тематич. сб. – Ростов-на-Дону: РИИЖТ, 1977. Вып. 140. С. 66-74.

6. Шавшишвили А. Д. Работа цилиндрических роликовых подшипников в контакте торец роликаборт кольца. Пути совершенствования конструкций буксо-выхузов вагонов с подшипниками качения Труды ВНИИЖТ. - М.: Транспорт, 1982. Вып. 654. С.90-97.

7. Цуркан И. Г., Коган М. С. Принцип действия и эффективность противозадирной присадки в буксовых смазках. Работа вагонных букс с

роликовыми подшипниками при высокоскоростном движении. Труды ВНИИЖТ. - М.: Транспорт, 1970. Вып. 405. С.110-116.

8. Фишбейн Ф. И. Методы оценки надежности по результатам испытаний. – М.: Знание. 1973. 35 с.

Багмут Петро Вікторович.,другий (магістерський) рівень навчання, група 216-ВВГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту.

Бондаренко Яна Борисовна, перший (бакалаврський) рівень навчання, група 216-ВВГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту.

Готько Дмитро Сергійович. магістр-науковець рівень навчання, група 3-6-Вм Українського державного університету залізничного транспорту.

Грищенко Ю. В., Новіков А. О., Поляков О. В.

ЗБІЛЬШЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДВОРЯДНИХ ПІДШИПНИКІВ КАСЕТНОГО ТИПУ ДЛЯ РУХОМОГО СКЛАДУ

*Науковий керівник – доктор техн. наук, професор кафедри вагонів
УкрДУЗТ І. Е. Мартинов*

Анотація. В статті розглянута актуальна проблема вибору раціональних параметрів контакту торців роликів дворядних конічних підшипників в місці обпирання на борт кільця. Розв'язання складається з вибору оптимального кута нахилу борта та висоти борта внутрішнього опорного кільця. Конструктивні параметри повинні бути обрані таким чином, щоб полюса конуса роликів співпадали з полюсом підшипника. Проведені розрахунки дозволили обрати раціональні параметри кута нахилу опорного борту дворядного буксового конічного підшипника.

Ключові слова: колісна пара, конічний підшипники, вагонна ось, математична модель, циклічне навантаження.

Вступ. Однією з найважливіших експлуатаційних характеристик конічного роликового підшипника, що відрізняє його від інших підшипників, є висока вантажопідйомність як в осьовому, так і радіальному напрямку. Тому на залізницях різних країн світу в буксах вантажних та пасажирських вагонів замість циліндричних роликових підшипників досить широко використовуються дворядні конічні підшипники касетного типу. У порівнянні зі звичайними циліндричними підшипниками вони мають збільшену довговічність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Враховуючи те, що на підшипники, що використовуються у буксах вагонів і локомотивів, діють значні навантаження, стає зрозумілим, чому останнім часом фахівці залізничного транспорту як в країнах СНД, так і країнах дальнього зарубіжжя стали приділяти більше уваги питанням використання конічних підшипників на рухомому складі [1-3]. У конічних підшипників в зоні контакту ролика з доріжкою кочення кілець має місце кочення, але в зоні контакту торця ролика з опорним бортом внутрішнього кільця має місце ковзання, якого неможливо позбутися. Так, в роботі [4] стверджується, що спрацювання опорних бортів та торців роликів суттєво більше, ніж на доріжках кочення. Напруження в зоні контакту можна обчислити за формулами контактної теорії Герца [5]. Півосі площадки контакту не повинні виходити за межі площини контакту. Якщо ця умова не виконується, в торцевому упорі виникає так званий "крайковий

контакт". Він супроводжується збільшеним спрацюванням, додатковими втратами на тертя, зростанням виділення тепла. Це суттєво впливає на працездатність підшипникового вузла в цілому.

В роботі [6] проведено дослідження впливу перекосу на довговічність від утоми конічних роликових підшипників. Автор дослідження [7] розрахував робочі моменти в конічних роликових підшипниках; характеристики таких підшипників при контакті фланцевого виступу і торця ролика досліджувалися в статті [8]. Але в цих роботах розглядалися лише осьові навантаження; перекіс внутрішнього кільця у вказаних умовах не міг відбуватися.

Визначення мети та завдання дослідження. Завдання дослідження полягає в практичному використанні методів оптимального проектування для вибору параметрів контакту "борт підшипника – торець конічного ролика.

Основна частина дослідження. При виготовленні підшипників опорний борт може бути виготовлений конічним або сферичним. Конічний борт більш технологічний, контроль його параметрів здійснюється набагато простіше, тому в основному конічні підшипники виготовляються з конічними бортами. Тому вибір параметрів борта внутрішнього кільця у першому наближенні складається з вибору оптимального кута нахилу борта та висоти борта внутрішнього опорного кільця.

При проектуванні конічних роликопідшипників їх конструктивні параметри повинні бути обрані таким чином, щоб полюса конуса роликів співпадали з полюсом підшипника. Це необхідно для дотримання кінематичного принципу роликового підшипника (відсутність проковзування роликів відносно доріжок кочення вздовж їх утворюючих).

Введемо систему прямокутних координат OXYZ (рис. 1), початок якої співпадає з вершиною конуса опорного борта, ось X співпадає з віссю підшипника, ось Z лежить у площині, що проходить крізь осі підшипника та ролика.

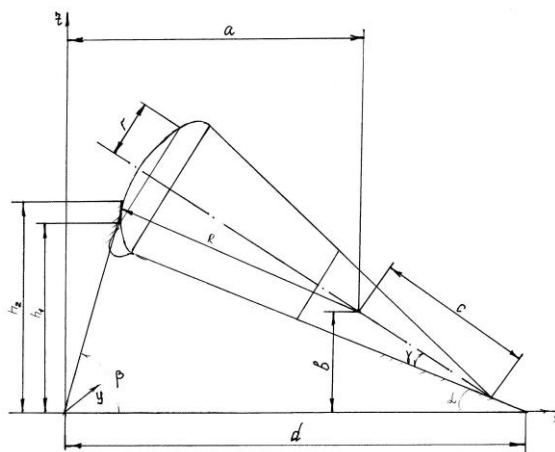


Рис. 1 Контакт поверхонь торця ролика і опорного борта внутрішнього кільця

де α – половина кута конуса доріжки кочення внутрішнього кільця;
 β – половина кута конуса опорного борта внутрішнього кільця;
 γ – половина кута конуса ролика;
 R – радіус сфери торця ролика;
 a і b – відповідно абсциса та апліката центра сфери торця ролика;
 d – відстань між вершинами конусів опорного борта і доріжки кочення внутрішнього кільця;
 r – радіус крайки ролика;
 h_1 та h_2 – радіуси окружностей внутрішньої та зовнішньої крайки опорного борта;
 c – відстань між центром сфери торця ролика і вершиною конуса ролика;
 x_0, y_0, z_0 – відповідно абсциса, ордината та апліката крапки контакту торця ролика і опорного борта.

Як зазначалося раніше, характер контакту торця ролика та опорного боту може суттєво вплинути на загальну працездатність підшипникового вузла в цілому. Найбільш сприятливим є торкання, коли контакт здійснюється у єдиній крапці.

Рівняння сферичної поверхні торця ролика має вигляд

$$y^2 = R^2 - (x - a)^2 - (z - b)^2 \quad (1)$$

Відповідне рівняння для конічної поверхні борта має вигляд

$$y^2 = x^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \beta - z^2 \quad (2)$$

При цьому необхідно зазначити, що

$$c \cdot \sin \gamma = b \cdot \cos \alpha - (d - a) \cdot \sin \alpha \quad (3)$$

умовою існування сумісної площини торкання у крапках контакту, як стверджується у роботі [7], є рівність відповідних часткових похідних функцій (1) і (2) в цих крапках. Таким чином, після диференціювання рівнянь (1) і (2) необхідно порівняти відповідні часткові похідні і отримати вирази для координат крапок контакту.

У загальному випадку, якщо центр сфери ролика не буде знаходитися на осі підшипника, то координати крапок контакту матимуть наступний вигляд:

$$\begin{cases} a = \frac{(c \cdot \sin \gamma + d \cdot \sin \alpha) \cdot \sin \beta - R \cdot \sin \alpha}{\sin(\beta + \alpha)} \\ b = \frac{R \cdot \cos \alpha + (c \cdot \sin \gamma + d \cdot \sin \alpha) \cdot \cos \beta}{\sin(\beta + \alpha)} \\ x_0 = a - R \cdot \sin \beta \\ y_0 = 0 \\ z_0 = b + R \cdot \cos \beta \end{cases} \quad (4)$$

За цих умов контакт торця ролика з опорним бортом буде відбуватися у єдиній крапці.

Якщо центр сфери ролика знаходиться на осі підшипника, то координати крапок контакту матимуть наступний вигляд:

$$\begin{cases} a = 0 \\ b = \frac{R}{\sin \beta} \\ x_0 = R \cdot \operatorname{ctg} \beta \cdot \cos \beta \\ y_0^2 + z_0^2 = R^2 \cdot \cos^2 \beta \end{cases} \quad (5)$$

Необхідно зазначити, що вираз (5) є частковим випадком (4).

При конструюванні підшипників необхідно обирати конструктивні параметри таким чином, щоб забезпечити найбільш сприятливі умови для роботи конічного роликopідшипника, тобто забезпечити торкання у єдиній крапці. Аналіз конструкцій конічних підшипників свідчить, що це відбувається за таких умов:

$$\begin{cases} h_1 \leq \frac{(b \cdot \sin \gamma + d \sin \alpha) \cdot \sin \beta - R \cdot \sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} + R \cdot \cos \alpha \leq h_2 \\ \left| \alpha + \beta + \gamma - \frac{\pi}{2} \right| \leq \arcsin \frac{r}{R} \end{cases} \quad (6)$$

Таким чином, встановлені умови, за яких у випадку чистого торкання реалізується найбільш сприятлива кінематика конічного роликopідшипника. За допомогою наведених вище формул здійснювалося проектування двохрядного конічного підшипника, призначеного для використання у буксах вантажних вагонів.

На підставі отриманих залежностей була розроблена програма у середовищі Matchad. Проведені розрахунки свідчать, що кут нахилу опорного борту не повинен перевищувати 3° . Підвищення кута нахилу утворюючих роликів збільшує вантажопідйомність підшипника в цілому.

Висновки. Виконані дослідження дозволили обрати раціональні параметри контактуючих поверхонь "торець ролика – борт кільця" для буксових підшипників вантажних вагонів. Подальші дослідження в цьому напрямку дозволять з більшою точністю прогнозувати довговічність буксових вузлів.

Список літератури:

1. Белти Г. Улучшение характеристик буксовых роликовых подшипников // Железные дороги мира. – 1994. – № 4. – С. 64-65

2. Прешель 3. Подшипники качения для нового подвижного состава // Железнодорожный транспорт. – 1993. № 4. – С. 39-41.
3. С. Endean A nation built by railways. – Evolution, №2, 2002. p. 10-13.
4. Korren H. Gleiteibung und Grenzbelastung an den Bozdfasher von Kegelrollenlagern, VDJ-Z, March, 1967, -121 p.
5. Перель Л. Я. Подшипники качения: Справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 543 с.
6. Матрохина Н. Г., Городецкий Ю. Г., Григорьев В. Ф. Расчет допустимых отклонений параметров, определяющих контакт роликов с опорным бортом внутреннего кольца конического роликоподшипника. – Труды института, №4 (90). – М.: Специнформцентр ВНИИППа, 1976. – С. 33-51.
7. Andereason S. Load Distribution in Taper Roller Bearing Arrangment Considering Misalighment. – Tribology, Vol. 6, №3, June 1973, p. 84-92
8. Бережинский В. М. Повышение долговечности конических подшипников, применяемых в ступицах передних колес грузовых автомобилей // Исследование и разработка прогрессивных конструкций подшипников / Труды ВНИИППа, 1982. -№3- с. 54-73.

Грищенко Юрий Владимирович, другий (магістерський) рівень навчання, група 215-ВВГ-319
 Українського державного університету залізничного транспорту.
 Тел.: +38 (057) 730-10-36, E-mail: martinovhiit@gmail.com..

Новіков Антон Олександрович, другий (магістерський) рівень навчання, група 214-ВВГ-319
 Українського державного університету залізничного транспорту.
 Тел.: +38 (057) 730-10-36, E-mail: martinovhiit@gmail.com.

Поляков Олександр Васильович, другий (магістерський) рівень навчання, група 216-ВВГ-319
 Українського державного університету залізничного транспорту.
 Тел.: +38 (057) 730-10-36, E-mail: martinovhiit@gmail.com.

ДО ПИТАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ХОДОВИХ ЧАСТИН ВАГОНІВ

*Науковий керівник – канд. техн. наук, доцент вагонів УкрДУЗТ
А. В. Труфанова*

***Анотація.** У роботі розглянуті існуючі у теперішній час системи діагностування елементів конструкції рухомого складу. Проведений огляд основних та перспективних напрямків технічної діагностики ходових частин рухомого складу, як засобу підвищення надійності рухомого складу та безпеки руху, надав можливість удосконалити методи та технологію організації процесу ремонту буксових вузлів вантажних вагонів. Застосування автоматизованого стенда вібродіагностики і обкатки підшипників буксових вузлів колісних пар дозволяє суттєво скоротити відмови буксових вузлів.*

***Ключові слова:** технічна діагностика, ходові частини, вагон, надійність, відмова, безпека руху, вібродіагностика.*

Вступ. Залізниці усього світу є стратегічно важливим видом транспорту для кожної країни. На залізничному транспорті проводиться значна кількість відвантажень і, відповідно, перевезень всіх видів продукції. Для подальшого розвитку залізниць необхідні нові конструкторські рішення при розробках сучасного рухомого складу, які дозволять, в першу чергу, забезпечити високий рівень надійності і, тим самим, гарантувати підвищення рівня безпеки руху, що призведе до економічного зростання залізничної галузі. Підвищення безпеки руху поїздів є важливою складовою ефективної роботи і розвитку залізничного транспорту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розв'язання проблеми підвищення безпеки руху та надійності рухомого складу багато в чому визначається технічним станом вагонного парку і рівнем його технічного обслуговування. Конструкторські розробки нового рухомого складу дозволять поліпшити техніко-економічні параметри, скоротити транспортну складову в ціні продукції, що перевозиться, прискорити модернізацію матеріально-технічної бази залізничного транспорту, збільшити масу поїздів, скоротити питомі витрати енергоресурсів на тягу, прискорити просування вантажопотоків, підвищити безпеку руху, безвідмовність і експлуатаційну готовність вагонів. Всі ці принципи закладаються на самому початковому етапі створення вагона - проектуванні.

Над питаннями удосконалення технічної діагностики рухомого складу працює багато вчених як на Україні, так і за її межами. Технічна діагностика

все більш впроваджується в технологічні процеси технічного обслуговування та ремонту вагонів [1, 2]. Так, на залізницях ряду країн світу розпочалося впровадження систем контролю параметрів колісних пар рухомого складу в русі, що працюють на принципі безконтактного оптичного вимірювання. Ці системи дозволяють виявляти дефекти колеса задовго до того, як вони можуть стати причиною аварії. З їх допомогою можна вимірювати в динаміці такі параметри колеса, як діаметр, висота і товщина гребеня, ширина поверхні катання, що зношується частини, товщина обода [3]. Інший принцип побудови систем контролю параметрів колісних пар заснований на опроміненні поверхні кочення колеса лазером, площину променя якого перпендикулярна цій поверхні, реалізований в таких вимірювальних системах, як Argus (Hegenscheidt-MFD, Німеччина) і EVA (Talga Group, Іспанія) [4]. У даній роботі вчені в Німеччині стверджують, що існуючий метод ультразвукового контролю не дозволяє ефективно розпізнати всі можливі дефекти колеса. Тому дослідження були спрямовані на оптимізацію системи діагностики, яка показала перші хороші результати, і в даний час розробляються плани подовження дослідження в цьому напрямку [5].

Основна частина дослідження. Вантажні вагони експлуатуються в специфічних умовах. Агресивний вплив вантажу, пошкодження при операціях завантаження і розвантаження, значні експлуатаційні навантаження, зношений рухомий склад, незадовільний стан колії і т.п. призводять до пошкодження і потрапляння вагонів в ремонт. Найбільша кількість несправностей вантажних вагонів (51%) носять технологічний характер, 39% – експлуатаційний характер, а 10% – пошкодження з інших причин.[6,7] В останні роки збільшилася кількість пошкоджень рухомого складу, які носять технологічний характер. Це обумовлено значним терміном служби рухомого складу, недостатнім забезпеченням ремонтних депо матеріалами і запчастинами та їх низькою якістю, зниженням матеріальної зацікавленості працівників ремонтних підприємств і повільним впровадженням сучасного діагностичного обладнання. Експлуатаційний характер несправностей виникає з причини природного зносу деталей і вузлів вагона в процесі експлуатації і не пов'язаний з якістю виготовлення або ремонтом. Інші пошкодження відбуваються через порушення встановлених правил експлуатації вантажних вагонів на шляхах загального користування і коліях промислових підприємств. На стадії проектування і виготовлення вагонів встановлюються певні характеристики надійності, виходячи з завдання перевізного процесу з дотриманням вимог безпеки руху та збереження вантажів. При порівнянні результатів відмов вагонів за типами, встановлено, що найбільш відмовонебезпечним, а як наслідок, найбільш витратним за змістом і першорядним по увазі щодо безпеки руху та збереження вантажу є напіввагон – до 58%, далі парк інших вагонів – до 14% (мінераловози, зерновози, цементовози), криті вагони – до 10%, цистерни – до 9% і платформи – до 9%. Експлуатація вагонів призводить до зменшення їх технічного ресурсу, який з часом необхідно відновлювати, отже, вагони відносяться до відновлюваних (ремонтованих) об'єктів. Чим вище надійність

вагонів, тим менше витрати на технічне обслуговування і тим рідше вони потребуватимуть планового ремонту. Однак, з підвищенням надійності вагонів, зростають і витрати на їх виготовлення. Несправності вагонів усіх типів, в результаті яких сталися транспортні пригоди, можна розподілити таким чином: несправність і відмова в роботі гальмівного обладнання в гарантійний термін експлуатації – 41%; несправності буксових вузлів – 21%; несправності кузова вагона — 7%; несправності автозчепів – 4%; несправність візків – 7%; несправність колісних пар – 3%. Основною і головною причиною виникнення транспортних пригод є несвоєчасне вилучення з експлуатації рухомого складу, технічний стан якого не відповідає вимогам ПТЕ. Тобто залишаються можливі великі ризики виникнення порушень безпеки руху.

Одним з основних напрямків та перспективних напрямків підвищення рівня безпеки руху, надійності рухомого складу та зниження кількості відмов технічних засобів є розвиток засобів діагностики рухомого складу. Основна вимога до засобів діагностики: необхідність домогтися такого рівня підтвердження дефектів, що виявляються, який дозволив би виключити необхідність підтвердження показань оглядачами вагонів. Тим самим знизиться вплив людського фактора на прийняття рішення.

Найбільша кількість відмов технічних засобів і випадків порушення безпеки руху припадає на несправності гальмівного обладнання та буксового вузла. Для скорочення кількості відмов буксових вузлів в експлуатації перспективним є проведення вихідного контролю якості відремонтованих буксових вузлів із застосуванням вібродіагностичних стендів.

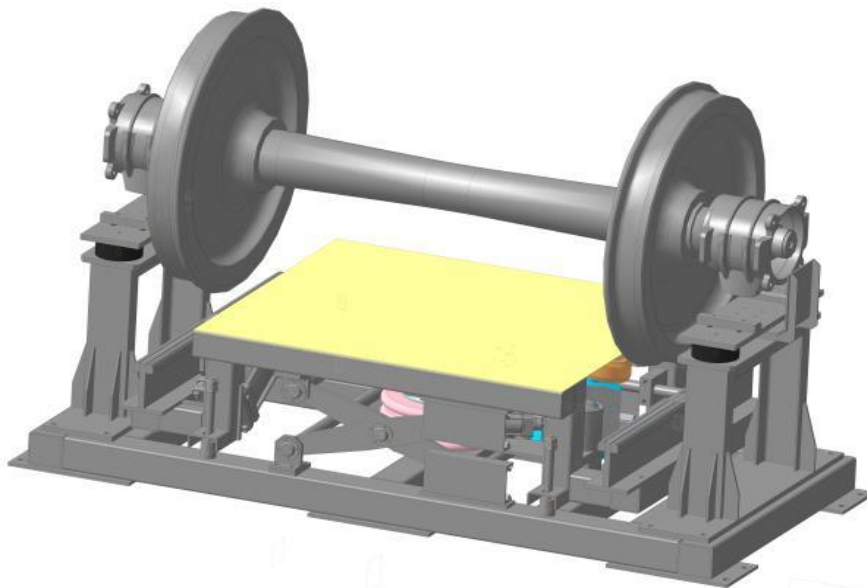


Рис. 1. Стенд вібродіагностики і обкатки підшипників буксових вузлів колісних пар

Застосування автоматизованого стенда вібродіагностики і обкатки підшипників буксових вузлів колісних пар в ланцюзі технологічного обладнання по ремонту колісних пар вагонів в умовах ремонтних підприємств

(вагонних депо) в якості обкатного і контрольно-діагностичного обладнання, дозволяє автоматично виявляти несправності підшипників буксових вузлів колісних пар з видачею повідомлення по критерієм «придатний - брак», а саме:

- задирки на торцях роликів і бортах внутрішніх кілець підшипників;
- втомні і корозійні раковини на доріжках кочення зовнішніх і внутрішніх кілець, а також роликів;
- розриви внутрішнього кільця;
- відколи борту зовнішнього кільця;
- відколи торців роликів;
- задирки і повзуни на доріжках кочення внутрішнього кільця і на поверхні ролика;
- злами упорного кільця і сепаратора;
- тріщини.

Діагностика виконується по одному циклу аналізу шумів кожної букси колісної пари. Дані про аналіз кожного циклу виводяться на екран у вигляді профілограми.

Після закінчення діагностування колісної пари дані зберігаються в базу даних, в якій містяться: табельний номер дефектоскопіста, номер перевіреної колісної пари, результат перевірки (брак виявлено або шлюб не виявлено), дата перевірки, час перевірки. Вміст бази даних може бути надруковано.

Застосування автоматизованого стенда вібродіагностики і обкатки підшипників буксових вузлів колісних пар дозволяє в чотири рази скоротити брак по буксовими вузлу через дефект ремонту.

Крім того заслуговує на увагу такий вид діагностичного обладнання як «Стенд вібродіагностики підшипників кочення».



Рис. 2. Стенд вібродіагностики підшипників кочення

Даний стенд призначений для проведення контролю технічного стану підшипників кочення в роликів відділеннях дільниць по ремонту буксових вузлів при ремонті рухомого складу та забезпечує:

- вібраційне діагностування буксових підшипників;
- зберігання зареєстрованої діагностичної інформації;
- взаємодія з оператором, відображення результатів діагностування на екрані робочого місця оператора;
- видачу рекомендацій обслуговуючому персоналу за результатами вібраційного діагностування;
- проведення вбудованого контролю системи діагностики.

Дефектами, що діагностуються обладнанням, є такі дефекти підшипників кочення:

- дисбаланс;
- перекид підшипника при посадці;
- неоднорідний радіальний натяг;
- знос доріжки кочення зовнішнього кільця;
- знос доріжки кочення внутрішнього кільця;
- корозія, тріщини на доріжці кочення зовнішнього кільця;
- корозія, тріщини на доріжці кочення внутрішнього кільця;
- корозія, тріщини на поверхні тіл кочення;
- знос сепаратора;
- прослизання кільця.

Що стосується діагностичного (випробувального) обладнання, яке використовується при ремонті гальмівного обладнання, необхідно відзначити наступне:

- стенд для випробування повітророзподільників вантажних вагонів;
- стенд для проведення випробувань робочих камер повітророзподільників;
- стенд для ремонту і проведення випробувань авторежимів;
- стенд для ремонту і проведення випробувань гальмівних циліндрів;
- стенд для підбору спіральних пружин гальмівного обладнання вагонів;
- стенд для випробування з'єднувальних рукавів;
- стенд для проведення випробувань резервуарів вантажних вагонів;

В основі функціонування пункту технічного обслуговування (ПТО) мережевого значення лежить кардинальна зміна технології дефектоскопіювання технічного стану вантажних вагонів. Робота оглядачів вагонів доповнюється використанням автоматизованих систем неруйнівного контролю, які здійснюють визначення дефектів вагонів на ходу поїзда при підході до станції. При цьому відбраковування вузла або деталі вагона проводиться автоматично без участі оператора. Це накладає жорсткі вимоги до надійності, швидкодії і умов експлуатації використовуваних діагностичних засобів. На центральний пункт управління ПТО повинні передаватися дані від кожної діагностичної системи. Далі по ним приймається рішення про необхідність ремонту або відчеплення забракованого вагона. Дані про параметри кожного

проконтрольованого поїзда реєструються для подальшого зберігання, частина з них передається на наступний ПТО, так як їх наявність збільшує вірогідність діагностування багатьох дефектів.

На теперішній час на полігоні залізниць України найбільшого поширення для контролю технічного стану рухомого складу під час руху поїзда набули такі засоби діагностики як: - для теплового контролю буксових вузлів апаратура АСДК-Б, КТСМ та впроваджується апаратура АКРО-Б.

Автоматизовані діагностичні комплекси контролю технічного стану вагона на ходу поїзда повинні виявляти такі несправності вагонів:

- контроль температури буксового вузла і загальмованих коліс;
- контроль волочіння;
- контроль габаритних розмірів вагонів;
- контроль дефектів колеса по колу катання і буксових вузлів.

Як приклад перспективної системи контролю можна навести «Автоматизовану систему акустичного контролю підшипників», яка дозволяє виявляти дефекти буксових вузлів на ранній стадії їх розвитку шляхом вимірювання та аналізу акустичних шумів, випромінюваних вібрацією дефектних підшипників буксових вузлів потягів, що проходять пост акустичного контролю.

Унікальна методика оцінки та аналізу забезпечує 100% підтвердження виявлених дефектів;

- контроль параметрів ударно тягового механізму;
- контроль нерівномірності завантаження вагонів;
- контроль геометричних параметрів колеса.

Застосування автоматизованого діагностичного комплексу для вимірювання геометричних параметрів колісних пар вантажних вагонів дозволяє проводити вимірювання геометричних параметрів колісних пар вантажних вагонів на ходу поїзда (товщини гребеня, товщини обода, різниці товщини гребенів на одній колісній парі). Комплекс може доповнюватися підсистемами виявлення зсуву буксового вузла і дефектів на поверхні кочення. Дана технологія дозволяє збільшити пропускну здатність на ділянках залізниць за рахунок скорочення простоїв вантажних поїздів в пунктах технічного огляду, скоротити експлуатаційні витрати при вивільненні технічного персоналу, підвищити достовірність вимірювань, вести автоматизований моніторинг стану колісних пар вантажних поїздів, планування своєчасного ремонту, виконувати контроль сповзання букси з шийки осі.

Висновки. Використання діагностичного обладнання як при виконанні планових видів ремонту вантажних вагонів, так і при проведенні технічного обслуговування не є «панацеєю» від неякісного ремонту рухомого складу, але в комплексі з відповідним матеріально-технічним забезпеченням та виконанням вимог нормативної документації, безпосередніми виконавцями, в змозі підвищити рівень безпеки руху поїздів.

Список літератури

- 1 Мельничук В. О. Удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів / В. О. Мельничук, С. В. Мамлін, І. В. Ісопенко, В. В. Мямлін // Зб. наук. праць ДонІЗТ. – 2010. – Вип. 22.
- 2 Елязов І. Ш. Вдосконалення системи контролю технічного стану вантажних / І. Ш. Елязов, В. Г. Равлюк // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2014. – вип.149.
- 3 Венедиктов А. З. Бесконтактный контроль параметров колесных пар / А. З. Венедиктов // Железные дороги мира. – 2004. – № 10. – С. 61–65.
- 4 Хаушилд, Г. Автоматическая система диагностики колесных пар с помощью системы ARGUS / Г. Хаушилд // Железные дороги мира. – 2001. – № 12. – С. 36–42.
- 5 Hintze, H. Nondestructive testing of train wheels at the German Bahn AG / H. Hintze // NTDnet. – 1997. – № 6. – Vol. 2.
- 6 Мямлін С. В., Проблема визначення терміну «надійність». Методологія побудови та вивчення надійності вантажних вагонів / С. В. Мямлін, Л. А. Мурадян, Д. М. Барановський // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2015. – №6(60). – С. 126-133.
- 7 Мямлін С. В. Розробка конструкцій та машинобудівних технологій створення вантажних вагонів нового покоління [Текст] / С. В. Мямлін // Вагонний парк. – 2014. – №10. – С. 4-9.

Волкова Ірина Олександрівна, другий (магістерський) рівень навчання, група 215-ВВГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (057) 730-10-35, E-mail: alena.hiit.vagons@gmail.com.

Калашнікова Марина Вікторівна, другий (магістерський) рівень навчання, група 215-ВВГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (057) 730-10-35, E-mail: martinov.hiit.vagons@gmail.com.

Кузнецов Родіон Сергійович, другий (магістерський) рівень навчання, група група 3-6-ВМ, Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (057) 730-10-35, E-mail: martinov.hiit.vagons@gmail.com.

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ НА ШЛЯХУ ПРЯМУВАННЯ

*Наукові керівники – канд. техн. наук, доцент кафедри вагонів
УкрДУЗТ В. М. Петухов, канд. техн. наук, доцент кафедри вагонів УкрДУЗТ
В.В. Бондаренко*

Анотація. В статті розглянута актуальна проблема контролю електричного обладнання пасажирських вагонів. Своєчасне виявлення несправностей та інформування обслуговуючого персоналу дозволяють запобігти важкі наслідки їх розвитку до поломки та виходу з ладу відповідальних вузлів і деталей, зведення до мінімуму затримок у русі, зменшення зносу конструктивних елементів.

Визначено, що використовуючи як базу систему ПАІДС «ВИД», доповнюючи і вдосконалюючи її компоненти з'являється реальна можливість створення вітчизняного сучасного комплексу контролю та діагностики технічного стану пасажирських вагонів. Він дозволить не лише виявляти наявні дефекти, але й прогнозувати їх розвиток з плином часу, тим самим, попереджаючи виникнення небезпечних ситуацій та даючи можливість більш ефективно організувати систему попереджувального технічного обслуговування та ремонту пасажирського рухомого складу.

Ключові слова: пасажирський вагон; електроустаткування; промислові контролери; експлуатація пасажирських вагонів; автоматизована інформаційно-діагностична система.

Вступ. Як показує статистика, найбільшу кількість несправностей пасажирських вагонів доводиться на електроустаткування. Це приводить до відключення важливих систем життєзабезпечення вагона, таких як освітлення, вентиляція, кондиціонування й опалення. Що у свою чергу знижує комфортність поїздки для пасажирів і веде до имиджевих і фінансових втрат пасажирських перевезень.

Електроустаткування пасажирських вагонів працює в тяжких умовах. У процесі експлуатації на нього впливають значні динамічні зусилля, що виникають у процесі вібрацій і поштовхів, особливо при високих швидкостях руху.

Рішення проблеми раннього виявлення та реєстрації несправностей є найважливішим завданням безпеки на залізничному транспорті. Своєчасне виявлення несправностей та інформування обслуговуючого персоналу дозволяють вжити необхідних заходів і запобігти важкі наслідки їх розвитку до поломки та виходу з ладу відповідальних вузлів і деталей, що створюють

загрозу безпеці руху, до зведення до мінімуму затримок у русі, зменшення зносу конструктивних елементів.

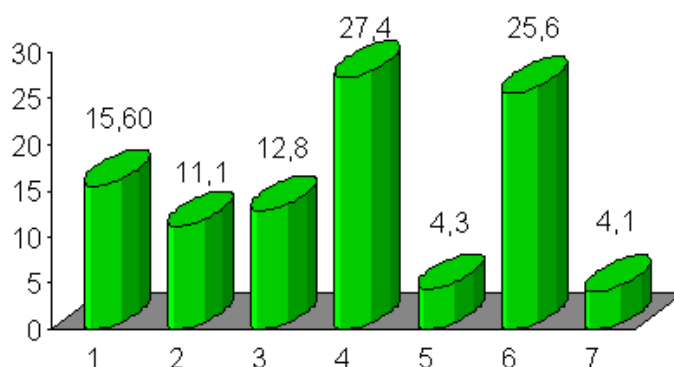
Постанова проблеми. Для вагонного устаткування характерно, що воно на шляху прямовання поїзда працює довгостроково і майже безупинно. За невеликий час стоянок практично неможливо здійснювати профілактичний огляд і регулювання. Через це з'явилася необхідність в удосконалюванні електроустаткування в області самодіагностики і самоконтролю справності електричних вузлів вагона. Крім того, вирішення цієї проблеми, сприяє скороченню витрат на технічне обслуговування та ремонт, так як ремонт, що виконується в депо більш якісний, ніж що виконується на шляху прямовання. [1].

Невирішеність досить великої кількості проблем по створенню шляхової системи ранньої діагностики вузлів рухомих потягів потребує розвитку, як методів контролю, так і програмно-апаратних засобів. Тому роботи спрямовані на комплексне вирішення задачі моніторингу технічного стану рухомого складу та своєчасного інформування про виявлені відхилення контрольованих параметрів за задані межі персоналу пунктів технічного обслуговування та служби забезпечення безпеки, як і раніше залишаються актуальними.

Автоматизована інформаційно-діагностична система ПАІДС, якою оснащені швидкісні поїзди має ще резервні можливості, що далеко не вичерпані.

Мета дослідження проаналізувати можливості системи ПАІДС і визначити подальший напрямок вдосконалення цього комплексу.

Основна частина. При аналізі статистичних даних було визначено, що більшість несправностей виявлених у процесі експлуатації пасажирських вагонів, що приписані до Харківської вагонної дільниці (ВЧ-1) приходить на електроустаткування 27,4 % (рис.1), однак серед таких несправностей зустрічаються ті, котрі практично не впливають на якість обслуговування пасажирів і усуваються в процесі руху. Серед несправностей слід зазначити найбільш серйозні, такі як вихід з ладу генератора, системи опалення, кондиціонування повітря і водопостачання, що викликають зниження якості обслуговування пасажирів.



1 - вихід з ладу генератора; 2 - система опалення; 3- система кондиціювання; 4 – електроустаткування; 5 – водопостачання; 6- інші; 7 - пожежна сигналізація

Рис. 1. Діаграма несправностей систем пасажирського вагону, %

Таким чином, на рисунку 3.1 видно, що частка відмовлень генераторів є досить значною, що у свою чергу веде до відмовлення практично всієї системи електроустаткування вагона.

З огляду на вищевикладене і проаналізувавши рис.2 можна відзначити, що основними причинами виходу з ладу генераторів є обрив обмотки збудження і руйнування підшипників, викликані або заводський брак, або вібрацією в процесі руху.

З цього можна зробити висновок, що для зниження кількості відмовлень, що приходяться на генератори необхідно постійно здійснювати контроль за рівнем вібрації під час руху потяга і вчасно робити ремонтні роботи для виключення ушкоджень зв'язаних з обмотками генератора.

Поїзна автоматизована інформаційно-діагностична система ПАІДС «ВИД» дозволяє здійснювати оперативний контроль поїзного обладнання. Результати контролю відображаються на екрані дисплея, запам'ятовуються в базі даних, видаються у вигляді документа. ПАІДС «ВИД» встановлюється в поїздах, укомплектованих вагонами, що містять шафи розподільчі системи автоматизованого управління, контролю та діагностики електрообладнання пасажирського вагона (ШР САУКД ПВ) та вагон-автомобілевоз, що містять шафи розподільні для управління і діагностичного контролю вузлів вагон-автомобілевоз (ШР УДК). За допомогою даної системи з'явилася можливість здійснювати:

1. збір, обробку та відображення в реальному режимі часу інформації про технічний стан обладнання вагонів і поїзди, у тому числі системи пожежної сигналізації;
2. діагностування стану обладнання;
3. автоматичне визначення кількості вагонів у складі поїзда;
4. визначення місцеположення і швидкість поїзда шляхом використання системи GPS;
5. облік спожитої електроенергії;
6. контроль напруження і пуску виконавчих механізмів;
7. управління інформаційними табло;
8. ведення бази даних;
9. виконання функцій «чорного ящика»;
10. складання звіту про роботу систем вагонів і потяги в цілому;
11. передачу в реальному режимі часу всієї інформації через модем в наземні служби через GPRS GSM.

Структурно система «Вид» складається з двох рівнів (рисунок 1).

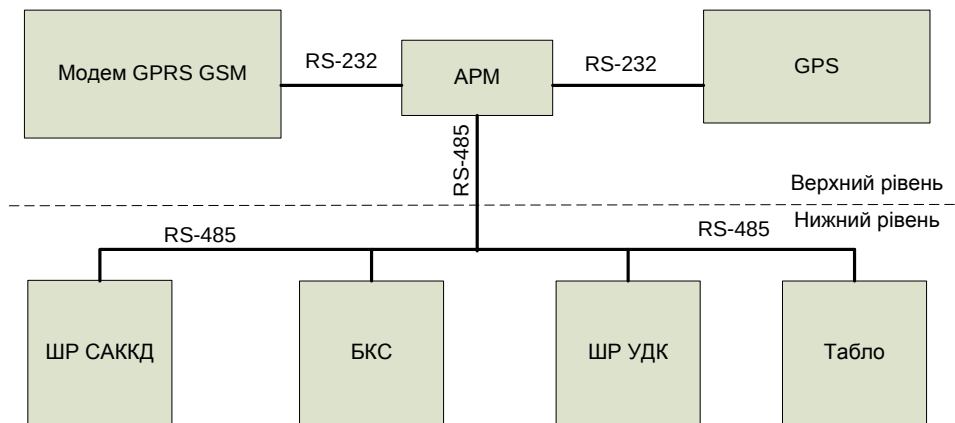


Рисунок 1 — Структурна схема ПАІДС «Вид»

Верхній рівень включає в себе персональний комп'ютер (ноутбук), що входить в АРМ начальника поїзда і встановлений в її штабному вагоні, нижній - промислові контролери, що входять до ШР САККД ПВ, БКС і ШР УДК, встановлені у всіх контрольованих вагонах. Взаємодія персонального комп'ютера з контролерами здійснюється за междвагонной мережі RS-485, прокладеною вздовж поїзда, а взаємодія АРМ з модемом - через RS-232. І ноутбук, і промислові контролери оснащені програмами, що дозволяють їм обмінюватися даними по мережі. Користувач ПАІДС «ВИД» працює з ноутбуком. Його запити і вимоги передаються промисловим контролерам, кожен з яких збирає інформацію про те вагон, де він встановлений і передає її у ноутбук. Крім цього, додаткова інформація може бути отримана ноутбуком від пристроїв, якими він додатково оснащується (наприклад, від системи GPS). Отримана інформація аналізується в ноутбуці. Її обсяг дозволяє оцінити стан електрообладнання всіх вагонів і потяги в цілому. Первинна інформація та результати аналізу відображаються на екрані дисплея ноутбука. Якщо виникла аварійна ситуація, то видається повідомлення, і подається звуковий сигнал, який може бути припинений, тільки якщо користувач системи ознайомився з повідомленням. Вся необхідна інформація запам'ятовується в базі даних ПАІДС «ВИД». За результатами роботи видається звіт.

Поїзна автоматизована інформаційно-діагностична система (ПАІДС) «ВИД» дозволяє здійснювати оперативний контроль поїзного устаткування. Результати контролю відображаються на екрані дисплея, запам'ятовуються в базі даних, видаються у виді документа. ПАІДС «ВИД» встановлюється в потягах, укомплектованих вагонами, що містять шафи розподільні системи автоматизованого керування, контролю і діагностики електроустаткування пасажирського вагона (ШР САККД ПВ) і вагонами-автомобілевозами, що містять шафи розподільні для керування і діагностичного контролю вузлів вагона-автомобілевоза (ШР УДК).

За допомогою даної системи з'явилася можливість здійснювати:

1. збір, обробку і відображення в реальному режимі часу інформації про технічний стан устаткування вагонів і потяга, у тому числі системи пожежної сигналізації;
2. діагностування стану устаткування;
3. автоматичне визначення кількості вагонів у складі потяга;
4. визначення місце розташування і швидкість потяга шляхом використання системи глобального позиціонування;
5. облік спожитої електроенергії;
6. контроль наробітку і пуску виконавчих механізмів;
7. керування системами вагона-автомобілевоза;
8. керування інформаційними табло;
9. ведення бази даних;
10. виконання функцій «чорної шухляди»;
11. складання звіту про роботу систем вагонів і потяга в цілому;
12. передачу в реальному режимі часу всієї інформації в наземні служби через систему бездротового зв'язку.

Структурно система «Вид» складається з двох рівнів (рисунок 2.1). Верхній рівень містить у собі персональний комп'ютер (ноутбук), що входить в АРМ начальника потяга і встановлений у його штабному вагоні, нижній — промислові контролери, що входять у ШР САККД ПВ, БКС і ШР УДК, що установлені у всіх контрольованих вагонах. Взаємодія персонального комп'ютера з контролерами здійснюється по міжвагонній мережі RS-485, прокладеної уздовж потяга, а взаємодія АРМ із приймачем - через RS-232.

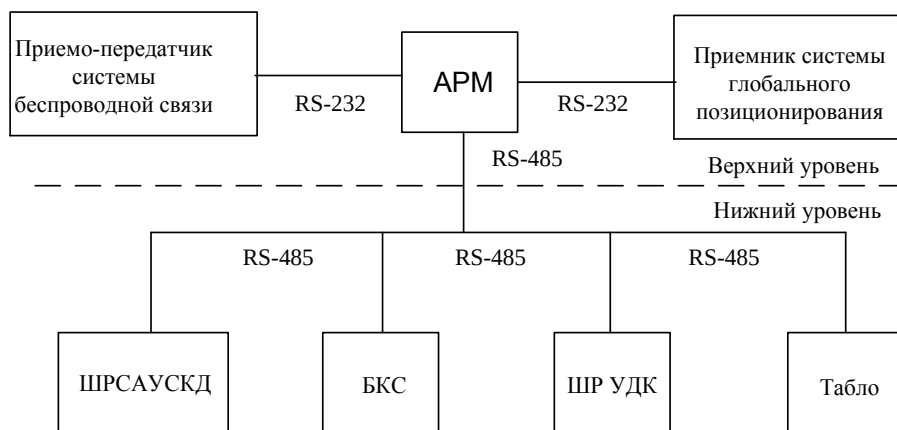


Рисунок 2.1 – Структурна схема ПАІДС «Вид».

І ноутбук, і промислові контролери оснащені програмами, що дозволяють їм обмінюватися по мережі. Користувач ПАІДС «ВИД» працює з ноутбуком. Його запити і вимоги передаються промисловим контролерам, кожний з яких збирає інформацію про той вагон, де він встановлений і передає її в ноутбук. Крім цього, додаткова інформація може бути отримана ноутбуком від пристроїв, якими він додатково оснащується (наприклад, від системи позиціонування).

Отримана інформація аналізується в ноутбуку. Її обсяг дозволяє оцінити стан електроустаткування усіх вагонів і потяга в цілому. Первинна інформація і результати аналізу відображаються на екрані дисплея ноутбука. Якщо виникла аварійна ситуація, то видається повідомлення і лунає звуковий сигнал, що може бути припинений, тільки якщо користувач системи ознайомився з повідомленням. Уся необхідна інформація запам'ятовується в базі даних ПАІДС «ВИД». За результатами роботи видається звіт.

Висновок. Таким чином, використовуючи як базу систему ПАІДС «ВИД», доповнюючи і вдосконалюючи її компоненти з'являється реальна можливість створення вітчизняного сучасного комплексу контролю та діагностики технічного стану пасажирських вагонів.

Він дозволить не лише виявляти наявні дефекти, але й прогнозувати їх розвиток з плином часу, тим самим, попереджаючи виникнення небезпечних ситуацій та даючи можливість більш ефективно організувати систему попереджувального технічного обслуговування та ремонту пасажирського рухомого складу. Створюються умови для організації ремонту пасажирських вагонів не по терміну служби або пробігу, а по фактичному стану найбільш відповідальних конструктивних елементів. При цьому усувається виконання операцій по догляду або ремонту, не викликаних дійсною необхідністю, чим досягається значна економія трудових витрат, фінансових коштів, матеріальних та енергетичних ресурсів.

Список літератури

1. Демин Р.Ю., Демин Ю.В., Дмитриев Д.В. Компьютерная система контроля состояния ходовых частей пассажирских вагонов [Текст]// Залізничний транспорт України. - 2003. - № 5. - С. 4-6.
2. Тлумачний російсько-англійсько-український словник з електро- та радіозв'язку: Навчальний посібник для ВНЗ[Текст]//О.О.Артемов, О.В.Гайдук, М.Д.Гінзбург та ін., за ред. М.Д.Гінзбурга, Г.І. Загарія. — Харків: «Регіон-інформ», ХФВ «Транспорт України», 2002.-552 с.
3. Поїзна автоматизована інформаційно-діагностична система. Технічний опис. КЖИС 466451.019ТЕ. - Жуковський: НДІ приладобудування, 2000. - 43с.
4. ТУ В 31.2-30430120-006 – 2003. Комплект устаткування поїзної автоматизованої інформаційно-діагностичної системи «Вид».
5. ААОТ.421417.103 РЭ – 2002. Шкаф распределительный системы автоматизированного управления, контроль и диагностики электрооборудования пассажирского вагона.

Лукашова Ганна Вікторівна, другий (магістерський) рівень навчання, група 2113-ЯСС-319, 4-6-Вм Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. +38 (057) 730-10-35, E-mail: mtv@kart.edu.ua

УДК 629.4.083:621.014.24

Е. Білоцерковець

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ВИМІРУ ВИТРАТ ПАЛИВА ТЕПЛОВИЗНИМИ ДИЗЕЛЯМИ

Науковий керівник - канд. техн. наук, професор кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу С.Г. Жалкін

Анотація. В локомотивних депо облік і аналіз витрати палива здійснюється на основі даних, внесених машиністами у маршрутний лист. У початку та по закінченню робочої зміни машиністи візуально визначають кількість палива у паливному баці за мірною рейкою або мірним склом. При такому методі виміру витрати палива можуть допускатися значні похибки. Частина тепловозів обладнана системами контролю параметрів роботи тепловозів – СКПРТ, такими як «БІСР-М» та «Дельта СУ».

АТ «Укрзалізниця» розпочала розробку власної єдиної автоматизованої системи контролю та обліку витрат пального на тепловозах (скорочено – ЄАСКОВП), яка має замінити наявні бортові системи. Розроблений автоматичний паливомір АИРТ-2 калориметричного типу пропонується як складова частина нової системи, яка розробляється АТ «Укрзалізниця».

Ключові слова: тепловоз, паливо, паливовимірювачі, системи вимірювання, датчик, електронний блок, похибки виміру, викиди, економічний ефект.

Вступ. Витрати палива і запасних частин визначають основну частину експлуатаційних витрат на утримання тепловозного дизеля. Відомий взаємозв'язок величин витрати палива тепловозом і швидкості зношування деталей його вузлів та агрегатів. При цьому 1% перевитрати палива відповідають 2...4% росту швидкості зношування деталей вузла, механізму, що викликав перевитрату, залежно від його функціонального призначення і силового навантаження. Відома також пропорційна залежність величин перевитрати палива і граничного рівня потужності, що розвиває тепловоз. З вищевикладеного видно, що витрата палива є інтегральним (узагальнюючим) критерієм, що визначає ефективність експлуатації тепловоза.

Контроль витрати палива в процесі експлуатації тепловоза дозволить вчасно попереджати розвиток процесів зношування і, таким чином, заощадити значні матеріальні, фінансові, часові та екологічні ресурси.

Необхідне широке впровадження на пунктах реостатної діагностики локомотивних депо прямого виміру витрати палива за вихідного потужністю енергетичної установки, тому що це дозволяє враховувати всі витрати на допоміжні потреби й оцінювати економічність тепловоза безпосередньо за потужністю, що витрачається на тягу поїзда, [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У цей час у локомотивних депо облік і аналіз витрати палива здійснюється на основі даних, внесених машиністами в маршрутний лист. На початку і в кінці поточної зміни машиністи візуально визначають кількість палива в паливному баці за паливною рейкою або мірним склом. Об'ємна витрата палива визначається за різницею вимірів. Витрату палива за масою визначають виходячи з об'ємної витрати заданої щільності палива, що визначається в пункті екіпірування. Щільність палива може не мінятися протягом тривалого строку але істотно відрізнятися від реальної щільності, при такому методі можуть допускатися значні погрішності. Також відсутня можливість оцінки реальної витрати палива за фактично виконаною роботою.

Паливомір дозволяє вирішити ці питання за рахунок автоматичного виміру і реєстрації параметрів палива та роботи тепловоза, розрахунку витрати палива, необхідної для виконання фактичної роботи, порівняння фактичного та розрахункового значень витрати палива для виконання однієї й тієї ж роботи за зміну.

Таким чином, особливо в умовах ринку, величина експлуатаційних витрат, екологічна безпека та економічність тепловозів, які залежать від витрати палива, є визначальними складовими конкурентоспроможності.

Визначення мети та завдання дослідження є оцінка науково-технічного рівня паливоміра АИРТ-2 (рис. 1) та можливості його застосування на стаціонарних пунктах реостатної діагностики тепловозів для визначення інтегрального критерію ефективності використання тепловозних дизелів.

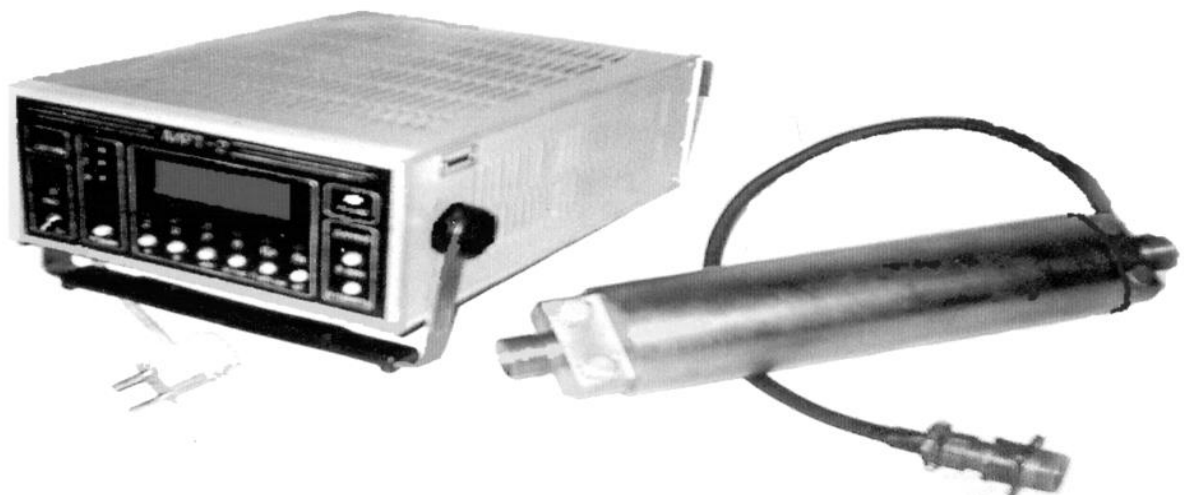


Рис. 1. Автоматичний вимірювач витрат палива АИРТ-2

Основна частина дослідження. Застосування паливомірів на пунктах реостатної діагностики (ПРД). При випробуваннях та регулюванні дизелів тепловозів після планових та позапланових видів ремонту, визначенні норм витрат палива на виконання поїзної та допоміжної роботи, розрахунках кількості шкідливих викидів необхідно з високою точністю заміряти годинні та питомі витрати палива. В конструкції локомотивів, що експлуатуються на залізницях України, відсутні прилади для виконання цих замірів, тому потрібне обладнання локомотивних депо паливомірами.

Відомо декілька конструкцій паливомірів, які відрізняються принципом дії, терміном служби, похибкою виміру витрат палива, технологічністю підключення до паливної системи тепловоза, вартістю, [3]:

- стаціонарні паливоміри, дія яких заснована на замірі витрат палива ваговим або об'ємним способом. Мають незначну вартість, значний термін служби, високу тривалість підключення до паливної системи тепловоза, необхідність застосування несерійного обладнання. Застосовують при наукових випробуваннях дизелів. Неможливе застосування на тепловозі під час руху;

- ролико-лопатеві паливоміри (витратоміри) ОР 40/2, виробництва РФ, мають незначну вагу та розміри, можливість підключення до мікропроцесора з метою обробки результатів вимірів та одержання інтегральних показників. Застосовуються на пунктах реостатних випробувань та як дозатори на пунктах екіпірування тепловозів. Похибка виміру витрат палива в експлуатації ~ номінальний режим потужності дизеля - 2-3% від годинної витрати палива; холостий хід - до 5%. Чутливі до вібрацій, зміни температури палива, нещільностей паливної системи. Термін служби за наявності деталей, що обертаються, складає 3-4 роки;

- кваліметричний паливомір АИРТ-2, виробник - фірма "Рекорд", Україна. Має незначну вагу та розміри, результати вимірів накопичуються в пам'яті пристрою протягом 30 діб, можливе підключення допоміжних датчиків (тисків, температур). Похибка виміру витрат палива не перевищує 1 -2% на усіх режимах роботи дизеля тепловоза. Датчик не чутливий до вібрацій, зміни температури палива, електромагнітних полів. Термін служби завдяки відсутності рухомих частин не менше 12 років. Крім цього, модифікація АИРТ-2 - АИРТ-ЗБОРТ може використовуватися і як самостійний багатофункціональний вимірювальний прилад, в тому числі і з ЕОМ, як реєстратор режимів роботи тепловоза в режимі тяги (бортовий варіант).

Одночасно з вимірюванням вказаних вище параметрів відбувається їх обробка і обчислюються:

- потужність тягового генератора P , кВт;
- питома витрата палива це , г/кВт*год;
- сумарна витрата палива V , кг.

АИРТ складається із двох блоків: датчика й електронного блока. Датчик встановлюється безпосередньо в паливну систему дизеля перед паливними

насосами високого тиску в тепловозі, електронний блок знаходиться в приміщенні ПРД. АИРТ дозволяє вимірювати на кожному режимі випробувань потужність, часову і питому витрату палива.

Схема приладу дозволяє, при потребі, вимірювати частоту обертання турбокомпресорів і робочі температури по циліндрах, а також інші параметри дизель-генератора (всього до 16 параметрів).

Оцінка економічної ефективності застосування паливоміра на ПРД.

Економічний ефект визначався за розрахунковий період 5 років, що включає розробку, виробництво та використання паливоміра, [4]:

$$E_T = P_T - Z_T \quad (1)$$

Різномасштабні витрати приводилися до розрахункового року t_p . Приведення різномасштабних витрат та результатів до розрахункового року здійснюється шляхом множення їхньої величини за кожний рік на коефіцієнт αt :

$$\alpha t = (1 - E_H) t_p - t, \quad (2)$$

де E_H - норматив приведення різномасштабних витрат і результатів, $E_H=0,1$;

t_p - розрахунковий рік;

t - рік витрати та його результати приводяться до розрахункового року.

При стабільності економічного ефекту за роками розрахункового періоду економічний ефект може бути визначено за формулою

$$E_T = \frac{P_p - U_p}{\rho_p + E_H}, \quad (3)$$

де P_p - незмінна за роками розрахункового періоду вартісна оцінка результатів впровадження паливоміра, грн;

U_p - річні поточні витрати на застосування паливоміра (основні та супутні);

ρ_p - коефіцієнт реновації основних фондів, що визначається за формулою

$$\rho_p E_T = \frac{E_H}{(1 + E_H)^{t_{cl}} - 1}, \quad (4)$$

де t_{cl} - термін служби паливоміра (12 років);

K - одноразові витрати (вартість паливоміра).

Техніко-економічний та екологічний ефект від впровадження паливоміра визначався за рахунок зниження витрат палива та зниження викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами дизеля. За результатами застосування паливомірів у депо Донецької залізниці зниження витрат палива в експлуатації складає 4-8%. Зниження викидів забруднюючих речовин пропорційне зниженню витрати палива, [5]. Додаткове зниження витрат палива

за рахунок більш точного його нормування не ураховувалось, бо потребує обладнання тепловозів бортовими паливомірами та реєстраторами інформації.

Розрахунок середнеексплуатаційних витрат палива виконано за методикою [6] на основі даних, наведених в [7], результати наведено в табл. 1, розрахунки виконувалися для однієї секції тепловозів 2ТЕ116, М62 та ЧМЕЗ.

Таблиця 1

Розрахунок зниження середньоексплуатаційної витрати палива

Серія тепловоза	Значення параметрів					
	Коефіцієнт використання потужності	G_e г/кВт год	G_e після регулюван ня г/кВт год	Економія палива, %	Економія палива, кг	Час роботи, год
2ТЕ116	0,254	248,23	235,88	4,97	47465,32	6840
М62	0,276	289,43	277,72	4,05	32554,98	
ЧМЕЗ	0,160	276,25	259,41	6,1	18328,87	

Величина середньоексплуатаційного питомого викиду забруднюючої речовини розрахована залежно від режиму навантаження й часу роботи дизеля тепловоза на цьому режимі. Основними шкідливими речовинами прийнято окиси азоту (NO_x) та окис вуглецю (CO), Результати розрахунків викидів шкідливих речовин та зменшення шкоди при застосуванні для регулювання дизелів результатів замірів паливоміром АИРТ-2 наведені в табл.2.

**Розрахунок зменшення шкоди від шкідливих речовин для тепловозів
2TE116, M62 та ЧМЕЗ**

Серія тепловоза	Значення параметрів				
	Викиди CO ₂ , кг	Викиди CO після регулюванн я, кг	Викиди NO _x , кг	Викиди NO _x , після регулюванн я, кг	Зниження викідів, %
2TE116	47728,45	44742,07	176796,81	168170,4	3,9
M62	34282,23	328880,22	140228,23	135247,11	3,55
ЧМЕЗ	13570,92	12756,75	60878,68	56741,01	6,8

До складу витрат при експлуатації паливоміра включалися витрати на заробітну плату персоналу, який встановлює паливомір та проводить регулювання дизеля; витрати на дизельне паливо, що витрачається при замірах та регулюванні, витрати на ремонт паливоміра та загальнодепоські витрати. Для скорочення розрахунків витрати на експлуатацію паливоміра приймалися однаковими для всіх серій тепловозів. Одержані розрахунком значення показують, що при застосуванні паливоміра для тепловозів 2TE116 та M62 період повернення одночасних витрат становить 1 рік. Для тепловозів ЧМЕЗ цей період становить 2 роки.

Висновки та перспективи розвитку.

1. Впровадження паливоміра знизить:

- на 3-5% трудовитрати інженерно-технічних працівників локомотивного депо за рахунок автоматизації обліку, нормування й аналізу витрати палива;
- на 2-3% витрату палива за рахунок підвищення точності обліку при розрахунку витрати за зміну і при заправленні, що дозволить установити винуватців його нецільового використання;
- на 2,8% витрату палива за рахунок застосування обґрунтованих норм контролю теплотехнічного стану тепловозів з визначенням - вилученням з експлуатації локомотивів, що постійно перевалюють паливо;

2. В експлуатації можливо перейти від фіксації ресурсу енергетичної установки в метогодинах або кілометрах пробігу тепловоза на оцінку за сумарною витратою палива, що є інтегральним критерієм ефективності експлуатації дизеля тепловоза.

3. Застосування комплексного критерію оцінки ефективності експлуатації тепловозних дизелів дозволяє прийняти рішення про заміну або відновлення дизеля, продовження його терміну служби або утилізацію, модернізацію та ін.

Список літератури

1. Локомотивные энергетические установки: Учеб. для вузов ж.-д. трансп./ А.И. Володин, В.З. Зюбанов, В.Д. Кузьмичи др.; Под ред. А.И.Володина. -М.: ИПК "Желдориздат", 2002, -718 с.
2. Каплун А.Н., Трихліб О.Д., Петров К.С. Система контролю витрати палива «БІС-Рм» // Локомотив-інформ. 2014. № 4. С. 40–46.
3. Кремльовський П.П. Витратоміри і лічильники кількості речовин. Довідник: Кн.2, редакція Е.А. Шорнікова. СПб. Політехніка: 2004. 412 с.
4. Жердев М.Д., Гудков О.М., Яковенко В.Г., Мирошніченко Ю.В. Методичні вказівки до розрахунку економічної частини дипломного проекту. Харків: УкрДАЗТ, 2011. 46 с.
5. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин від тягового рухомого складу залізничного транспорту. Погоджена за Мінекобезпеки. Київ: 1995. 18 с.
6. Визначення економічної ефективності від модернізації ТРС дизелями вітчизняного виробництва типу Д80 / Е.Д. Тартаковський, Ю.Є. Калабухін Ю.Є., А.П. Фалендиш -Харків: ХарДАЗТ, 2000. – 718с.
7. Методические рекомендации по определению экономической эффективности мероприятий научно-технического прогресса на железнодорожном транспорте [Текст] / ВНИИЖТ МПС. - М: Транспорт, 1991. - 239с.

Білоцерковець Е.А., магістрант кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057)730-10-16.email: zhalkinsg@gmail.com

Жалкін Сергій Григорович, науковий керівник, канд. техн. наук, професор кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057)730-10-16.email: zhalkinsg@gmail.com

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕПЛОВОЗІВ

Науковий керівник - канд. техн. наук, професор кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу УкрДУЗТ С.Г. Жалкін

Анотація. Підвищення енергетичної ефективності експлуатації тепловозів можлива за рахунок удосконалення організації ремонту, поліпшення ефективності експлуатації, зниження витрат палива.

Теплосилові установки тепловозів непристосовані до довготривалого простою в холодну пору при непрацюючих двигунах, що викликає необхідність прогріву їхніх водяних, оливних та паливних систем. Запропонована система прогріву «Контур» є однією зі кращих й забезпечує прогрів систем тепловозів та зменшує економію палива та скорочує час роботи дизеля в режимі самопрогріву.

Розглянуті методи підвищення енергетичної ефективності тепловозів. Пропонуються комплексні підходи, які дозволяють зменшити витрати енергоресурсів за рахунок модернізації локомотивів та впровадження нових систем.

Ключові слова: *тепловоз, дизель, енергетична ефективність експлуатації, моделювання, оптимізація, критерій ефективності*

Постановка проблеми. Значна частка тепловозів, що використовуються на залізничному транспорті мають рівень енергоефективності гірший ніж у промислово розвинених країнах. Зниження питомих витрат палива можливо за рахунок поліпшення ефективності експлуатації рухомого складу, за рахунок удосконалення організації ремонту, забезпечення економних режимів під час експлуатації, а також підвищення енергоефективності тепловозів, що будуються та проходять модернізацію. Вирішення цих завдань потребує розробки теоретично - організаційних основ підвищення енергетичної ефективності сучасних тепловозів та стратегії впровадження одержаних результатів. Проблема ускладнюється катастрофічною нестачею засобів оновлення тягового рухомого складу (ТРС), строк експлуатації якого складає 25 - 35 років та значною частиною локомотивного парку на заключному етапі життєвого циклу. Це призводить до зменшення енергетичної ефективності експлуатації, збільшення витрат на ремонт та забезпечення безпеки руху, погіршується екологічні характеристики, [1].

Постановка задачі. Підвищення енергетичної ефективності експлуатації та ремонту тепловозів за рахунок зниження витрат палива, підвищення надійності роботи, зменшення витрат на проведення ремонтів та технічного обслуговування, покращення тягово-енергетичних характеристик тепловозів шляхом їх модернізації, оснащення ТРС системами авто-введення та реєстраторами параметрів руху, а також реєстраторами параметрів роботи тепловозів, системами прогріву, оновлення ТРС, [1,2].

Рішення поставленої задачі. Рівень енергетичної ефективності в експлуатації оцінюють шляхом порівняння фактичної витрати палива з паспортною нормою. Якщо підсумкові цифри перевищують встановлену норму на витрати, то вважається що локомотив працює з перевитратою енергоресурсів і його енергетична ефективність незадовільна. В цьому випадку вирішують чи доцільно продовжувати експлуатацію тепловоза в даному стані або провести заходи для підвищення ефективності експлуатації.

У процесі експлуатації тепловозів показники енергетичної ефективності використання піддаються зміні. Ці коливання пояснюються старінням локомотивного парку, зміною умов експлуатації і частково зміною сезонна експлуатації. Зміну рівня енергоефективності тепловозів зручно описувати за допомогою інтегрального показника за формулою:

$$K_{\text{пЕ}} = \frac{B_{\text{дгг}} + EB}{\sum I_{\text{г}} U_{\text{г}} \times \sum T_{\text{кр}} \times \eta_{\text{е}} \times \eta_{\text{г}}},$$

де $B_{\text{дгг}}$ - вартість дизель-генератора, гри.;

$\sum I_{\text{г}} U_{\text{г}}$ - сумарна потужність дизель-генератора, кВт;

$\sum T_{\text{кр}}$ - напрацювання до капітального ремонту, год.;

EB - експлуатаційні витрати, включаючи витрати на ремонт (або заміну) функціональних вузлів з напрацюванням менше даного періоду.

Значення $K_{\text{пЕ}}$ дозволяють судити про ефективність системи експлуатації і ремонту тепловозів, а також про ефективність заходів спрямованих на зниження витрат енергоресурсів.

Завданням аналізу є з однієї сторони встановлення тісноти зв'язку між $K_{\text{пЕ}}$ і показниками використання тепловозів включеними в модель, а з іншого боку - визначення внутрігрупових кореляцій у фіксований момент часу t . При подібному підході дане завдання є типовим завданням однофакторного дисперсійного аналізу, фактором групування у якому виступає сезон експлуатації тепловозів (місяць або квартал року). У теж час, як показують результати спостережень зміна $K_{\text{пЕ}}$ по сезонах експлуатації супроводжується зміною не тільки середнього рівня, але й значною зміною дисперсії, хоча зразкова сталість дисперсії є однієї з основних передумов дисперсійного аналізу й невиконання даної умови приводить до значного зсуву оцінок і зменшенню потужності F- критерію на підставі якого проводиться перевірка гіпотези про рівність середніх значень по групах.

Загальний вид регресійної моделі з фіктивними змінними для розглянутого випадку сезонної експлуатації за формулою:

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^q b_i x_i + \sum_{g=1}^m \sum_{j=1}^{11} a_{ij} z_{ij} + \varepsilon_x.$$

Коефіцієнти регресії моделі характеризують:

b_i - чистий ефект впливу змінною (фактора) x_i ;

a_{ij} - вплив k -ї градації r -го фактора ($k \neq r$) на змінну y ; тобто це різниця середніх значень функції y між k -ю градацією та градацією, що узята, за базу порівняння.

Питанням розробки таких моделей зміни енергоефективності присвячено багато публікацій, у яких запропоновані моделі, що ураховують умови експлуатації та вік транспортної машини, (рис.1).

Недоліками таких моделей є то, що зміна умов експлуатації описується стаціонарними випадковими процесами, та складність надання прогнозу зміни енергоефективності. Транспортні процеси, до яких можна віднесли і процес зміни енергоефективності тепловозів характеризуються двома законами розподілу: нормальним (чи близьким до нього) законом розподілу значень $X(t_i)$ і одним з відомих законів розподілу часових інтервалів (Пуасону, Ерлангу та інш.) між змінами значень $X(t_i)$ і $X(t_i + 1)$.

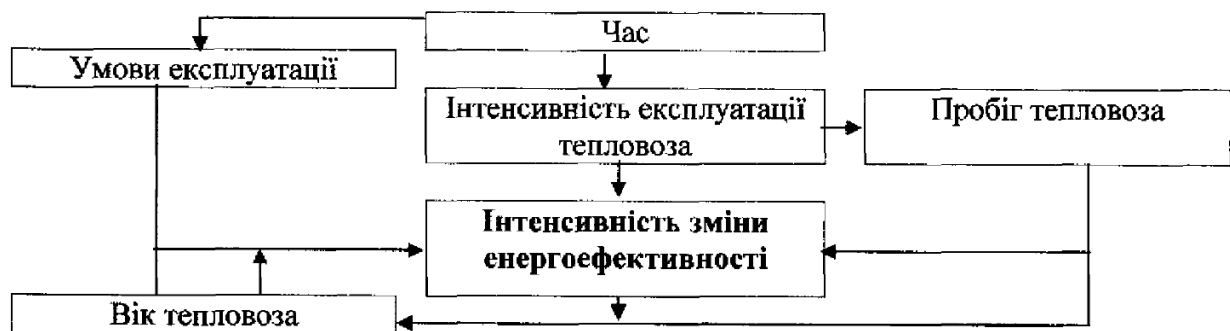


Рис. 1. Модель зміни енергетичної ефективності тепловоза

Моделювання такого, по суті своєї випадкового, процесу зручно проводити з використанням моделі часового ряду

$$X_t = TC * S * \varepsilon_t,$$

де X_t - математичне чекання розподілу випадкової величини X у момент часу t ;

TC – тренд-циклічна компонента (аналог функції математичного чекання випадкового процесу X);

S - сезонний компонент (незмінний в різних реалізаціях випадкового процесу);

ε_t - випадковий компонент, що має нульове математичне чекання і незмінну в різних перетинах випадкового процесу дисперсію.

Подібне представлення процесу зміни енергоефективності тепловозів викликає необхідність рішення декількох задач:

- визначення характеристик розподілу випадкової величини X у різні моменти часу i ;
- визначення наявності сезонних змін величини $X(t_i)$;
- опис цих сезонних змін кількісно (наприклад у виді коефіцієнтів сезонності).

Рішення перших двох задач ускладнюється малою кількістю вихідних даних про процес зміни енергоефективності тепловозів, викликане скороченням парку тепловозів, а також прийнятою системою звітності.

Для оцінки кількості використаного пального впроваджують системи контролю параметрів роботи тепловозу (СКПРТ). Ці системи можуть виконувати такі функції, [4]:

- контроль витрат дизельного палива;
- реєстрацію кількості палива, отриманого при екіпіровці тепловоза;
- реєстрацію кількості палива, при зміні локомотивних бригад;
- реєстрацію наявності і кількості води в паливному баку;
- вимірювання потужності дизель-генераторної установки в реальному часі;
- вимірювання реальної температури палива в баку тепловоза;
- відображення всієї зафіксованої інформації.

Теплосилові установки (ТСУ) тепловозів непристосовані до довготривалого простою (на станціях та депо) в холодну пору року при непрацюючих двигунах, що викликає необхідність: або підтримувати тепловози під час відстою на відповідному температурному рівні роботи двигунів на холостому ходу; або обігрівати їх від сторонніх джерел енергії; або зливати воду (а при дуже низьких температурах навколишнього середовища і масло). Аналіз статистичних даних показує, що величина витрат дизельного палива на прогрів тепловозів в локомотивних депо складає 1,2...17,2% від загальних витрат незалежно від кліматичної зони, в якій розташоване локомотивне депо, [3].

У відповідності з сучасними вимогами система підігріву повинна забезпечувати в зимових умовах експлуатації тепловозів довготривалу підтримку з мінімальними енергетичними витратами максимальної температури теплоносіїв в мережах силової установки при непрацюючому дизелі як на стоянці, так і при русі з відключенням від тяги частини секції локомотива [1,3].

Із реалізованих проектів заслуговує увагу "Система підігріву "Контур", яка виготовлена ВАТ "Науково-дослідний інститут технології, контролю та діагностики".

Система складається з комплексу стаціонарних технічних заходів, розміщених в службовому приміщенні депо або недалеко від місця відстою тепловоза, а також бортових підсистем, встановлених на тепловозі.

До складу підсистем входять:

- теплообмінник;
- водяний затвор (байпас);
- блок управління;
- пристрій підтримання заряду акумуляторної батареї.

Основною складовою комплексу є станція підігріву, рис.2 що забезпечує підтримку температурного режиму систем тепловоза, підзаряд АБ, а також аварійний запуск. Станція підігріву встановлюється стаціонарно біля місць гарячого відстою тепловозів і підключається рукавами підігріву до водяного контуру охолодження дизеля тепловоза через заправні головки. Станція підігріву може передавати теплову енергію у водяний контур системи охолодження дизеля від внутрішніх генераторів теплоти або дозовано від зовнішніх теплових джерел.

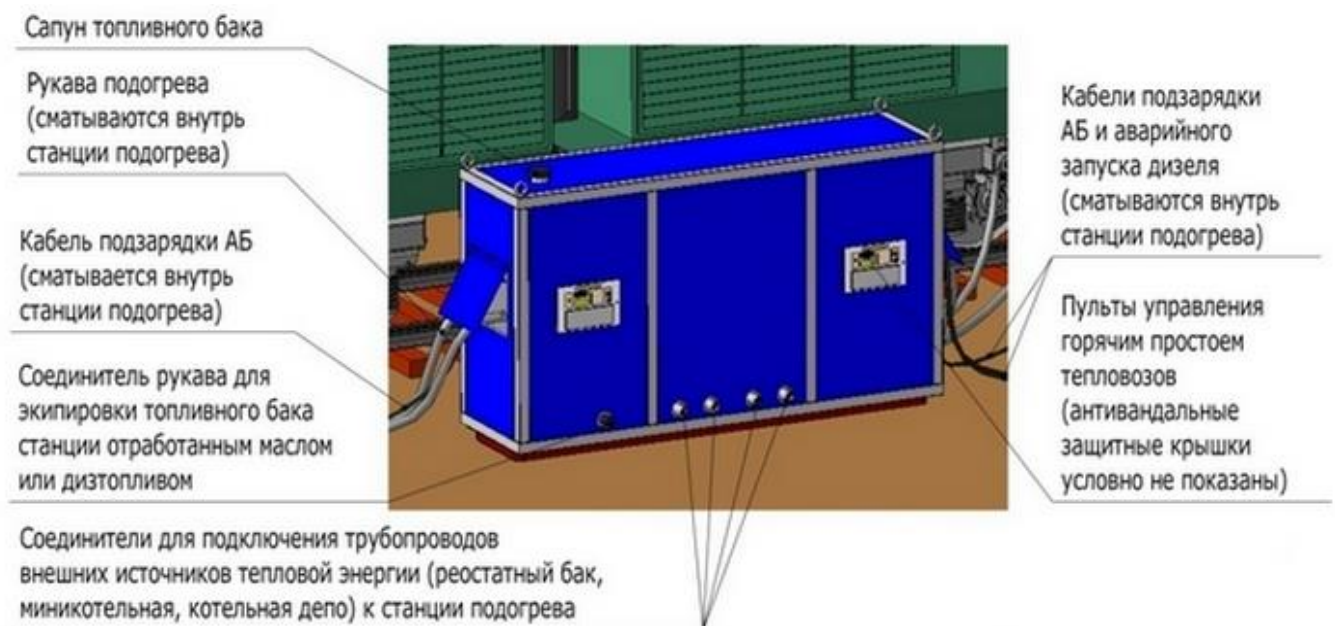


Рис. 2. Загальний вид станції підігріву

Розширеній комплектації комплексу станція підігріву оснащується пристроями і трубопроводами, які дозволяють використовувати теплову енергію реостата навантаження, мінікотельною на альтернативних видах палива, котельній депо.

До складу станції підігріву входять:

- два модулі електропідігріву, використовуване у відсутності тепло від інших джерел;
- казан водогрійний, що працює на відпрацьованому маслі або дизпаливі;
- гідросистема, заповнена антифризом, з насосними агрегатами і багатоконтурним теплообмінником, що забезпечує передачу тепла без змішування теплоносіїв водяних систем секцій тепловоза;
- змотуючі пристрої рукавів підігріву і кабелів;
- модуль аварійного запуску дизеля для однієї секції тепловоза.

Система прогріву «Контур» стабільно забезпечує підтримку температури води, масла і палива в заданих межах. Так, на протязі 5 годин прогріву при температурі навколишнього середовища -28°C , температура води коливалась в межах $71...75^{\circ}\text{C}$, масла - $29...49^{\circ}\text{C}$, палива - $30...43^{\circ}\text{C}$, що дозволяє після відключення від джерела живлення навантажувати дизель-генераторну установку (рис.3).

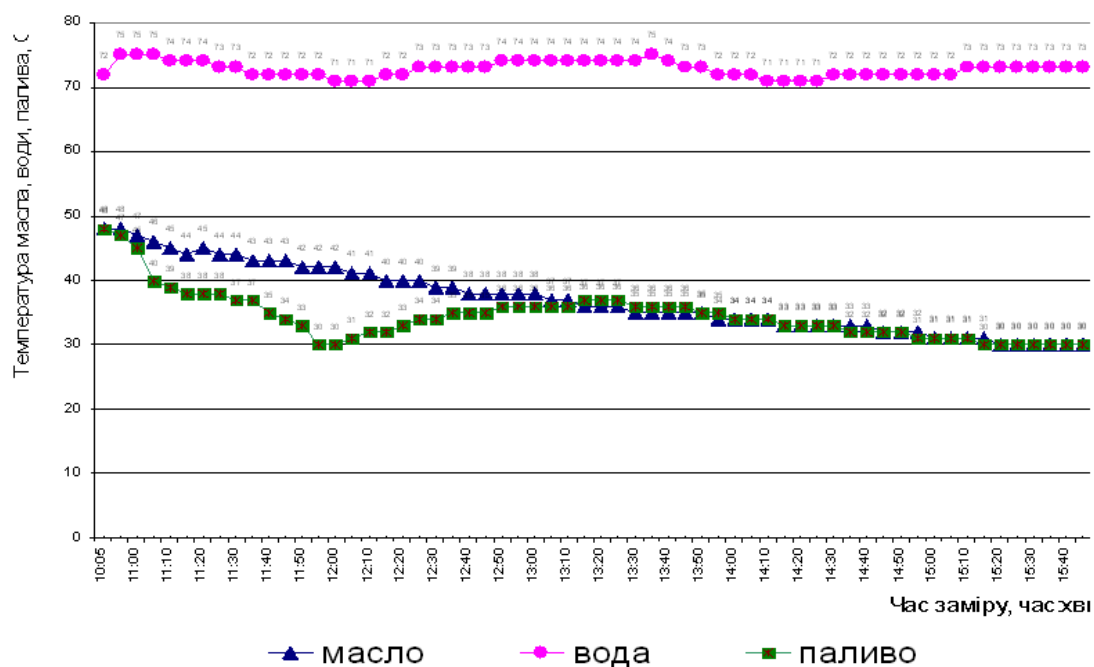


Рис. 3. Графік коливання температури води, оливи і палива

При цьому вартість витраченої електроенергії в 3 рази менше, ніж вартість дизельного палива, якщо прогрів дизеля виконується на холостому ході. Таким чином, система забезпечує:

- підігрів води, масла та дизельного палива в системах дизеля при автоматичному регулюванні потужності нагрівача;
- циркуляцію гарячої води в контурі охолодження дизеля;
- живлення бортової сіті штатною напругою і циркуляцію оливи і палива за допомогою штатних паливопідкачувального і оливопідкачувального насосів;
- зарядку акумуляторної батареї по штатній схемі;
- аварійне відключення ланцюгів живлення нагрівача у випадку підвищення температури води в теплообміннику більше $+84^{\circ}\text{C}$;

- звукове сповіщення обслуговуючого персоналу при аварійному стані системи. Одним з кроків підвищення енергетичної ефективності тепловозів є встановлення енергетичних установок нового покоління. Вони повинні відповідати наступним вимогам. Циліндрова потужність повинна бути не менше 250 - 300 кВт, питома ефективна витрата палива понижена до значень 190 - 192 г/кВт год, що дозволяє збільшити ефективний ККД до 42 — 44 %. Термін служби масла повинен складати 100 - 150 тис. км. пробігу локомотиву при сумарній експлуатаційній витраті не більше 0,4 % від витрати палива. Ресурс дизеля до середнього ремонту повинен бути не менше 1 млн. км., і до капітального - 3 млн. км. пробігу локомотива.

В умовах експлуатації технічно-економічні показники транспортних двигунів та їх економічність в значній мірі залежать від витрат палива на основних експлуатаційних режимах. Тому до окремого пріоритетного напрямлення досліджень слідє віднести питання вдосконалення газообміну на навантажувальних, перехідних режимах та холостому ході. Пріоритетні напрямки досліджень у цій галузі показані на рис.4.



Рис. 4. Пріоритетні напрямки в області підвищення енергоефективності локомотивних енергетичних установок

Висновки. Використання переліченого технічного рішень допоможе підвищити енергетичну ефективність експлуатації тепловозів:

- застосування розглянутої системи прогрівання дизелів тепловозів дозволяє зменшити витрату дизельного палива і масла на 3-5%, підвищити моторесурс дизеля, збільшити міжремонтні пробіги, зменшити вартість життєвого циклу. Значно скорочуються викиди шкідливих речовин і плати за екологічний збиток.

- на 1-2% зменшити витрату палива за рахунок підвищення точності обліку при розрахунку витрати за зміну і при заправленні;

- на 3-5% зменшити витрату палива за рахунок застосування обґрунтованих критеріїв енергетичного стану тепловозів з визначенням і вилученням з експлуатації локомотивів, що мають низку енергоефективності.

Список літератури

1. Жалкин, С.Г., Основы подготовки тепловозов к сезонной эксплуатации. Учебное пособие. Часть I-III. Харьков: ХИИТ, 1989. - 182 с.
2. Володин, А.И., Локомотивные энергетические установки [Текст]: учебник для вузов ж.-д, трансп./ А.И.Володин, В.З.Зюбанов, В.Д.Кузьмич и др.; Под ред.. А.И.Володина. - М.: ИПК «Желдориздат», 2002. -718с. - 4000 экз. - ISBN 5-94069-029-7.
3. Ерощенко, С.А., Выбор рациональной системы прогрева тепловозных дизелей [Текст]/ Жалкин С.Г., Пузырь В.Г., Жалкин Д.С., Бочаров В.М.//Сб. науч. трудов - Харьков, УкрГАЗТ, 2008. - Выш. 96. - 174-185.
4. Дробаха, В.І., Результати практичного впровадження систем «БІС-Р» [Текст] / В.І.Дробаха, О.Д.Трихліб, А.Н.Каплун // Локомотив-информ 2007. -№ 9 - С. 24 – 25.
5. Система прогрева «Контур». Инструкция по эксплуатации. - Омск: НИИТКД РЖД, 2006. - 9с.

Білоцерковець Євген Анатолійович, другий (магістерський) рівень навчання, група 1-Лм-20 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (057) 730-10-16. E-mail: zhalkinsg@gmail.com.

Жалкін Сергій Григорович, канд. техн. наук, професор кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (057) 730-10-16. E-mail: zhalkinsg@gmail.com.

Чумак О. О., Адахмасєв Р. Б., Кладько Б. М.

ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДІВ ВІБРОДІАГНОСТУВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ВУЗЛІВ ЛОКОМОТИВІВ

Науковий керівник — канд. техн. наук, доцент кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу С. В. Михалків

Анотація. Зважаючи на потребу залучення діагностичних засобів для діагностування підшипників кочення тягових електричних двигунів локомотивів для зниження кількості їх раптових відмов, визначались особливості методів обробки сигналів у часовій і частотній формі з точки зору можливості виділення пошкоджень елементів підшипників. Розглядалися поширені індикатори часової форми вібрації та можливості широкосмугових спектрів і спектрів обвідної вібрації.

Ключові слова: вібродіагностика, двигун, локомотив, метод, підшипник, спектр, частота.

Вступ. Несправності, які виникають у підшипниках кочення (буксових, моторно-якірних) часто є причиною аварійної зупинки тягового рухомого складу (ТРС) на лінії. Знос тіл кочення, поверхонь кочення внутрішніх і зовнішніх кілець призводить до серйозних пошкоджень, які володіють певними діагностичними ознаками. Отже, важливим завданням є обрання методу, який дозволяє виявляти згадані ознаки для уникнення негативних наслідків у експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Широкого поширення для визначення технічного стану механічних вузлів тягового рухомого складу набув метод віброакустичного діагностування [1, 2], який передбачає реєстрацію відповідною апаратурою вібраційних характеристик підшипникових і редукторних вузлів із подальшою фільтрацією, аналізом і визначенням виду пошкодження з відомої номенклатури. Зареєстрований вібраційний сигнал на підшипниковому вузлі представляє собою суперпозицію адитивних та мультиплікативних складових від обертаючих валів, підшипників та інших частин, що не сприяє ефективному діагностуванню пошкоджень. Тривалий час ґрунтового розвитку зазнавав метод аналізу вібраційних сигналів, що базувався на численних процедурах, які зрештою обчислювали діагностичні ознаки, які базувалися на статистиці високого порядку [3, 4], однак встановлено, що для цілей вібраційного діагностування найбільше пасують спектральні методи [5], які дозволяють визначати вид пошкодження. Незважаючи на більші можливості спектральних методів, методи аналізу вібрації в часовій формі досі лишаються затребуваними й використовуються

для ідентифікації "піковості" вібраційних складових після використання певної послідовності фільтрації.

Визначення мети та завдання дослідження. Порівняння методів вібродіагностування підшипників кочення, які здійснюють аналіз зареєстрованих вібраційних реалізацій у часовому й частотному просторі.

Для реалізації сформульованої мети слід розв'язати такі завдання:

— установити ефективність застосування поширених індикаторів часової форми вібрації для визначення технічного стану підшипників кочення;

— обґрунтувати застосування спектральних методів залежно від можливостей, які ними можуть реалізовуватись із визначення корисних складових у частотному просторі.

Основна частина дослідження. Вібраційна реалізація підшипника кочення ТЕД локомотива, який перебуває у справному стані наведена на рис. 1. На віброграмі відсутні сильні сплески і явно виражені дискретні резонансні складові. Індикатори часової форми вібрації (середньоквадратичне значення вібрації (СКЗ) м/с^2 , коефіцієнт ексцесу (kurt)) записуються

$$\text{СКЗ} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x^2(n)}, \quad (1)$$

$$\text{kurt} = \sum_{n=1}^N x^4(n) / \left[\sum_{n=1}^N x^2(n) \right]^2, \quad (2)$$

де n — величина відліку часової реалізації, м/с^2 ;

N — довжина часової реалізації.

Згадані величини дорівнюють $0,0214 \text{ м/с}^2$ та $2,63$ відповідно.

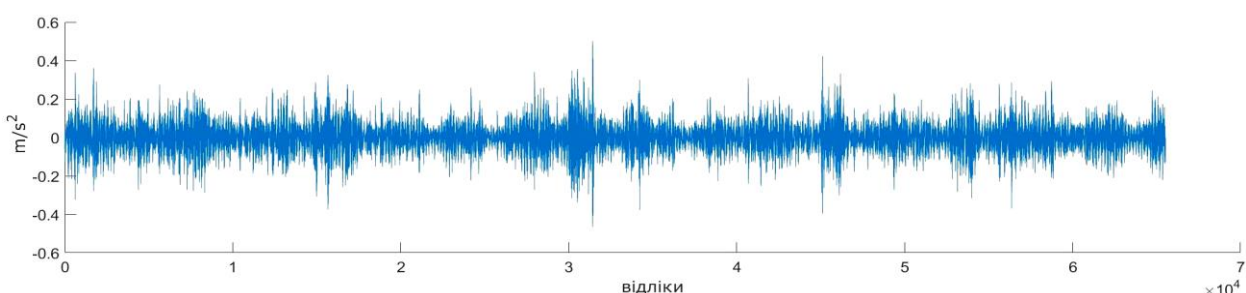


Рис. 1. Зареєстрований вібраційний сигнал справного підшипника

Обчислені безадресні діагностичні ознаки методу діагностування в межах часової форми вібрації не дають змоги визначити ані вид дефекту, ані його наявність, оскільки відсутні заздалегідь установлені пороги, встановлення яких є досить проблематично оскільки потрібно здійснювати значні витрати.

На рис. 2 наведена вібраційна реалізація підшипника кочення ТЕД із сильним зносом тіл кочень.

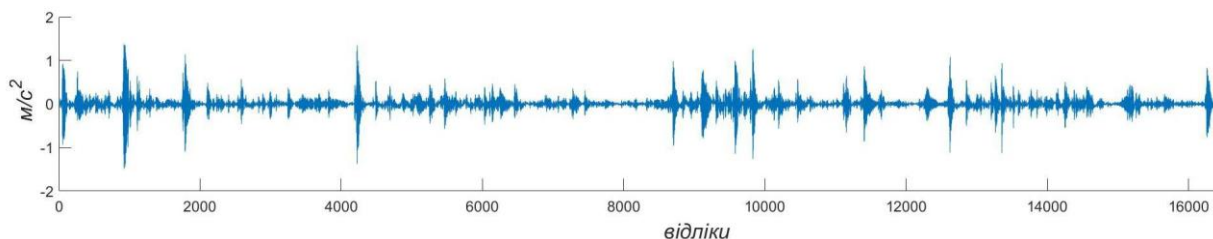


Рис. 2. Зареєстрований вібраційний сигнал пошкодженого підшипника

Характер вібрації змінився і наповнився майже повністю ударними імпульсами з мінімальною кількістю випадкових складових, що свідчить про наявність дефекту. СКЗ і ексцес становлять 0,12 і 7,5 відповідно.

Отже, індикатори часової форми вібраційних реалізацій є інформативними тоді, коли пошкодження в досліджуваному вузлі набуває сильного характеру.

В основі сучасних методів спектрального аналізу вібраційних реалізацій лежить дискретне перетворення Фур'є і його різновид швидке перетворення Фур'є (ШПФ). Для здійснення згаданого перетворення з сигналу $x(t)$ в інтервалі 0-T береться N рівновіддалених відліків. Зробивши заміну параметра T на кількість відліків N і позначаючи $x(t_i)$ як x_i , з урахуванням $\omega_n = 2\pi n / N$, пряме перетворення Фур'є можна представити у вигляді

$$S_n^* = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x(t_i) e^{-j \frac{2\pi}{N} n i} . \quad (3)$$

Дана система рівнянь розв'язується в матричному вигляді і для її розв'язання необхідно провести N^2 операцій. Для сигналу x_i коефіцієнти S_n^* є ермітово спряжені, що дозволяє розбити матрицю розміром N^2 на матриці меншого розміру з їх максимальною кількістю $\log_2 N$ причому у кожній з них відмінними від нуля виявляються всього два елементи. Таке перетворення Фур'є, що має декілька різних варіантів, називається ШПФ і саме воно використовується в більшості цифрових аналізаторів спектру вібрації.

Як правило інтервал на якому проводиться дискретизація сигналу $x(t)$, задається без урахування періоду основних компонентів сигналу, тому вибірка може не містити цілої кількості періодів, так само, як і кількості відліків на одному періоді може не бути цілим. У цих випадках в спектрі сигналу з'являються "віртуальні" компоненти, які слід усувати застосуванням віконного зважування. На рис. 3 наведений прямий спектр вібрації у широкому частотному діапазоні.

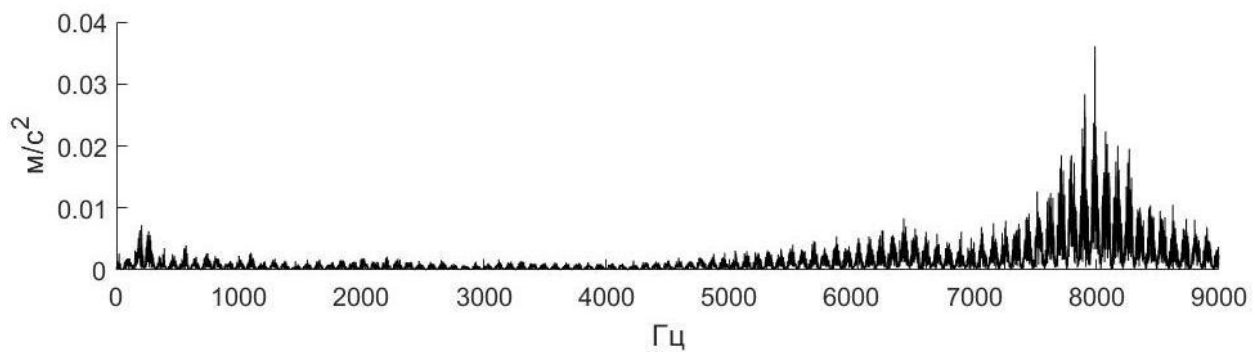


Рис. 3. Широкосмуговий спектр вібрації у частотному діапазоні 0 — 9 кГц

На наведеному широкосмуговому спектрі вібрації наявна велика кількість дискретних складових, які різко зростають у вузькосмуговому частотному діапазоні 7 — 9 кГц, подекуди перетворюючись на резонансні складові. За формальними ознаками середньоквадратичне значення вібрації не є критичним і становить $0,1305 \text{ м/с}^2$. Установити справжню причину підвищеної вібрації дозволяють спектри обвідної вібрації, які ідентифікують частотні складові на заздалегідь розрахованих частотах за виразами, які використовують інформацію про кінематичні властивості підшипників кочення.

На рис. 4 наводиться спектр обвідної вібрації, побудований у частотному діапазоні 7 — 9 кГц.

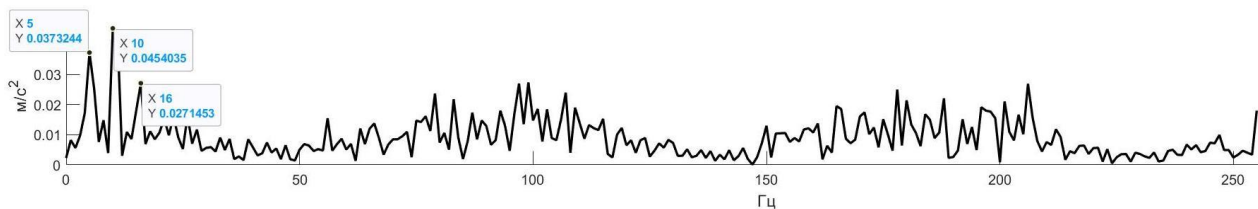


Рис. 4. Спектри обвідної вібрації у діапазоні 7 — 9 кГц

Характер спектрів обвідної вібрації згідно з описами типових пошкоджень [5] відповідає пошкодженням роликів. Наявні перша, друга, третя роторні гармоніки за амплітудами яких можна оцінювати глибину пошкодження. Спектри обвідної можуть виділятися послідовно уздовж усього широкосмугового спектра вібрації. Однак найсильніше згадані складові присутні саме у діапазоні 7 — 9 кГц із сильно вираженими резонансними складовими.

Висновки. Отже, розглянуті переваги спектральних методів на перший погляд демонструють повну незатребуваність результатів обчислень індикаторів часової форми вібрації, оскільки останні не здатні визначати вид і глибину пошкодження, а лише демонструють ефективність виявлення розвинутих пошкоджень. Найсучасніші вібродіагностичні методи продовжують

використовувати коефіцієнт ексцесу, як дієвий індикатор виділення імпульсних складових на певних етапах обробки досліджуваної вібраційної реалізації.

Список літератури

1. Wang D., Zhao X., Kou L. L., Qin Y., Zhao Y., Tsui K-L. A simple and fast guideline for generating enhanced/squared envelope spectra from spectral coherence for bearing fault diagnosis. *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2019. Vol. 122. P. 754 — 768. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2018.12.055>

2. Михалків С. В., Бульба В. І., Ходаківський А. М. Визначення індикаторів технічного стану колісно-редукторних блоків електропоїздів. Матеріали XIX-МНТК «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта», (м. Київ, 19 — 22 червня 2018 р. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»). С. 70 — 73.

3. P. D. MacFadden, Examination of a technique for the early detection of failure in gears by signal processing of the time domain average of the meshing vibration / *Mechanical Systems and Signal Processing* 1(2). — 1987. P. 173 — 183.

4. Fucai Li, Lin Ye, Guicai Zhang, Guang Meng. Bearing fault detection using higher-order statistics based ARMA model / *Key Engineering Materials*. — Vol. 347(2007). — p. 271 — 276.

5. P. Sweeney. Gear transmission error measurement and analysis. PhD dissertation, University of New South Wales. — 1994. — p. 297.

Чумак Олександр Олександрович, другий (магістерський) рівень навчання, група 212-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38(095)033-14-76. E-mail: cashachumak@ukr.net

Адахмаєв Роман Борисович, другий (магістерський) рівень навчання, група 212-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38(095)552-10-60. E-mail: adahmaev.roman@gmail.com

Кладько Богдан Михайлович, другий (магістерський) рівень навчання, група 212-ЛЛГ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38(097)032-70-05 E-mail: bogdanladko5@gmail.com

ВИЗНАЧЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО ЛОКОМОТИВНОГО ДЕПО

*Науковий керівник – канд. техн. наук, доцент кафедри експлуатації
та ремонту рухомого складу УкрДУЗТ Ю.М. Дацун*

Анотація. У роботі були проаналізовані основні за напрямки забезпечення надійності експлуатаційного персоналу локомотивного депо. В результаті аналізу організаційної структури експлуатаційного депо та посадових обов'язків відповідальних виконавців було визначено зв'язки між вищеназваними факторами та підрозділами депо. Застосування методу визначення питомої кількості зв'язків між елементами системи дозволив отримати коефіцієнти, що в певній мірі характеризують ступінь впливу підрозділів локомотивного депо на показники надійності персоналу. Беручи до уваги невизначеність і неоднозначність середовища, застосування лінгвістичних оцінок теорії нечітких множин дозволило здійснити якісну оцінку організаційно-технічного рівня окремих підрозділів та депо.

Ключові слова: організаційно-технічний рівень, фактор, підрозділ, локомотивне депо, комплексний показник.

Вступ. Залізничний транспорт являється однією з найважливіших складових, що відіграє значну роль у функціонуванні багатогалузевої економіки країни, яка знаходиться на стадії реформування та інтеграції в систему європейських зв'язків.

Ведучу ланку технологічного ланцюга процесу перевезень займає локомотивне господарство, злагоджена робота якого формує такі якісні параметри транспортних послуг як безпека, ритмічність, надійність, своєчасність.

Експлуатаційні підрозділи локомотивного господарства залізниць відіграють суттєву роль в забезпеченні безпеки руху та якості роботи всієї галузі. Ефективність роботи підприємства визначається рівнями організації виробництва, техніки та технології. Правильна і достовірна оцінка організаційно-технічного рівня (ОТР) виробництва, без сумніву, є дієвим інструментом стратегічного управління. Дані такого аналізу необхідні для складання проектів технічного переозброєння і реконструкції підприємства, розробці поточних і стратегічних планів розвитку, оцінці конкурентоспроможності підприємств.

В умовах реорганізації локомотивних депо з метою розділення ремонтної та експлуатаційної складової, питання оцінки ОТР нових підприємств характеризуються високою актуальністю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Багатофакторність ОТР підприємств обумовлює використання системи зведених показників для оцінки деяких її напрямків. Кожен узагальнений показник формується під впливом кількох часткових (допоміжних) показників. З іншого боку, доцільно систематизувати всі узагальнюючі показники за одним інтегрованим показником, що дозволяє кількісно однозначно планувати різні напрямки та процеси на організаційно-технічному рівні та розвитку підприємства в цілому. Вибір цього показника є надзвичайно важливим і водночас складним завданням. Вчені в різні часи пропонували різні інтегровані показники організаційно-технічного рівня та розвитку підприємства [1-3]. Кожен з них мав переваги та недоліки і призначався для використання в певних виробничих умовах, наприклад, з урахуванням особливостей підприємства певної галузі [3, 4]. Звичайно, при виборі інтегрованого показника необхідно враховувати специфіку підприємства, що стосовно експлуатаційного локомотивного депо потребує проведення відповідних досліджень.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є визначення організаційно-технічного рівня експлуатаційного локомотивного депо з урахуванням його виробничих та організаційних особливостей. Для цього потрібно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати напрямки забезпечення надійності експлуатаційного персоналу;
- визначити ступінь впливу підрозділів локомотивного депо на показники безпеки руху поїздів;
- розробити інтегрований показник ОТР експлуатаційного локомотивного депо;
- провести визначення показник ОТР експлуатаційного локомотивного депо за реальними даними.

Основна частина дослідження. Аналіз досліджень [5-7] показує, що ключовим аспектом роботи експлуатаційного депо є надійність роботи локомотивних бригад в шляху прямування.

Виходячи з цього, оцінку організаційно-технічного рівня експлуатаційного депо доцільно здійснювати за напрямками забезпечення надійності експлуатаційного персоналу:

- кадровий менеджмент;
- професійний відбір;
- система навчання та інструктажу;
- технічні засоби навчання;
- передрейсовий контроль;
- поточний контроль;
- аналіз умов праці та відпочинку.

В результаті аналізу організаційної структури експлуатаційного депо та посадових обов'язків відповідальних виконавців було визначено зв'язки між вищеназваними факторами та підрозділами депо (рис. 1).



Рис. 1. Визначення зв'язків між факторами забезпечення надійності експлуатаційного персоналу та підрозділами локомотивного експлуатаційного депо.

З рисунку 1 видно що кожен з підрозділів депо по різному впливає на фактори забезпечення безпеки руху. Для оцінки цього впливу, використовувався метод визначення питомої кількості зв'язків між елементами системи [8]:

$$N = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^m S_i}$$

де: S_i – кількість зв'язків i -го підрозділу з контрольними факторами, од.;
 m – загальна кількість зв'язків системи, од.

Обчислення та подальша нормалізація значень дозволили отримати коефіцієнти, що в певній мірі характеризують ступінь впливу підрозділів локомотивного депо на показники безпеки руху поїздів (рис. 2).

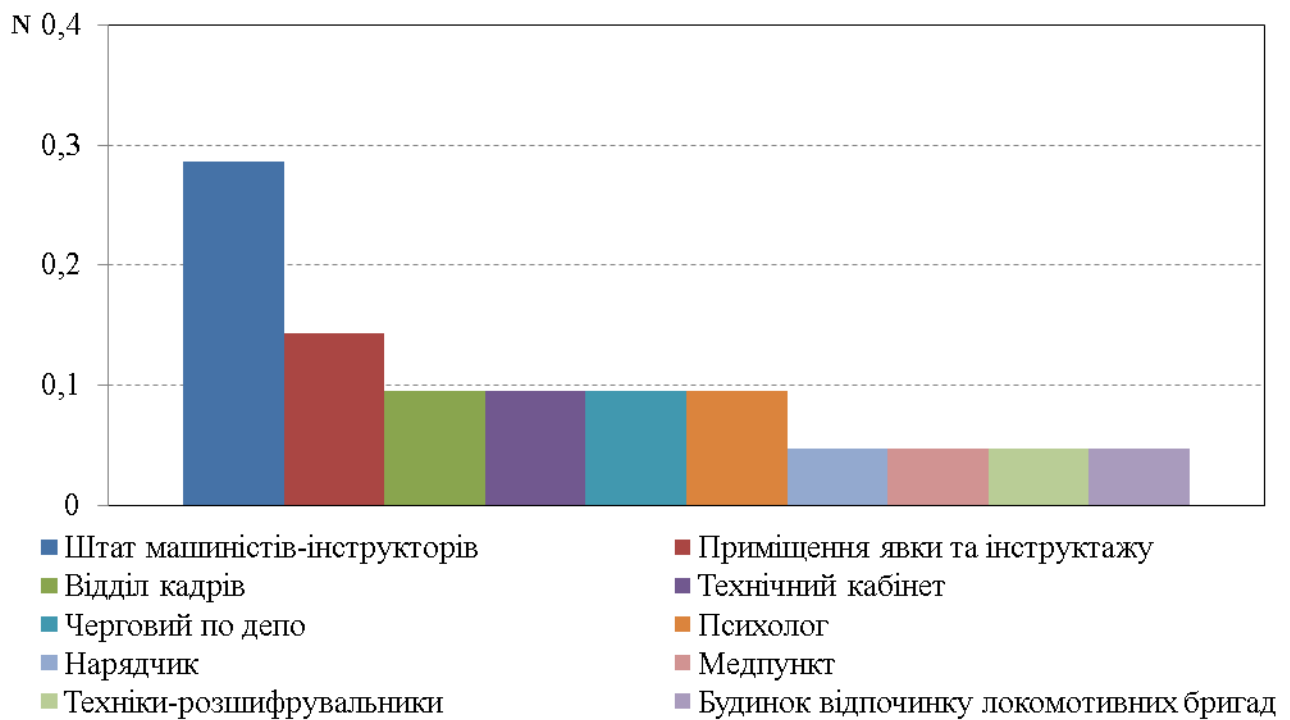


Рис. 2. Розподіл коефіцієнтів, що характеризують ступінь впливу підрозділів локомотивного депо на показники безпеки руху поїздів.

Для отримання комплексної оцінки підприємства виникає необхідність визначення організаційно-технічного рівня зазначених підрозділів. Складність цієї задачі полягає у також у різноплановості та багатофакторності характеристик підрозділів локомотивного депо, що не завжди мають кількісні міри. В таких випадках високу ефективність показують експертні системи на основі апарату нечіткої логіки, перевагою якого є створення кількісних оцінок для лінгвістичних змінних, і відображення залежності між даними змінними у вигляді нечітких правил [9].

Беручи до уваги невизначеність і неоднозначність середовища, для якісної оцінки рівня підрозділів використовувались лінгвістичні оцінки теорії нечітких множин. Кожна лінгвістична змінна складається із назви, безлічі значень або термів універсальної множини та відповідної функції приналежності (табл. 1).

Для спрощення, всім лінгвістичним змінним призначалося однакову кількість термів з трапецієподібними функціями приналежності (рис. 3).

Параметри визначених функцій приналежності лінгвістичних змінних бути уточнені за результатами експериментів. Кожній оцінці експертів можна буде зіставити вектор п'яти значень функцій приналежності:

$$S(x) = \{\mu_1(x), \mu_2(x), \mu_3(x), \mu_4(x), \mu_5(x)\}. \quad (2)$$

Таблиця 1

Характеристики лінгвістичних змінних рівня підрозділу депо

Характеристика рівня (терм)	Познач.	Характеристика	Функція приналежності
1	2	3	4
Дуже високий	A	Повна відповідність вимогам, впровадження інновацій	$\mu_1(x) = \begin{cases} 0, 0 \leq x < 0.75 \\ 10(x - 0.75), 0.75 \leq x < 0.85 \\ 1, 0.85 \leq x \leq 1 \end{cases}$
Високий	B	Повна відповідність вимогам	$\mu_2(x) = \begin{cases} 0, 0 \leq x < 0.55 \\ 10(x - 0.55), 0.55 \leq x < 0.65 \\ 1, 0.65 \leq x < 0.75 \\ 10(0.85 - x), 0.75 \leq x < 0.85 \\ 0, 0.85 \leq x \leq 1 \end{cases}$
Середній	C	Відповідність вимогам незначними відхиленнями	$\mu_3(x) = \begin{cases} 0, 0 \leq x < 0.35 \\ 10(x - 0.35), 0.35 \leq x < 0.45 \\ 1, 0.45 \leq x < 0.55 \\ 10(0.65 - x), 0.55 \leq x < 0.65 \\ 0, 0.65 \leq x \leq 1 \end{cases}$
Низький	D	Наявність суттєвих відхилень	$\mu_4(x) = \begin{cases} 0, 0 \leq x < 0.15 \\ 10(x - 0.25), 0.15 \leq x < 0.25 \\ 1, 0.25 \leq x < 0.35 \\ 10(0.45 - x), 0.35 \leq x < 0.45 \\ 0, 0.45 \leq x \leq 1 \end{cases}$
Дуже низький	E	Відсутність чи суттєві відхилення основних елементів	$\mu_5(x) = \begin{cases} 1, 0 \leq x < 0.15 \\ 10(0.25 - x), 0.15 \leq x < 0.25 \\ 0, 0.25 \leq x \leq 1 \end{cases}$

Згідно [10] проводиться згортка всіх векторів $S(x)$ з ваговими коефіцієнтами r за формулою:

$$\sum_{i=1}^N r_i \times \{\mu_{i.1}, \mu_{i.2}, \mu_{i.3}, \mu_{i.4}, \mu_{i.5}\} =$$

$$= \left\{ \sum_{i=1}^N r_i \times \mu_{i.1}, \sum_{i=1}^N r_i \times \mu_{i.2}, \sum_{i=1}^N r_i \times \mu_{i.3}, \sum_{i=1}^N r_i \times \mu_{i.4}, \sum_{i=1}^N r_i \times \mu_{i.5} \right\} \quad (3)$$

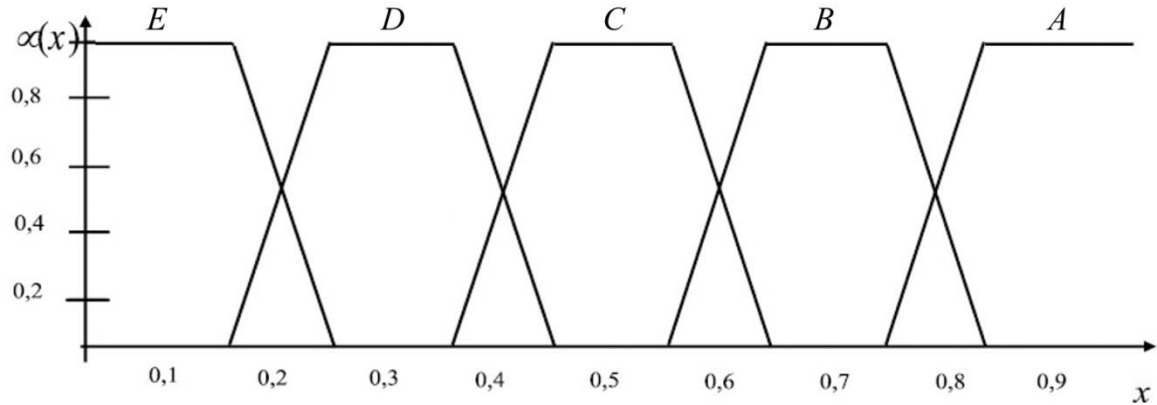


Рис. 3. Розташування функцій приналежності лінгвістичної змінної організаційно-технічного рівня підрозділу депо.

Результуючий показник стану виробництва визначається як вектор з п'яти значень функцій приналежності $S_0 = \{\mu_{0i}\}$, сума яких дорівнює одиниці. Тоді згідно [10] скалярний вектор, що характеризує стан підприємства визначатиметься як:

$$K = \sum_{i=1}^5 (0,2i - 0,1) \times \mu_{0i}, \quad (4)$$

де: $(0,2i - 1)$ - вузлові точки стандартного п'ятирівневого нечіткого класифікатора.

Згідно з розробленою методикою визначався рівень експлуатаційного локомотивного депо «L». Дані експертної оцінки зводились в таблицю 2.

Таблиця 2

Експертна оцінка показників дільниці експлуатації

Показники	Вагові коефіцієнти	Терми лінгвістичних змінних				
		A	B	C	D	E
		μ_{i1}	μ_{i2}	μ_{i3}	μ_{i4}	μ_{i5}
Персонал	0,4	0	1	0	0	0
Приміщення	0,3	0	0	1	0	0
Обладнання	0,2	0	0	1	0	0
Документація	0,1	0	1	0	0	0

$\sum r_i \mu_{ij}$		0	0,35	0,25	0	0
---------------------	--	---	------	------	---	---

Одноразова згортка (3) дає вектор $S_0 = \{0, 0.35, 0.25, 0, 0\}$. Видно, що результат групується навколо середніх і високих значень факторів. З (4) отримувалось значення $K = 0,6$. Якщо провести розпізнавання цього значення за функціями приналежності (табл. 2), можна зазначити що ОТР депо є на 50% середнім та на 50% високим. Для підвищення рівня депо необхідно усунути невідповідності за критеріями «Приміщення» та «Обладнання».

Висновки. В результаті проведених досліджень в роботі були отримані наступні результати.

1. Проаналізовані напрямки забезпечення надійності експлуатаційного персоналу. Визначено, що ці напрямки забезпечуються різними підрозділами локомотивного депо.

2. Застосування методу визначення питомої кількості зв'язків між елементами системи дозволив отримати коефіцієнти, що в певній мірі характеризують ступінь впливу підрозділів локомотивного депо на показники безпеку руху поїздів. Визначено, що найбільший вплив здійснюється штатом машиністів-інструкторів.

3. Зважаючи на різноплановість та багатфакторність характеристик підрозділів локомотивного депо, для визначення їх рівня запропоновано застосування експертних систем на основі апарату нечіткої логіки.

4. Визначення ОТР експлуатаційного локомотивного депо «L» за реальними даними показало, що він є на 50% середнім та на 50% високим. Для підвищення рівня депо необхідно усунути невідповідності за критеріями «Приміщення» та «Обладнання».

Список літератури

1. Синікова О. М. Система показників оцінки організаційно-технічного рівня підприємств залізничного транспорту. Вісник економіки транспорту і промисловості. 2010. №. 29. С. 370-373.
2. Оболенська І. В. Показник оцінки організаційно-технічного рівня забезпечення виробничої потужності видобувного підприємства та методика його застосування. Економіка промисловості. 2012. №. 1-2. С. 236-241.
3. Молла М. Г. Формування системи показників оцінки організаційних складових конкурентоспроможності підприємства. Вісник соціально-економічних досліджень. 2012. №. 1. С. 252-257.
4. Погрішук Б. В., Марченко О. І. Планування і контроль на підприємстві. Тернопіль. Крок, 2015. 682 с.
5. Дацун Ю.М., Крамчанин І.Г. Розробка програми обстеження дільниці експлуатації локомотивного депо при атестації. Зб.наук. праць. Харків: УкрДАЗТ, 2009. Вип. 108. С. 179 - 183.

6. Sani M. A., Dawal S. Future human performance model for Malaysian train driver. World Congress on Engineering 2012. July 4-6, 2012. London, UK. International Association of Engineers, 2010. Т. 2182. Р. 1938-1943.

7. Антонов А. А., Красавин А. В., Новиков А. С., Сиразетдинова А. Д. Оценка факторов, влияющих на безопасность ведения поезда. Наука и современность. 2010. №4-1. С. 365-370.

8. Додонов А.Г., Ландэ Д.В. Живучесть информационных систем. К.: Наук. думка, 2011. 256 с.

9. Zadeh L. Fuzzy logic computing with words. Computing with Words in Information. Physica, Heidelberg. 1999. Р. 3-23.

10. Недосекин А. О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций. СПб.: Сезам. 2002. 181 с.

Грибанов Олександр Володимирович, другий (магістерський) рівень навчання, група 212-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (095) 166-20-86. E-mail: prishinka0@gmail.com

Четвертаков Олександр Сергійович, другий (магістерський) рівень навчання, група 213-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (097) 280-44-59. E-mail: chetvertas@gmail.com

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО СКЛАДУ НАПЛАВОЧНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ШКВОРНІВ ЕЛЕКТРОВОЗІВ В УМОВАХ ЛОКОМОТИВНОГО ДЕПО

*Науковий керівник – канд. техн. наук, доцент кафедри експлуатації
та ремонту рухомого складу УкрДУЗТ Ю.М. Дацун*

Анотація. У роботі на основі даних щодо існуючих наплавочних матеріалів, ставилась та вирішувалась задача вибору раціонального складу матеріалу для відновлення шкворнів електровозів шляхом застосування інтегрального критерію у вигляді адитивної згортки.

Відновлення і зміцнення деталей локомотивів є важливим резервом економії матеріалів, паливо-енергетичних та трудових ресурсів які значно перевищують вартість відновлювальних матеріалів. Згідно розрахунків раціональний склад для наплавлення має електродний дріт Н285С.

Ключові слова: шкворінь, наплавлення, електродний дріт, критерій, ваговий коефіцієнт.

Вступ. Експлуатація рухомого складу, що наближається до межі повного вичерпання ресурсу вимагає пошуку нових методів відновлення його вузлів. Високою актуальністю на сьогоднішній день характеризуються питання відновлення шкворневих вузлів електровозів в умовах локомотивних депо. На сьогоднішній день в локомотивних депо найбільше поширення отримало автоматичне наплавлення шворнів під шаром флюсу. Переваги такого способу у тому що процес наплавлення більш швидкий та якісній, ніж при наплавленні ручним способом. Застосування електродного дроту під час автоматичного наплавлення дозволяє отримати більш рівномірну та міцну поверхню у порівнянні із застосуванням електродів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В теперішній час для відновлення відповідальних деталей машин найбільш широко використовують різні методи наплавлення [1-3]. Для відновлення шворнів електровозів під час автоматичного наплавлення під шаром флюсу застосовують порошкові дроти ПП30ХВ8, ПП3Х2В8, ПП-Нп-30ХГСА, ПП10ХВ14, ПП2Г13А і. т. д. [4]. Однак для досягнення найбільш високого рівня зносостійкості наплавлених деталей важливо обрати раціональний склад наплавочного матеріалу і режим

термообробки після наплавлення, можна оптимізувати розвиток мартенситного перетворення під навантаженням.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є вибір раціонального складу наплавочного матеріалу для відновлення шкворнів електровозів в умовах локомотивного депо шляхом застосування інтегрального критерію.

Для цього потрібно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати властивості та характеристики електродних дротів, що застосовуються під час відновлення шкворнів електровозів;
- визначити вагові коефіцієнти часткових критеріїв характеристик електродних дротів;
- провести розрахунки за обраним методом та надати рекомендації щодо раціонального складу наплавочного матеріалу для відновлення шкворнів електровозів в умовах локомотивного депо.

Основна частина дослідження. В умовах тертя під високим тиском зносостійкість високолегованого напавленого металу системи Fe-Cr-Mn в значній мірі визначається здатністю до зміцнення самого аустеніту, яка залежить від вмісту в ньому вуглецю і інтенсивності утворення мартенситу деформації [5]. Показники напавленого металу та вартість електродних дротів різних марок, наведено в табл. 1.

Використання порошкових дротів дозволяє економити наплавочний матеріал. Порошкові дроти рекомендується застосовувати при відновленні деталей з великим зносом з широким діапазоном твердості - HB 200-600 [6].

Використання порошкового дроту H285C (Fe-Cr-Mn), де співвідношення вуглецю, хрому та марганцю вибрано таким, що безпосередньо після напавлення досягається підвищена стабільність аустеніту напавленого металу по відношенню до $\gamma \rightarrow \alpha$ - перетворенню в порівнянні з відомими напавленими матеріалами даного типу.

З цієї причини істотно спрощується технологія напавлення і поліпшується оброблюваність різанням, що сприяє більш швидкому ремонту вузлів напавленням деталей [7].

Таблиця 1

Характеристики електродних дротів

Тип електродного дроту	Твердість напавленого шару, HRC	Коефіцієнт відносної зносостійкості напавленого шару	Вартість дроту, грн/кг
ПП-Нп-30ХГСА	41,5 ... 43	1,33	58
ПП10ХВ14	51,5 ... 53	1,58	75
Нп-3Х13	55 ... 56	1,67	100
H285C	45,5 ... 47,5	3,0	140

Як показують випробування при терті і абразивному впливі при наплавленні дротом Н285С практично не відрізняється від наплавлення дротом Нп-30Х10Г10Т (ГОСТ 10543-98) і значно перевищує її при використанні дротів ПП-Нп-18Х1Г1М (ГОСТ 26101-84), Св-12Х13 і Св-06Х18Н9Т (ГОСТ 224 70). Застосування порошкового дроту системи Fe-Cr-Mn забезпечує отримання структури метастабільного, та такого що значно зміцнюється під час наклепу аустеніту. Ступінь його зміцнення така ж, як і при використанні дроту Нп-30Х10Г10Т, але максимальна твердість досягається за час в 1,5 ... 2,0 рази більше, що обумовлено меншою інтенсивністю деформаційного мартенситного перетворення при застосуванні Н285С [7].

Незважаючи на явні переваги характеристик покриття, що утворюються за допомогою дроту Н285С, його висока вартість стає на заваді широкого застосування у виробництві.

А для вибору раціонального складу наплавочного матеріалу, перед особою, що приймає рішення (ОПР) стоїть завдання порівняння альтернативних варіантів і їх ранжирування за ступенем переваги для вибору найкращого варіанту з набору розглянутих альтернативних варіантів.

В даному випадку завдання прийняття рішення є багатокритеріальним. Його рішення передбачає використання інтегрального критерію у вигляді адитивної, мультиплікативної, мінімаксної або комбінованої згортки локальних критеріїв [8-10].

До складу інтегрального критерію локальні критерії зазвичай входять з ваговими коефіцієнтами, що враховують рівень важливості кожного з цих локальних критеріїв.

Тому, для отримання суворо математично обґрунтованого результату вибору найкращого варіанту рішення, ОПР необхідно не тільки правильно вибрати необхідний набір локальних критеріїв, але і досить коректно оцінити їх вагові коефіцієнти.

Оскільки критерії наплавочних матеріалів, що порівнюються мають різну розмірність, для визначення їх вагових коефіцієнтів доцільно застосовувати експертні методи.

В процесі дослідження проводилось опитування п'яти експертів, фахівців в даній області щодо важливості трьох критеріїв: x_1 - твердість наплавленого шару; x_2 - коефіцієнт відносної зносостійкості наплавленого шару; x_3 - вартість дроту. Найбільш важливого показнику вони призначали ранг (r) 3, а найменш важливого 1. Результати опитування заносились у табл. 2, в останньому рядку обчислювалась сума рангів. Тоді згідно [9] ваговий коефіцієнт визначався як:

$$\omega = \frac{r}{\sum r}. \quad (1)$$

За результатами обчислень найбільший ваговий коефіцієнт $\omega = 0,467$ належить критерію x_3 , що можна пояснити складною економічною ситуацією в

галузі, та прагненням підприємств до зниження поточних витрат. Другим за значимістю критерієм визнано x_2 .

Таблиця 2

Визначення вагових коефіцієнтів критеріїв наплавочних матеріалів

Експерти	Критерії		
	x_1	x_2	x_3
1	1	2	3
2	1	3	2
3	1	2	3
4	2	1	3
5	1	2	3
Σ	6	10	14
ω	0,200	0,333	0,467

Для визначення інтегрального критерію, значення часткових критеріїв нормувались. Причому для критеріїв x_1 та x_2 в якості нормуючого значення виступала сума нормованих значень, а значення критерію x_3 нормувались за формулою:

$$q_i(x_j) = \frac{q_i^{max} - q_i^{ab}}{q_i^{max} - q_i^{min}}, \quad (2)$$

де: q_i^{max}, q_i^{min} – відповідно максимальне та мінімальне значення i -го критерію.

Нормовані значення критеріїв та відповідні коефіцієнти вагомості брались для обчислень за допомогою адитивної згортки. Результати проведених обчислень наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Визначення інтегрального критерію електродних дрітів

Тип електродного дроту	Нормовані значення критеріїв			Інтегральний критерій $\bar{q}$
	x_1	x_2	x_3	
ПП-Нп-30ХГСА	0,216	0,175	0,282	0,233
ПП10ХВ14	0,266	0,208	0,266	0,2469
Нп-3Х13	0,281	0,220	0,244	0,2434
Н285С	0,238	0,396	0,208	0,2767
ω	0,2	0,333	0,467	1

Результати обчислень дозволяють зазначити, що максимальним значенням інтегрального критерію характеризується електродний дріт Н285С.

Який незважаючи на найбільшу вартість дозволяє отримати наплавлений шар з коефіцієнтом відносної зносостійкості, що майже вдвічі більший від інших дротів. Незначні відхилення характеристик наплавленого шару дротів ПП10XB14 та Нп-3X13 нівелюються різницею у вартості, що пояснює майже однакові значення їх інтегральних критеріїв. Найменшим значенням інтегрального критерію характеризується дріт ПП-Нп-30ХГСА, що хоча і має найнижчу вартість, однак отриманий за його допомогою наплавлений шар має найнижчі значення показників.

Перевагою застосованого підходу є комплексна оцінка, що не зважаючи на вказаний експертами пріоритет по вартості, не дозволила обрати в якості оптимального рішенням дріт з найнижчою вартістю (рис. 1).

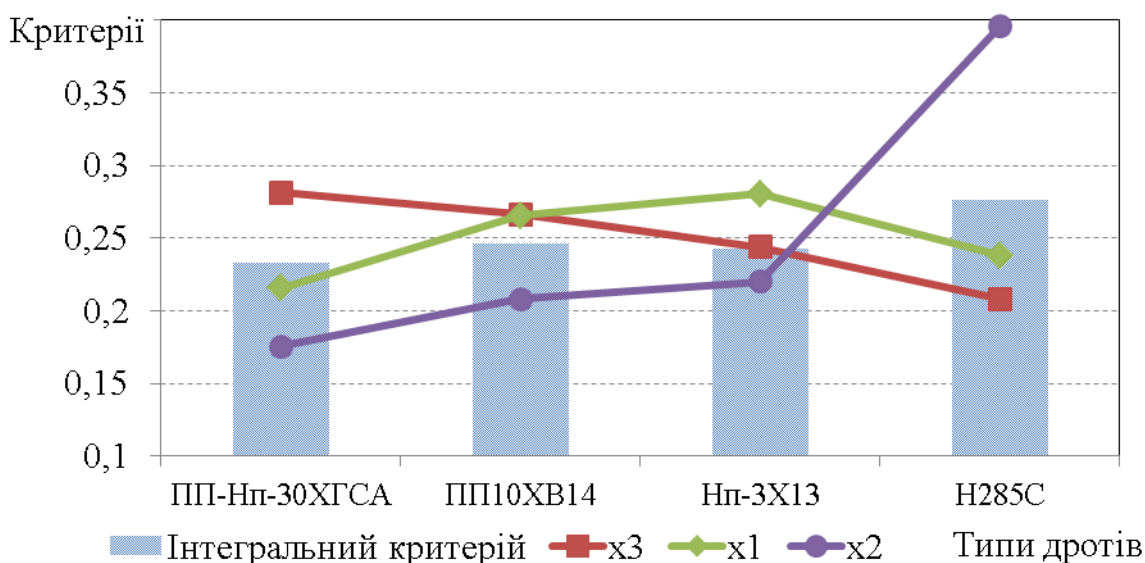


Рис.1. Часткові та інтегральні критерії порівняння електродних дротів

Висновки. В результаті проведених досліджень в роботі були отримані наступні результати.

1. Отже в ході проведеного дослідження визначено, що задача вибору раціонального складу наплавочного матеріалу шкворнів електровозів має багатокритеріальну постановку, а для її вирішення необхідно застосування інтегрального критерію.

2. Експертна оцінка часткових критеріїв показала, що найбільший ваговий коефіцієнт $\omega = 0,467$ належить критерію x_3 , що викликано можна складною економічною ситуацією в галузі, та прагненням підприємств до зниження поточних витрат. Другим за значимістю критерієм визнано x_2 .

3. Обчислення інтегрального критерію шляхом застосування адитивної згортки часткових критеріїв дозволило визначити електродний дріт Н285С як такий, що характеризується максимальним значенням інтегрального критерію.

Його застосування в процесі ремонту дозволить підвищити надійність та зносостійкість шкворневих вузлів електровозів.

Список літератури

1. Новік О. Ю., Дашивець Г. І. Порівняльний аналіз економічної доцільності способів відновлення деталей наплавленням з урахуванням фактору часу. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2013. №. 13, т. 3. С. 51-56.
2. Сокіл К. В. Порівняльні характеристики способів наплавлення покриттів при відновленні деталей машин. Матеріали II Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“. 2009. Т. 1. С. 210-210.
3. Горбенко О. В. Перспективи використання ресурсозберігаючих технологічних процесів при відновленні деталей машин. Технологічний аудит та резерви виробництва. 2012. №. 2. С. 19-22.
4. Щербаков Ю.В., Кашфуллин А.М. Современные методы восстановления и упрочнения деталей. Пермь : ИПЦ «Прокрость» 2018. 191 с.
5. Малинов Л. С., Малинов В. Л. Марганцесодержащие наплавочные материалы. Автоматическая. сварка. 2001. № 8. С. 34-37.
6. Малинов Л. С., Малинов В. Л. Экономно-легированные сплавы с мартенситными преобразованиями и упрочняющие технологии. Харьков: Инц ХФТИ. 2007. 352 с.
7. Хрущов М.М. Трение, знос и микротвердость материалов. М.: Красанд, 2012. 512с.
8. Постников В. М., Черненко В. М. Методы принятия решений в системах организационного управления. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014. 205 с.
9. Зак Ю. А. Прикладные задачи многокритериальной оптимизации. М.: Экономика. 2014. 455 с.
10. Спиридонов С. Б., Булатова И. Г., Постников В. М. Анализ подходов к выбору весовых коэффициентов критериев методом парного сравнения критериев. Вестник евразийской науки. 2017. Т. 9. №. 6. С. 13-37.

Новік Олександра Вадимівна, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38(098)824-04-62 E-mail: Sandra_kinet2016@gmail.com

Сілівьорстов В.С., Саченко Є.О.

ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ КОЛІСНОЇ ПАРИ ЛОКОМОТИВА В УМОВАХ ДЕПО

Науковий керівник – док. техн. наук, професор кафедри експлуатація та ремонт рухомого складу О. С. Крашенінін

***Анотація.** Надійна робота локомотивів забезпечується надійною роботою їх систем, агрегатів і вузлів. Одними з вузлів локомотиву, що лімітують їх надійність, є колісні пари, від збереження параметрів яких залежить надійна і безпечна робота всього локомотиву. В умовах, з одного боку, старіння локомотивів і зношеності ремонтного обладнання, а, з іншого боку, надходження високошвидкісного рухомого складу на залізниці, вимоги до надійності колісних пар локомотивів в експлуатації стають ще більшими*

Стаття присвячена розгляду питань порівняння ефективності і точності різних засобів контролю параметрів колісних пар локомотивів в умовах депо.

***Ключові слова:** колісна пара локомотива, методи контролю параметрів колісних пар.*

Вступ. Для забезпечення стійкої роботи ремонтного господарства у умовах дії планово – попереджувальної системи ремонту локомотивів передбачалася наявність певного запису вузлів і агрегатів. Особливо це стосувалося обладнання, яке забезпечувало безпеку руху: колісних пар, засобів контролю руху.

Знос основних фондів, в тому числі ремонтного устаткування, застарілі методи контролю, вже не можуть забезпечити безпечні умови експлуатації локомотивів. Поряд з цим, нажаль, в сучасних реаліях порушуються принципи недоторканності запасів стратегічного обладнання, наприклад, запасу колісних пар локомотивів.

Ці фактори негативно впливають на забезпечення надійної роботи локомотивного парку, що особливо стосується швидкісного рухомого складу.

В цих умовах контроль зносу і зміни геометричних параметрів колісних пар набуває особливої актуальності для забезпечення безпечної і надійної роботи локомотивного господарства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковий аспект взаємодії «колесо-рейки» викликає наукові дискусії вже багато років і має як

прихильників зміцнення рейок, так і тих, хто вважає за доцільне зміцнення поверхні кочення колісної пари [1, 4, 6, 7].

Достатньо багато досліджень в періодичній літературі та наукових журналах присвячено проблемі зміни профілю кочення колісної пари. Можна констатувати, що ці дослідження є спробою надати імпульсу перспективі пошуку шляхів підвищення надійності колісних пар, в тому числі і можливості застосування колісних пар з різним профілем для локомотивів різного роду служби. Разом з цим, це надасть багато незручностей ремонтному господарству в плані необхідності переоснащенням ремонтної бази і запровадженні нових засобів контролю [2, 3, 5].

В практиці і наукових дослідженнях надається багато інформації щодо різних технологій зміцнення колісної пари після досягнення граничного зносу [1].

Слід відмітити, що ці методи потребують узагальнення і розробки єдиної стратегії відновлення колісної пари.

До цих проблем додається необхідність освоєння технології моніторингу і відновлення колісних пар швидкого рухомого складу, який набуває все більшого розвитку в нашій країні. В локомотивних депо, де виконується ремонти цього рухомого складу технології контролю і відновлення колісних пар не відрізняється від технологій відновлення і контролю вітчизняного рухомого складу.

З цієї точки зору проведення порівняння ефективності різних способів контролю колісних пар має актуальний характер.

Мета та завдання дослідження. Мета роботи – полягає в узагальненні досвіду контролю колісних пар локомотивів в експлуатації на прикладі швидкісного рухомого складу.

Основна частина дослідження. В Україні експлуатується швидкісний рухомий склад для забезпечення пасажирського руху, що надійшов з Чехії, Південної Кореї та вітчизняний ШРС.

В цих умовах необхідно і доцільно провести моніторинг та аналіз зміни геометричних параметрів колісних пар в залежності від пробігу кожної з серій ШРС.

Як показує багаторічна практика, в експлуатації необхідно контролювати знос гребеню колісних пар, величину прокату, діаметр колісної пари.

Відомо, що після обточування колісних пар, проходить інтенсивна приробка пари тертя «колесо-рейка», що супроводжується значним ростом швидкості збільшення прокату. Після цього темп росту прокату стабілізується, але, коли пробіг досягає 200 тис. км, темп зносу починає зростати. Змінюються фізико-хімічні властивості металу (структура, шорсткість, твердість), що приводить до комплексної втомленості і можливості викрашування металу з поверхні кочення.

Як показує світовий досвід багатьох закордонних фірм (Siemens AG, Alstom) інтервал пробігу для проведення обточування колісних пар коливається від 200 тис. км до 300 тис. км.

Це потрібно враховувати для уточнення гранично - допустимих значень параметрів колісних пар та орієнтовного ресурсу колісних пар.

В даний час контроль геометричних параметрів колісних пар (висота, товщина, крутизна гребеня і діаметр коліс) в депо почав проводитися з використанням системи діагностики «Argus», профілометра «Calipri-Wheel» і універсального шаблону УТ-1.

Були проведені випробування даних засобів вимірювальної техніки для того, щоб встановити достовірність їх результатів при контролі колісних пар. Для цього в депо атестованими техніками по вимірах здійснені всі необхідні вимірювання колісних пар. На рис. 1, 2, відповідно, представлені робочі місця, де проводяться виміри коліс системою діагностування «Argus», універсальним шаблоном УТ-1 профілометром «Calipri-Wheel».



Рис.1 – Вимірювання геометричних параметрів колісної пари універсальним шаблоном УТ-1.

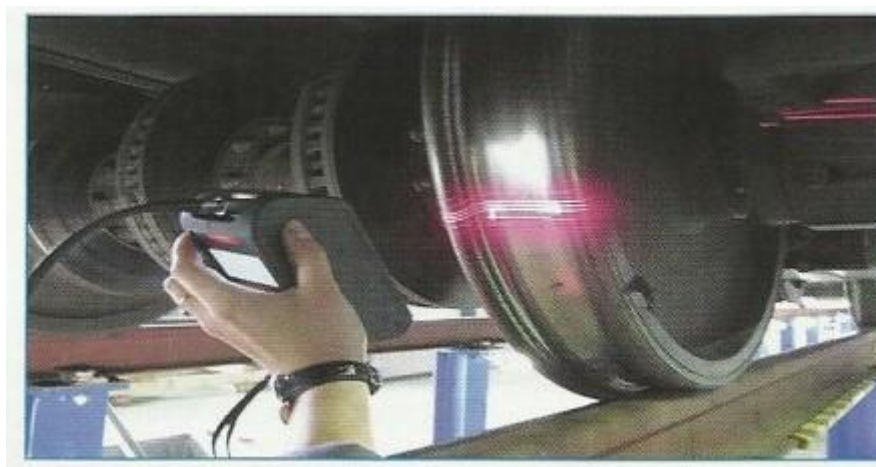


Рис.2 – Вимірювання геометричних параметрів колісної пари «Calipri-Wheel».

За істинні значення вимірювань приймалися геометричні параметри, виявлені при вимірюванні коліс на колесо-токарному верстаті, так як вони були отримані методом прямого виміру профілю і діаметра колеса при обкатуванні його контрольним роликком (рис. 3).



Рис.3 – Вимірювання профілю та діаметру колісної пари при обкатці на його контрольним роликком на колесо-токарному верстаті.

Для оцінки точності вимірювання геометричних параметрів колісних пар вищевказаними приладами був проведений порівняльний аналіз розподілу похибок вимірювань коліс електропоїзду, після якого були складені гістограми розподілу абсолютних значень похибок вимірювання висоти, товщини і крутизни гребеня всіх коліс.

Абсолютна похибка для кожного засобу вимірювання («Argus», «Calipri-Wheel», шаблон УТ-1). обчислювалася як різниця значення вимірюваного параметра і істинного значення, отриманого при вимірюванні параметрів коліс на колесо-токарному верстаті.

Аналіз гістограм розподілу показав, що при вимірюванні висоти гребеня найбільший розкид похибок у профілометра «Calipri-Wheel», а при вимірі крутості гребеня - у шаблону УТ-1.

При вимірі крутості гребеня розподілу похибок у профілометра «Calipri-Wheel», системи «Argus» та універсального шаблону УТ-1 мають однаковий характер. Було проведено розрахунок середніх значень абсолютних похибок вимірювань параметрів всіх перевірених коліс шляхом складання даних вимірювань висоти, товщини і крутизни гребеня з наступним розподілом отриманих сум на загальну кількість коліс. Результати розрахунків представлені на рис.4

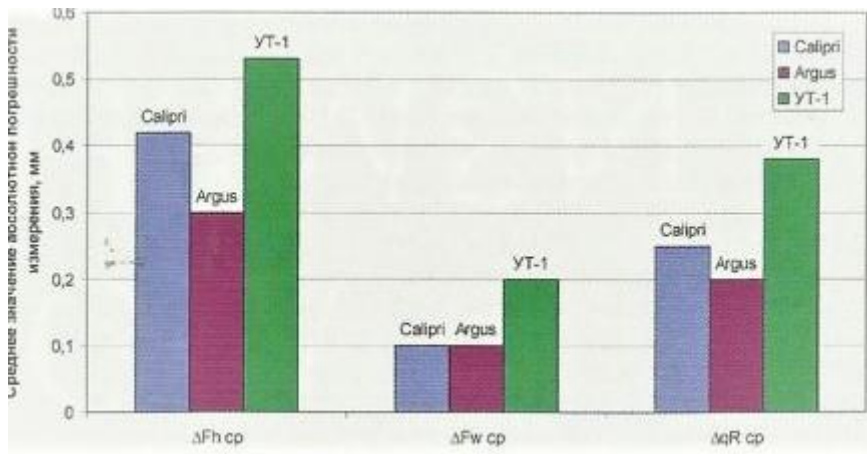


Рис.4- Діаграма середніх значень абсолютних відхилень вимірювання висоти, товщини, і крутизни гребню колісних пар.

Висновки. Аналізуючи використання засобів вимірювання геометричних параметрів колісних пар можна констатувати наступне :

1) Діаграма показує, що середні значення абсолютної похибки вимірювання висоти, товщини і крутизни гребеня мають найменші значення у системи «Argus», а найбільші - у шаблону УТ-1. Ці дані говорять про те, що методика вимірювання геометричних параметрів профілю коліс і використанням профільного шаблону УТ-1 в більшій мірі передбачає вплив людського фактора, що безпосередньо впливає на точність і якість контролю.

2) Практична рівність величин середніх значень абсолютних похибок вимірювання параметрів коліс системою «Argus» и переносним профілометром «Calipri-Wheel» пояснюється однаковим методом отримання вимірювань за допомогою вбудованої камери і лазера, що сканує контур вимірюваного об'єкта.

Список літератури

1. Курасов Д.А. Повышение долговечности бандажей колесных пар подвижного состава.-М.: Транспорт, 1981.-122с.
2. “Інструкція з формування, ремонту та утримання колісних пар тягового рухомого складу залізниць України колії 1520 мм”. ВНД 32.0.07.001-2001 – Донецьк: ООО “Либідь”, 2001. – 154с.
3. ДСТУ EN 13927:2005 Неруйнівний контроль. Контроль візуальний . Устаткування (EN 13927:2003, IDT).- Чинний від 2005-05-10.- К.: Держспоживстандарт, 2006.- 6с.
4. Динамика транспортных средств: Избр. Тр./ Лазарян В.А.-Киев: Наук думка, 1985.- 528с.
5. Вагоны: Учебник для вузов ж.-д. трансп./ Л.А. Шадур, И.И. Челноков, Л.Н. Никольский и др.: под ред. Л.А. Шадура.-3-е изд. Перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1980.-439с.
6. Car and Locomotive Cyclopedies of American Practies. New-York, 1970, 1974.
7. Кузьмич Л.Д., Кост Е.Л., Самсонова С.А. Прочностные нормативные требования к грузовым и пассажирским вагонам за рубежом: Обзор. М., НИИ информ тяжмаш, вып.5-75-24, 1975. 76с.

Сілівьорстов В.С, другий (магістерський) рівень навчання, група 213-ЛЛГ-Д19
Українського державного університету залізничного транспорту.
Тел.: +38 (066) 144-56-12. E-mail: masar89@yandex.ru

Саченко Є.О, другий (магістерський) рівень навчання, група 213-ЛЛГ-Д19
Українського державного університету залізничного транспорту.
Тел.: +38 (097) 991-70-99 E-mail: alsem15121@gmail.com

Омельницький С.М., Вакуліна Ю.В.

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕПЛОВИМ СТАНОМ ДИЗЕЛЯ ТЕПЛОВОЗУ ЧМЕЗ

*Науковий керівник – канд. техн. наук, доцент кафедри експлуатація
те ремонт рухомого складу УкрДУЗТ Н.Д. Чигирик*

***Анотація.** З метою зменшення витрати дизельного палива маневровими тепловозами на залізницях України, науковцями активно розробляються все нові способи та засоби, системи і пристрої. Одним із можливих способів є усунення виявлених недоліки в роботі системи управління тепловим станом дизеля тепловоза ЧМЕЗ. Проведено аналіз розроблених систем з підтримки оптимального теплового стану дизеля маневрового тепловоза. На основі чого, запропоновано заходи для вирішення даної проблеми, за рахунок удосконалення системи управління режимами роботи холодильника тепловоза.*

***Ключові слова:** холодильник тепловозу, вентилятор, гідромеханічний редуктор, економія палива, жалюзійний апарат.*

Вступ. Парк локомотивів Укрзалізниці нараховує станом на 2019 рік близько 3560 тепловозів, з них близько 1250 – маневрові. Основний парк маневрових тепловозів – це тепловози ЧМЕЗ різних модифікацій. Залізниці України споживають близько 10-15% від загального об'єму спожитого дизельного палива у країні. Значна частка витрат дизельного палива споживається маневровими тепловозами (близько 50% від загальної витрати залізницею). Тому питання економії дизельного палива маневровими тепловозами мають пріоритетне значення для локомотивного господарства залізниць. Значна частина витрат дизельного палива маневровими тепловозами приходить на гарячий відстій та прогрів тепловозів. До прикладу, такі супутні витрати, як на привід вентиляторів холодильника цих тепловозів витрачається 4-5% дизельного палива від загальної витрати тепловозом [1, 3, 8].

Актуальність проблеми визначається також ще більшими експлуатаційними витратами, які пов'язаними з підтримкою температури двигуна в оптимальних для нормальної роботи межах, в час роботи і простою. Це

визначає необхідність удосконалення та розробки технічних рішень, спрямованих на зменшення витрат дизельного палива на гарячий відстій та прогрів маневрових тепловозів.

Аналіз основних досліджень і публікацій. За даними досліджень водяна система тепловоза ЧМЕЗ на холостому ходу споживає близько 60 кВт. потужності, що є завищеним показником для забезпечення нормальної температури води. Аналіз роботи системи охолодження тепловоза ЧМЭЗ показує, що в зимовий період включення вентилятора великого контуру відбувається значно рідше, ніж у літній, а при температурі зовнішнього повітря близько $+20^{\circ}\text{C}$ вентилятор включається тільки у випадку тривалої роботи (10 хвилин і більше) на 4-ій, та вище, позиціях контролера машиніста [2].

Включення вентилятора при температурі близько 0°C можливо при роботі дизеля на 2-ій та 3-ій позиціях контролера, а при температурі -10°C на 3-ій та 4-ій позиціях. Беручи до уваги той факт, що маневрові тепловози працюють на цих позиціях найбільш тривалий проміжок часу, то навіть у зимовий період тривалість роботи вентилятора може становити (25-30)% від загального часу роботи тепловоза, що і приводить до наявності істотної витрати палива.

Схема приводу вентилятора великого контуру тепловозу не дозволяє змінювати його продуктивність в залежності від температури навколишнього середовища, що з одного боку приводить до збільшеної витрати палива, а з іншого боку – при температурах зовнішнього повітря -10°C и нижче – до виникнення різкого охолодження води. Як показує експлуатація тепловозу у зимовий час при таких температурах зовнішнього повітря різниця температур води великого контуру на вході в холодильник і на виході з нього становить $15-17^{\circ}\text{C}$. Подача води з низькою температурою в дизель приводить до підвищених температурних напружень та зниження індикаторного ККД дизеля [4].

Робота апарату жалюзі холодильника тепловоза ЧМЭЗ так само є малоефективною, тому що відкриття по черзі бічних і верхніх жалюзі не дає очікуваного ефекту, і як результат – це приводить до необхідності забезпечення додаткового включення вентилятора за позитивних температур повітря.

Також існуюча система роботи холодильної камери не передбачає збереження тепла після зупинки дизеля тепловоза, що викликає необхідність забезпечення в наступному, прогріву дизеля [4].

Визначення мети і завдання дослідження. В якості мети дослідження виділено розробку способу зменшення експлуатаційної витрати палива маневровими тепловозами серії ЧМЕЗ всіх індексів, за рахунок забезпечення оптимальних параметрів роботи дизеля, а саме, температурних режимів під час його роботи.

Поставлена мета досягається рішенням наступних основних завдань:

- виділення можливих напрямків для розробки заходів з підвищення ефективності роботи системи охолодження тепловозу ЧМЕЗ;
- обґрунтування запропонованих розроблених заходів з удосконалення параметрів роботи системи охолодження посиляючись на сумарні річні витрати необхідні для експлуатації тепловозів ЧМЕЗ на ділянці оберту;
- аналіз існуючих систем прогріву та підігріву тепловозів, їх позитивних та негативних сторін виявлених під час експлуатації;
- розробка способу зменшення експлуатаційної витрати палива маневровими тепловозами серії ЧМЕЗ шляхом забезпечення зміни продуктивності вентилятора великого контуру та використання системи збереження тепла в холодильній камері тепловоза.

Основна частина дослідження. Аналізуючи виявлені недоліки системи охолодження та досвід експлуатації у локомотивних депо, можливо виділити основні напрямки підвищення ефективності роботи холодильних камер тепловоза ЧМЭЗ:

- модернізація конструкції приводу вентилятора основного контуру з метою регулювання його продуктивності;
- зміна схеми роботи приводу жалюзійного апарату;
- приведення температурних показників роботи холодильника у відповідність до технічних умов;
- розробка системи збереження тепла в холодильній камері після зупинки дизеля;
- впровадження систем прогріву від стаціонарного джерела живлення який розташовується безпосередньо на тепловозі або за його межами.

Використання наявних у розпорядженні залізниць технічних нововведень або їхніх об'єднань у кожному із цих напрямків у різному ступені впливає на зміну витрат паливно-енергетичних ресурсів. У таблиці 1 показано, як використання того або іншого технічного рішення впливає на роботу системи охолодження в цілому.

Таблиця 1

Значення технічних рішень для роботи системи охолодження тепловоза ЧМЭЗ

Технічні рішення	Регулювання продуктивності вентилятора	Робота жалюзійного апарату	Оптимізація системи управління	Система збереження тепла
Автоматизована система	-	-	+	-

електричного прогріву тепловоза (АСЕПТ)				
Теплові акумулятори	-	-	-	+
Система примусового підігріву води	-	-	+	+

Звісно, що зміна основних параметрів роботи системи охолодження впливає на техніко-економічні показники роботи тепловоза в цілому. Тому при розробці заходів з удосконалення параметрів роботи системи охолодження, потрібно розглядати наведені сумарні річні витрати, що включають у себе капіталовкладення, які необхідні для експлуатації на ділянці обертів тепловоза зі зміненою конструкцією тієї або іншої системи, і витрати, які пов'язані з експлуатацією тепловоза даного типу без будь-яких змін конструкції [2]

$$C_{\pi} = \varepsilon_{\pi} K + C, \quad (1)$$

де ε_{π} – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

Розрахунки, які наведені в роботі [2] показують, що при температурі навколишнього середовища $T_{2p} = 308$ К та використанні існуючих конструктивних рішень систем охолодження, витрати потужності на привід вентиляторів охолодження зменшується на 23%. Це дозволяє зменшити витрати потужності на допоміжні потреби тепловоза в 1,12 рази, у результаті чого коефіцієнт використання потужності дизеля збільшується на 1,3%.

Автоматична система підігріву охолоджувальної рідини застосовується в зимовий період при тривалих стоянках тепловоза після зупинки дизеля в депо, а також, коли відсутня робота на станції. Вона забезпечує працездатність дизеля в температурному діапазоні від -40°C до 0°C та індикацію основних параметрів роботи системи. Система підігріву також підтримує в автоматичному режимі температуру охолоджуючої води та моторної оливи в діапазоні температур $+40 - +60^{\circ}\text{C}$, забезпечуючи при цьому: економію палива; збільшення ресурсу дизеля; зменшення концентрації шкідливих викидів в атмосферу [6].

Устаткування системи встановлюється в дизельному відділенні тепловоза ЧМЕЗ. Вона складається із двох рідинних нагрівачів Thermo 350 виробництва німецької фірми Webasto; у кабіні машиніста встановлюється пульт керування автоматичною системою з індикаторами температур основного та допоміжного контурів системи охолодження.

Застосування даної системи в експлуатації дозволяє знизити витрати дизельного палива на прогрів тепловозів в осінньо-зимовий період. При роботі дизеля на холостому ходу середня витрата палива на 1 годину роботи дорівнює 11 л, а при використанні автоматичної системи підігріву охолоджувальної рідини – 2,1 л. Таким чином, економія дизельного палива становить 8,9 л, або 80,9% на 1 годину прогріву дизеля тепловоза.

Система прогріву тепловоза (СПТ) «Гольфстрим» була розроблена з метою зменшення витрати палива під час тривалих зупинок (більше 20 хв.), коли робота дизеля здійснюється в холостому режимі [9].

Використання СПТ «Гольфстрим» дозволяє значно економити паливо та оливу, а також дає можливість зекономити до 25% від вартості проведення поточних ремонтів тепловоза, знижує трудовитрати і звільняє персонал, який залучається для прогріву тепловоза.

Окрім вище згаданих, за останній час розроблені та пропонуються також і інші системи прогріву, як бортові, так і стаціонарні (наприклад система “Бриз”). Однак, що СПТ «Гольфстрим», що автоматична система підігріву охолоджувальної рідини на основі рідинних нагрівачів виробництва німецької фірми Webasto та ін., всі вони вимагають значних капітальних вкладень. Тому пропонується звернути увагу на заходи зі значно меншою вартістю реалізації, які можна виконати силами локомотивного депо [5, 7].

Розглянемо варіант системи, яка забезпечує зміну продуктивності вентилятора великого контуру та в якості доповнення – систему збереження тепла в холодильній камері тепловоза. Обидві ці системи можливо виготовити власними силами в умовах локомотивного депо.

Принцип дії системи зміни продуктивності вентилятора великого контуру полягає в зміні наповнення гідромуфти гідромеханічного редуктора приводу вентилятора.

Положення золотника можна регулювати за допомогою термореле тиску, що регулює кількість повітря, що надходить на поршень золотника. У такий спосіб, в залежності від положення золотника буде змінюватися кількість масла, що надходить у гідромуфту приводу вентилятора великого контуру. При невеликій кількості подачі масла продуктивність вентилятора буде мінімальною, та відповідно буде невеликим споживання енергії дизеля на привід.

Для зменшення витрат палива на привід вентилятора пропонується синхронізувати відкриття верхніх та нижніх жалюзі та відмовитися від зачихлення бокових жалюзі в зимовий період. Натомість пропонується змонтувати знімні щити між жалюзями великого контуру та секціями радіатора.

Зміну продуктивності вентилятору можна досягнути регулюванням величини переміщення поршня в золотниковій коробці гідromеханічного редуктору. Положення золотника можливо регулювати за допомогою термореле тиску, яке регулює кількість повітря, що надходить в простір над поршнем золотника. Таким чином в залежності від положення золотника буде змінюватися кількість масла, що надходить до гідромумфти приводу вентилятора великого контуру. При невеликій кількості поданого в гідромумфту масла, продуктивність вентилятора буде мінімальною та, відповідно, буде й невеликим споживання енергії.

Така конструкція дозволяє плавно змінювати частоту обертання вентилятора, що приводить до плавного підвищення температури води. Це, в свою чергу, дозволяє уникнути переохолодження дизеля та зберегти на постійному рівні його індикаторний коефіцієнт корисної дії, що призводить до зменшення витрат палива. Особливо ефективна така система при температурах навколишнього повітря близько $+5^{\circ}\text{C}$ та нижче.

Система збереження тепла в холодильній камері тепловоза являє собою встановлені між жалюзі великого контуру й секціями холодильника знімні щити, причому нижній щит нерухомий, а верхній переміщається через систему важелів за допомогою термореле переміщення. Термореле дозволяють переміщати шток на величину до 100 мм, а завдяки важільній передачі це дає можливість переміщати верхній щит у межах 500 мм. Така конструкція практично виключає ймовірність включення вентилятора при температурах зовнішнього повітря нижче 0°C і при роботі дизеля на позиціях не вище третьої.

Висновки. Аналіз роботи системи охолодження тепловозу ЧМЕЗ дозволив виявити недоліки у системі управління холодильником, що в свою чергу, приводить до виникнення додаткової витрати палива. З метою вирішення даного недоліку було запропоновано комплекс заходів щодо удосконалення роботи системи управління, які приводять до зростання економії дизельного палива та паралельно, зменшують шкідливі викиди у навколишнє середовище. Заходи запропоновані в комплексі розроблені з урахуванням можливості їх впровадження власними силами на базі локомотивних депо, чим забезпечується низька собівартість, а відповідно і більший економічний ефект на виході.

Список літератури

1. Володин А.И. Локомотивные двигатели внутреннего сгорания. Москва: Транспорт, 1990. 256 с.
2. Куликов Ю.А. Системы охлаждения силовых установок тепловозов. Москва: Машиностроение, 1988. 280 с.
3. Механическая часть тягового подвижного состава: учеб. для вузов ж.д. тр-та / под ред. И.В. Бирюкова. Москва: Транспорт, 1992. 440 с.
4. Нотик З.Х. Тепловозы ЧМЭЗ, ЧМЭЗТ: Пособие машинисту. Москва: Транспорт. 1990. 381 с.
5. Комплексная автоматизированная система подогрева тепловозов “Бриз”. URL: <http://www.stadis.pro/> (дата обращения 20.05.2020).
- 6 Автоматизированная система прогрева тепловоза. URL: <https://www.i-mash.ru/materials/production/print:page,1,79187-ob-jeffektivnosti-ispolzovanija-sistem-progreva.html> (дата обращения 15.04.2020).
- 7 Родина Д.Е. Бортовая установка для прогрева тепловозных дизелей от внешнего источника электроэнергии. *Молодой учёный* . 2017. № 3(137). С. 137-140.
- 8 Артеменко О. В. Удосконалення методів оцінки впливу технічних засобів для енергозбереження на прогрів маневрових тепловозів: дис. ... канд. техн. наук.: 05.22.07. Сєверодонецьк, 2019. 186 с.
- 9 Автономная система прогрева тепловоза. URL: http://www.gk-transsystems.ru/catalog/avtonomnye_sistemy_prohrev_a_teplovozov (дата обращения 10.04.2020).

Омельницький Станіслав Миколайович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (095)-808-55-42. E-mail: stas19951222@gmail.com

Вакуліна Юлія Василівна, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (098)-733-37-18. E-mail: vakulina1@ukr.net

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЛОКОМОТИВНОМУ ГОСПОДАРСТВІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ І КОНТРОЛЮ РУХОМОГО СКЛАДУ

*Науковий керівник – ст. викл. кафедри експлуатації та ремонту
рухомого складу УкрДУЗТ Д. М. Коваленко*

Анотація. Використання інформаційних технологій в системах утримання, керування, матеріально-технічного забезпечення на сьогодні є одним із пріоритетних напрямків сучасного розвитку залізничного транспорту. Продукція матеріально-технічного забезпечення підлягає невідпинному контролю та обліку, а зберігання її без зайвого паперового документообігу надасть можливість економити людську працю. Контроль і оптимізація режимів роботи в експлуатації рухомого складу для оптимального використання енергоресурсів і збереження його як технічного стану, так і наявності має під собою підвищення ефективності використання ресурсів локомотивного господарства,

Ключові слова: автоматизоване робоче місце, матеріально-технічне забезпечення, інформаційно-керуюча система.

Вступ. Важливим фактором, який обумовлює впровадження інформаційних технологій у локомотивному господарстві є, насамперед, наявність унікальної первинної інформації про роботу тягового рухомого складу, локомотивних бригад, витрат паливно-енергетичних ресурсів та про інші важливі показники, які характеризують роботу транспорту в цілому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Обчислювальна техніка впроваджується в межах залізничних та галузевих задач для вирішення локальних задач як деповського рівня, так і залізниці в цілому [1]. Використання інформаційних систем та технологій є, насамперед, передвісником впровадження інформаційно-керуючих систем [2]. Ці системи мають автоматично керувати та коректувати роботу як окремих виробничих ділянок залізничного транспорту, так і великих структурних елементів інфраструктури в цілому [4].

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності використання тягового рухомого складу за рахунок впровадження сучасних контролюючих інформаційних та прогресивних технологій.

Для цього потрібно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати сучасні системи автоматизованого контролю і управління рухомим складом та складським господарством залізничного транспорту;
- розробити пропозиції щодо удосконалення організації роботи матеріально-технічного забезпечення, контролю режимів роботи рухомого складу;
- провести планування етапів впровадження автоматизованих робочих місць в депо для забезпечення контролю стану матеріально-технічної бази та утримання рухомого складу

У статті розглянуто роботу сітьової інформаційно-керуючої системи залізничного транспорту з акцентуацією уваги на окремі структури комплексу та актуальних технологій утримання, контролю та збереження, систем зв'язку, передачі, обробки і зберігання даних про стан рухомого складу. Одним із елементів забезпечення ремонтного виробництва є наявність, зберігання в належному стані, своєчасна видача та створення страхового запасу матеріалів та запчастин. Організація роботи складів та комор з мінімізацією паперової роботи і ручної праці надасть можливості заощаджувати час та підвищити працездатність.

Основна частина дослідження. Наявність великої кількості ручної праці вимагає в сучасних умовах впровадження й використання сучасної електронно-обчислювальної техніки, а також засобів реєстрації, зберігання та передачі інформації. Для цього відповідно використовуються автоматичні робочі місця (АРМ) матеріально-технічного постачання (МТП), диспетчера (ТЧД), системи контролю та керування. З метою успішного вирішення задач МТП, повинні бути вирішені допоміжні питання, що забезпечать гармонійне функціонування системи. До них відносяться:

1. Формування централізованого архіву інформації (ЦА МТП), що забезпечить виробництво всього комплексу розрахунків у підсистемі матеріально-технічного забезпечення підприємства.
2. Ведення (корегування та внесення змін) ЦА МТП на підставі щоденного обліку прихідно-витратних операцій.
3. Формування достовірної умовно-постійної інформації для вирішення максимального числа задач АРМ МТП.

Формування каталогу прогнозування потреб підприємства в сировині та матеріалах на майбутню перспективу. Каталог повинен додержати статистичні дані про фактичні потреби матеріалів, а також комплектуючих виробів [3].

У системі комплексів АРМ підприємства, в яку ПЕОМ об'єднанні локальною мережею, принципово по іншому організуються інформаційні потоки між користувачами або процесами. Наприклад, фактична інформація про рух матеріальних цінностей на складі формується на АРМ завідуючого складу (ланка низового рівня). Потім вона автоматично (відповідно до регламенту) передається відповідним користувачам. Так, дані про надходження матеріальних цінностей на склад, передаються в ритмі виробництва.

Впровадження сучасних інформаційних технологій в МТП можна організувати в чотири етапи;

- 1) впровадження локальних АРМ з обмеженою базою даних та особистим контролем;
- 2) об'єднання декількох локальних АРМ в окрему мережу, обмежену одним підприємством і підпорядковану одному центральному АРМ;
- 3) перехід до без паперової роботи з електронними ключами та підписами;
- 4) створення тотальної інформаційно-керуючої системи з функціями аналізу, пропозицій та зупинки процесу матеріально-технічного постачання (за необхідністю та при визначених умовах).

Програмне забезпечення АРМ складається з загального або системного, функціонального або прикладного програмного забезпечення, до якого входить також як самостійна частина математичне програмне забезпечення.

Склади в локомотивному господарстві – це будови, спорудження та різноманітні пристрої, призначені для прийому, розміщення та зберігання матеріально-технічних цінностей для потреб виробництва та утримання основних фондів.

Обсяг робіт, які виконуються на різноманітних складах, приблизно відповідає один-одному. Це пояснюється тим, що у різних логістичних процесах склади виконують наступні схожі функції:

- тимчасове розміщення та схоронність матеріальних запасів;
- переобладнання матеріальних потоків;
- забезпечення логістичного сервісу в системі обслуговування.

Будь-який склад обробляє, меншою мірою, три види матеріальних потоків: вхідний, вихідний та внутрішній.

Наявність вхідного потоку визначає необхідність розвантаження транспорту, перевірки кількості та якості прибулого вантажу. Вихідний потік обумовлює необхідність навантаження транспорту, внутрішній – необхідність переміщення вантажу усередині складу. У ремонтному виробництві впровадження АРМ зменшує витрати на простой через відсутність деталей для виконання робіт на об'єктах ремонту.

Виконуючи огляд закордонного досвіду використання інформаційно-керуючих систем можна оглянути систему «СІРІУС». В систему включено найсучасніші інформаційні, технічні, організаційні та технологічні рішення в галузі програмного забезпечення та телематики.

Система електронного документообігу надає можливості централізованої підготовки документів без використання великої кількості паперів, збереження великого обсягу документації в електронному вигляді та швидкого доступу до необхідної інформації за допомогою електронних ключів та ідентифікаторів. Узгодження на придбання, зберігання, використання, списання та утилізацію не вимагає паперового обігу та очікування кожної візи.

Система віртуального позиціонування допомагає відстежувати переміщення контейнерів, автоконтейнерів та навантажувачів по території залізниці або від постачальника до отримувача, споживача в даний момент

часу. Також система надає інформацію про наявність того чи іншого необхідного матеріалу в інших підприємствах. Вона може надавати заявку, за узгодженням із службою матеріально-технічного постачання, на конкретну позицію очікуваних матеріалів чи виробів, у разі відсутності страхового запасу на території складу конкретного депо.

Ця повнофункціональна універсальна система забезпечує комплексне вирішення задач автоматизації управління складськими та виробничими процесами. Вона не має обмежень у сферах втілення й успішно функціонує на складах та виробництвах.

Оснoву системи складає інформація про події, що надходить у реальному часі, яка автоматично обробляється за спеціальною програмою. За підсумками обробки пропонуються рішення по плануванню, управлінню, формуванню та розподілу завдань персоналу та взаємодіючим підсистемам. Одночасно здійснюється контроль за виконанням завдань. Планування виробничих процесів базується на експертном аналізі оброблених даних та наступному виборі оптимальних рішень.

Важлива якість системи “SIRIUS” – це її адаптація до вимог конкретного замовника або споживача, специфіки його технологічних та організаційних вимог, логістики.

“SIRIUS” являє собою графічний користувальницький інтерфейс (GUI), що базується на “Windows”-інтерфейсі, що полегшує роботу недосвідченим в інформаційних технологіях користувачам і визнано найбільш наочним та зручним.

Стосовно до складських технологій, в задачу системи входить управління всім складським процесом – від очікування приймання запчастин/матеріалів до їх доставки у виробництво.

Маючи інформацію про майбутнє надходження матеріалів, система заздалегідь підбирає маршрути транспортування та розташування для збереження і використання матеріалів. Інформація про надходження та відвантаження потрапляє в систему автоматично з головної системи управління матеріально-технічного постачання (НХ) або вводиться з клавіатури працівником складу. Після прибуття матеріалів на утримання, довідки з товарно-транспортної накладної (ТТН) або іншого супроводжувального документа заносяться до системи. Коли матеріали або запчастини, що надійшли знаходяться в переліку очікуваних надходжень, система автоматично звіряє дані з ТТН й у випадку розбіжності інформує керівника складу чи комори.

Формування завдання персоналу на переміщення (прийом/видача) матеріалів та їх розташування, система ідентифікує автоматично після підтвердження відповідним працівником складу виробів у повному обсязі, згідно до потреби та заявки ремонтного виробництва. Надходження матеріалів для інших потреб (утримання будівель, території, спеціальний одяг, тощо) також формується в базі даних і ідентифікується по розташуванню, строку використанню та кількості, що також полегшує збір і переміщення по території. На складі може бути використана система штрихового кодування товару. В

цьому випадку виконання завдань підтверджується скануванням кодів з етикеток, шильдів, штрих-кодів, якими визначаються координати місць збереження продукції. Пройшовши ідентифікацію під час видачі матеріали чи обладнання автоматично списуються в системі, яка встановлює параметри наявності того чи іншого виробу. Це зменшує розумове і організаційне навантаження під час формування заявок для використання необхідної продукції. Всі надходження проходять вхідний візуальний та ваговий контроль з використанням електронних терезів, робота яких координується системою.

Після потрапляння надходжень на місце їх зберігання та підтвердження наявності приймачем, система автоматично фіксує присутність матеріально-технічних засобів і направляє команду з пропонуваним перерахунком співробітнику складу. Коли кількість одиниць надходжень переліковано, дані вводяться в систему мануально. У випадку неспівпадіння даних ТТН з цими даними, система повідомляє працівнику складу про незбіжність. Коли дані нового переліку знов розійдуться з даними ТТН, то система інформує про виявлену розбіжність начальника складу та керівний відповідний орган і пропонує зупинити переміщення цього виду продукції до встановлення причин розбіжності.

Якщо є необхідність перевірки та фіксації відповідних сертифікатів (миючі, нафтопродукти, розхідні матеріали для дефектоскопії тощо), система автоматично запрошує інформацію про них та не починає формування логістичних команд до підтвердження наявності сертифікатів.

При необхідності в найкоротший термін відвантажити щойно отримані матеріали чи ремонтні засоби, система формує команди на відвантаження безпосередньо з зони приймання, обминаючи зону зберігання. Якщо термін придатності використання матеріалів підходить до граничного значення, то система заздалегідь (за умови встановлення мануально попередніх строків) попереджає працівників складу про даний майбутній випадок. У даному випадку можливо виключити людський фактор «короткої пам'яті», неуважності чи відволікання під час чергової інвентаризації чи перевірки. Це дозволить максимально використовувати матеріали, а не списувати за непридатністю. Також у випадках, коли матеріали не використали за потребою (що майже ніколи не трапляється) система “SIRIUS”, автоматично формує пропозиції на транспортування матеріалів на утилізацію, переробку чи постачання в інший підрозділ залізниці, де є потреба в цьому матеріалі [4].

Система оптимізує використання складських площин, розподілу матеріалів по зонах та стелажним осередкам збереження. При такому розподілі матеріально-технічних засобів, система реєструє всі дані про їх виробників, постачальників, серіях та враховує потреби щодо вимог зберігання: температурний режим, вологість, строк придатності. Оперування будь-якими типами матеріально-технічних елементів дозволяє виконувати безперебійний контроль і облік їх використання та розрахунок потреб без надлишків і із забезпеченням необхідної кількості.

Свого часу тяговий рухомий склад обладнався такими електронними пристроями контролю і безпеки: «КЛУБ» «»КЛУБ-У, КЛУБ-УП, БУ-ЗПВ, ЗСЛ-2М, та інші. Але, стоячи на шляху удосконалення організації роботи локомотивів та локомотивних бригад, ми маємо впроваджувати найсучасніше обладнання, яке забезпечить високий рівень безпеки, рентабельність та якість перевезень, контроль переміщення рухомого складу та вантажів.

Розподіл режимів прискорення, холостого ходу, гальмування в залежності від умов роботи залишається пріоритетним для економії паливно-енергетичних ресурсів. Використання контролюючої системи командних сигналів забезпечує своєчасне надання інформації машиністу про необхідні дії в різних умовах, а також дозволяє прогнозувати знаходження поїзда по поточній або заданій швидкості, а з підключенням до командно-навігаційних систем в реальному часі при реальній швидкості. В контролюючій системі концентрується масив даних за якими ведеться корегування режимів роботи тягового рухомого складу по його технічному стану.

Питання оптимізації енерговитрат локомотивом вирішуються в командному режимі за алгоритмом: «Оптимальне виконання розгону поїзда» → «вибір положення позицій контролера» → «підтримування руху (підгальмовування або набір позицій)» → «ступінчасте гальмування» → «прибуття в пункт призначення». Дані дії реалізуються при постійному контролі системи навігації, дані про експлуатацію потрапляють автоматично до АРМ-ТЧД і в інформаційно-обчислювальний центр.

Висновки. В результаті проведених досліджень в роботі були отримані наступні результати.

Для планування організації АРМ потрібні:

- розробка та втілення локальних некомутованих АРМ з особистою інформаційною базою;
- створення локальних обчислювальних мереж на основі інтеграції окремих ПЕОМ між собою та з центральним процесором з організацією передачі даних;
- перехід до цілком безпаперової інформаційної технології.
- Для організації контролю режимів ведення поїзда потрібно:
- розрахувати контрольні точки початку гальмування;
- розрахувати контрольні точки застосування органів керування для набору позицій перед подоланням підйомів.
- оптимізувати методики керування поїздом із огляду на ресурсозбереження.

Список літератури

1. Е.Д. Тартаковський, О.В. Устенко, О.С. Крашенінін, В.Г. Пузир. Автоматизовані робочі місця (АРМ) в локомотивних та вагонних депо: Навчальний посібник. – Харків: УкрДАЗТ, 2002. – Ч.1. – 98с.

2. Жуковицький І.В., Устенко А.Б., Зіненко О.Л. –Проблеми та перспективи автоматизації управління локомотивним господарствомУЗ. ІКЗТ, 2009, №2.

3. Тартаковський Е.Д., Бабанін О.Б. Формалізація задач матеріально-технічного забезпечення при технічному обслуговуванні локомотивів // Зб. наук. праць / ХарДАЗТ. - 2000. - Вип.45. - С.18-24.

4. Автоматизированные информационно-управляющие системы управления перевозками сетевого и дорожного уровня URL: [http://stellus.rgotups.ru/exec/learning_materials/Кафедра%20%27Эксплуатация%20железных%20дорог%27/Совр.%20системы%20АУП%20\(6%20курс%20Д\)/Лек.№1%20\(6%20курс%20Д\)/4](http://stellus.rgotups.ru/exec/learning_materials/Кафедра%20%27Эксплуатация%20железных%20дорог%27/Совр.%20системы%20АУП%20(6%20курс%20Д)/Лек.№1%20(6%20курс%20Д)/4) (дата звернення 02.11.20).

5. Коновалов Є.В., Козар Л.М. Студентська навчальна звітність. Текстова частина (пояснювальна записка). Загальні вимоги до побудови, викладення та оформлення: Навч. посібник – Харків: УкрДАЗТ, 2004 – 36с.

Вівденко Вадим Віталійович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (067) 290-41-99. E-mail: vivdenkogrek@gmail.com-Вивденко

Іващенко Дмитро Станіславович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-Д19. E-mail: dimkapw666@gmail.com

ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕГРУЮЧОЇ ЛАНКИ ЯК РЕГУЛЯТОРА КЕРУВАННЯ КОМПРЕСОРНОЮ УСТАНОВКОЮ ВВ 5/9У1

*Науковий керівник – старший викл. експлуатації та ремонту
рухомого складу УкрДУЗТ Д. М. Коваленко*

Анотація. Застосування гвинтової компресорної установки є актуальним на сьогоднішній день і дозволяє зменшити експлуатаційні витрати на утримання повітряної системи електровозів. Математичне моделювання процесів, що виникають в системі стабілізації, показує на актуальність встановлення інтегруючої ланки у якості регулятора. Це надасть стабілізацію прискорень і зменшить випадки появи резонансу.

Ключові слова: компресор, установка, система, регулятор.

Вступ. Відсутність ремонтних запчастин, моральна та фізична застарілість, нехватка кваліфікованих і досвідчених ремонтних кадрів та інше потребують об'ємної модернізації або заміни рухомого складу. Але враховуючи те, що необхідно долучити значні кошти, за їх відсутності необхідно підтримувати основні системи локомотивів в працездатному стані. Однією з систем є система повітропостачання, яка забезпечує повітрям гальмівну систему – основу безпеки руху поїздів. В свою чергу устаткування електровозів для постачання стислого повітря знаходиться в граничному стані [1]. Останнім часом йде модернізація повітряної системи електровозів встановленням інших компресорних установок, наприклад ВВ 5/9У1, яка витісняє класичний компресор КТ6.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема забезпечення стиснутим повітрям локомотивів не так гостро висвітлюється в науковій літературі, але з оглядом на ресурсозберігаючі технології вона є, і є достатньо актуальною. Використання поршневих компресорів КТ6,7, 7ел зарекомендувало себе впродовж останніх шести десятиріч. Вони не вибагливі, продуктивні, але морально і, технічно і технологічно застаріли [1, 2].

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є розроблення пропозицій з модернізації елементів повітряної системи електровозів ВЛ80 з заміною класичного поршневого компресора на сучасну турбо-гвинтову установку.

Для цього потрібно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати переваги і недоліки обладнання для постачання повітря на локомотивах.

- зробити розрахунки та обґрунтування по впровадженню турбогвинтової установки стаціонарного типу на локомотив із адаптацією системи керування провести необхідні розрахунки і в графічному вигляді надати результати

Основна частина дослідження. За рахунок науково-технічного прогресу за останні десятиріччя, розвиток і еволюція конструкційних матеріалів набули надвисоких меж. Ротаційні маслозаповнені малошумні компресори витісняють поршневі застарілі, хоча і які зарекомендували себе впродовж значного періоду експлуатації, класичні поршневі, особливо продуктивністю в діапазоні $1 \div 100 \text{ м}^3/\text{хв}$ і робочим тиском до 1,5 МПа.

В порівнянні з поршневими і відцентровими, гвинтові компресори володіють цілим рядом переваг:

- мають низький рівень шуму і вібрації, малі габарити і вагу;
- практично не мають витрати масла ($2\text{-}3 \text{ мгр/м}^3$), на відміну від потужних поршневих компресорів і якість повітря гвинтових компресорів на порядок вище;
- оснащені автоматичною системою управління і контролю працездатності, не вимагають спостереження за їх роботою, мають високий рівень надійності і великий період між обслуговуваннями та ремонтом [2].

Для ефективної роботи установки ВВ 5/9У1 необхідною умовою є відсутність резонансу системи стабілізації з зовнішнім впливом.

Згідно статистичним даним частота коливань, яку може створити, установка або якась з її частин значно вище частоти резонансу.

Досліджувана схема представлена на рисунку 1

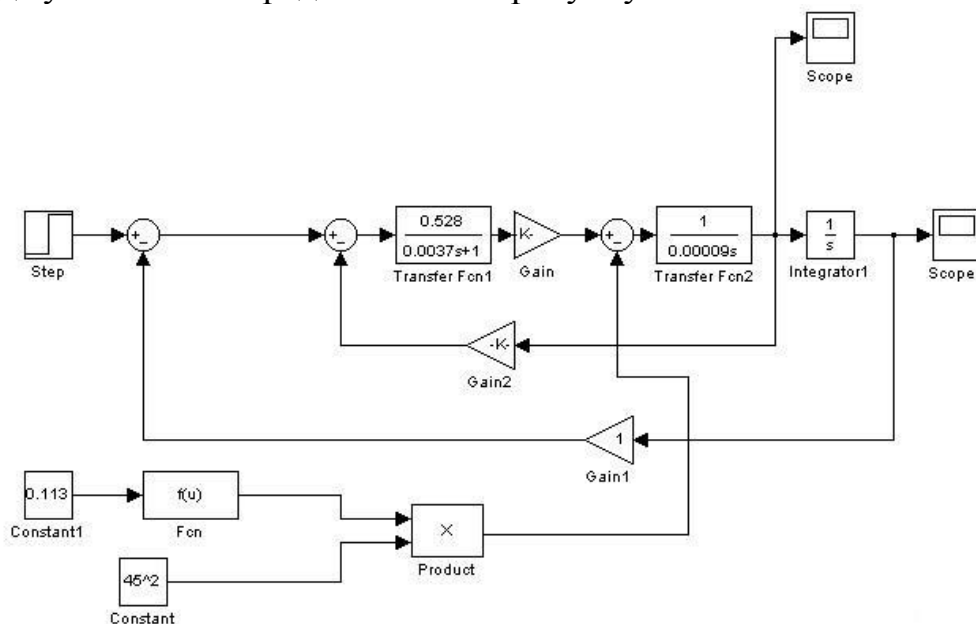


Рис. 1. Математична модель схеми дослідження

За отриманими даними [3] побудовано залежності зміни швидкості та кута повороту у часі (рис. 2 – 3).

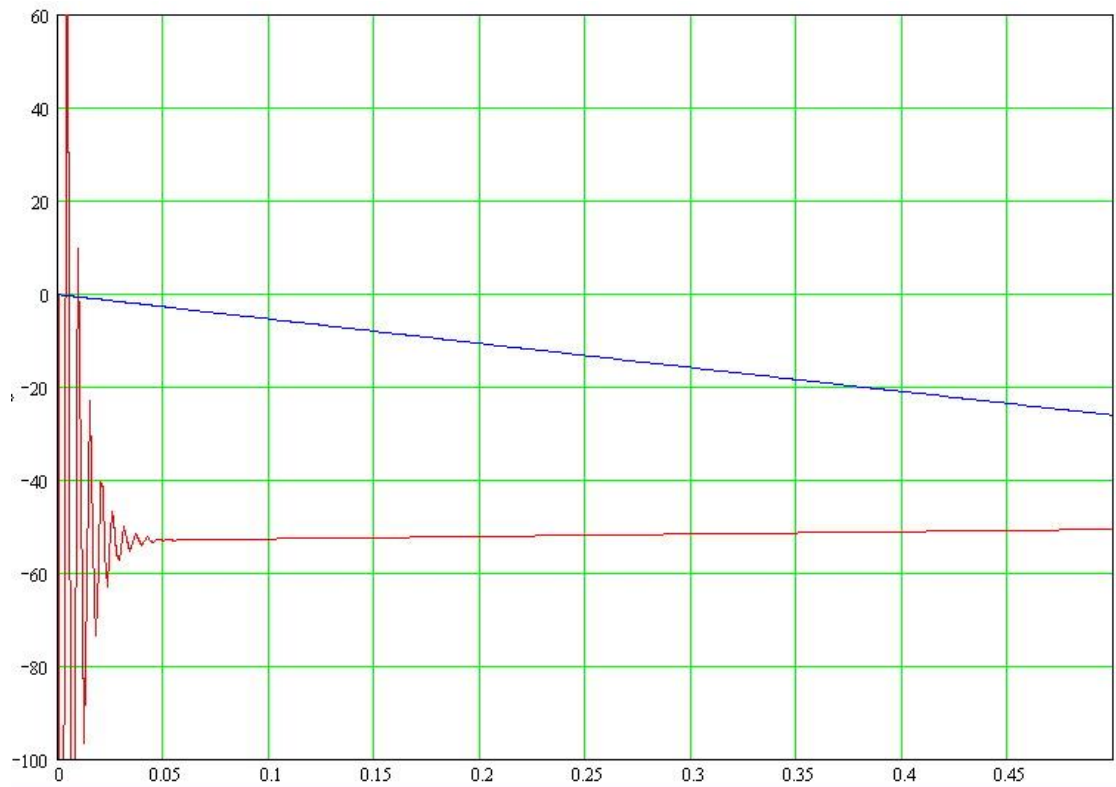


Рис. 2. Перехідні процеси при $W_{33} = 10$

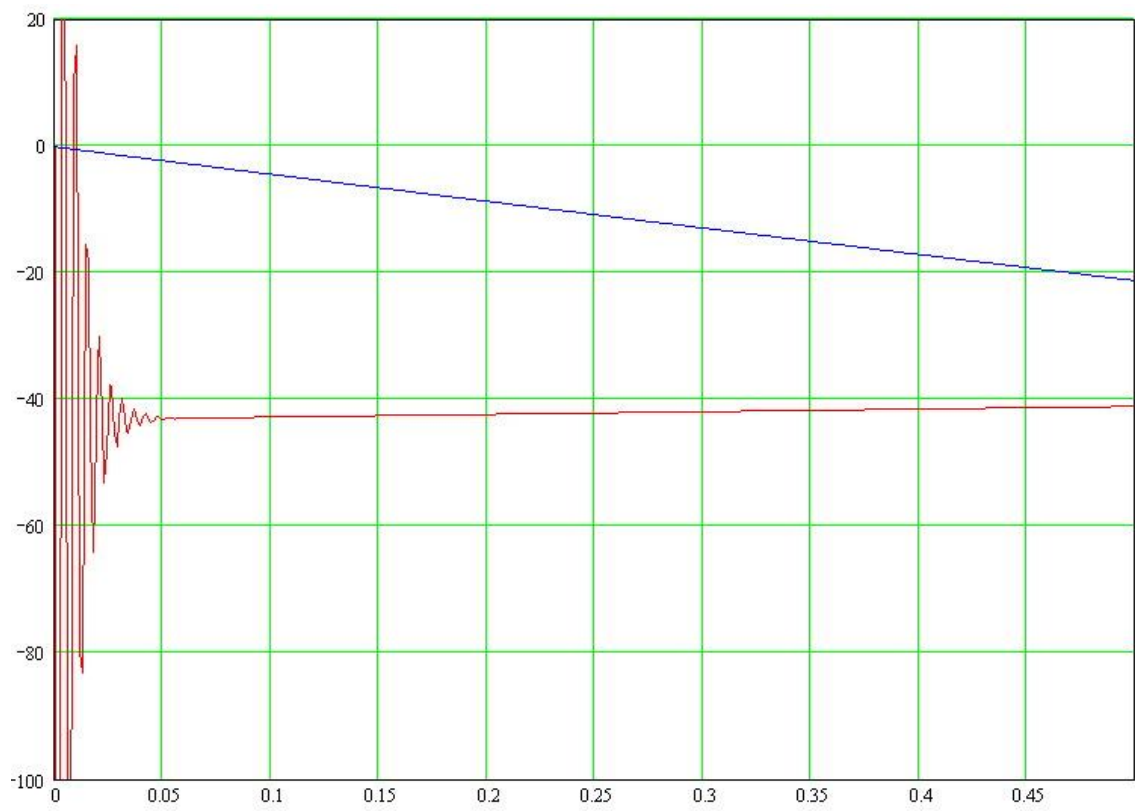


Рис. 3. – Перехідні процеси при $W_{33} = 1$

З отриманих залежностей зміни швидкості обертання двигуна та кута повороту можна зробити висновок, що система не є стабільною для умов

експлуатації в не стаціонарному режимі. Для покращення характеристик системи стабілізації необхідно застосувати регулятор (рисунок 4).

У якості регулятора використаємо інтегруючу ланку. Розрахуємо можливі значення коефіцієнта передачі КЗ для значень коефіцієнта К1 - 0,01; 0,1; 1; 10.

При $K1 = 0,01 - K3 < 2,46$;
 при $K1 = 0,1 - K3 < 0,246$;
 при $K1 = 1 - K3 < 0,0246$;
 при $K1 = 10 - K3 < 0,00246$.

Отриманий вигляд структурної схеми зображено на рисунку 4.

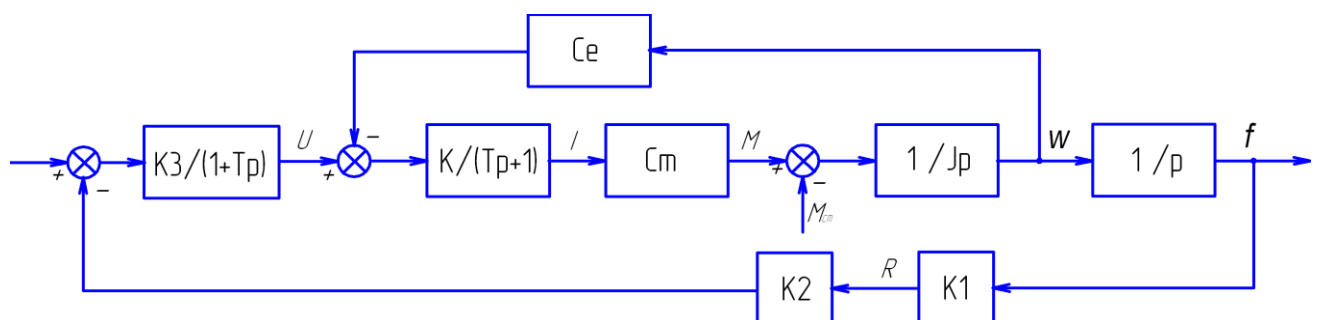


Рис. 4. Структурна схема двигуна з регулятором

Виконаємо дослідження в середовищі MatLab [4] і отримані графічні залежності зобразимо на рисунках 5 і 6.

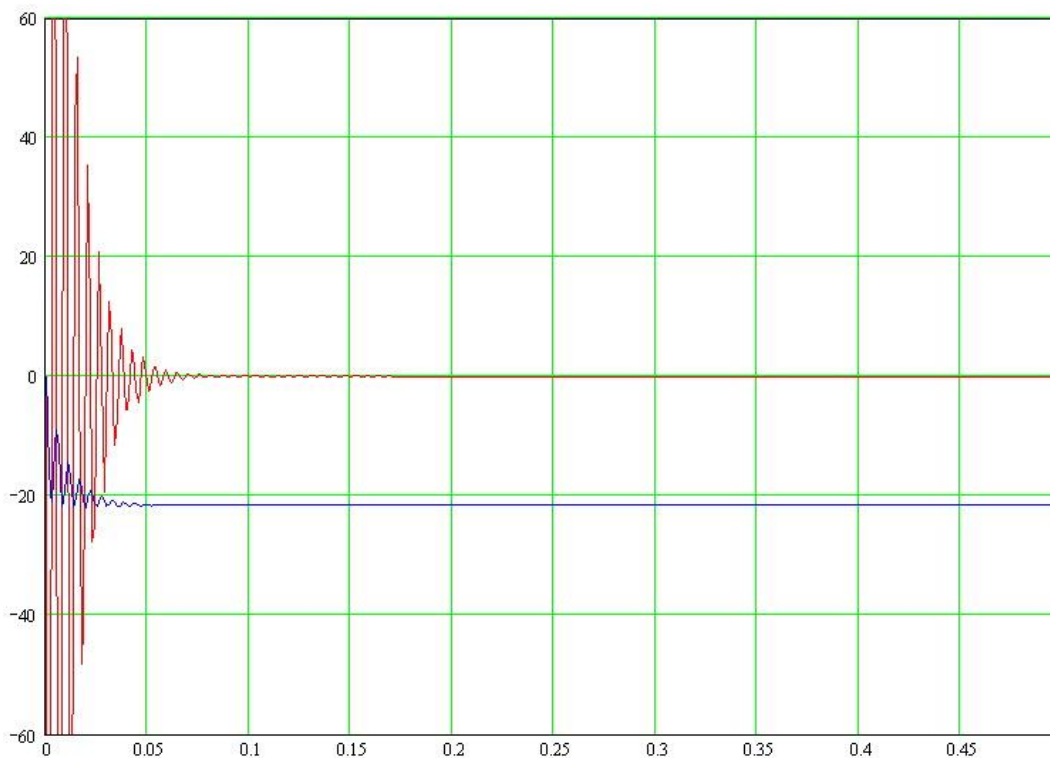


Рис. 5. Перехідні процеси при $W_{33} = 10$

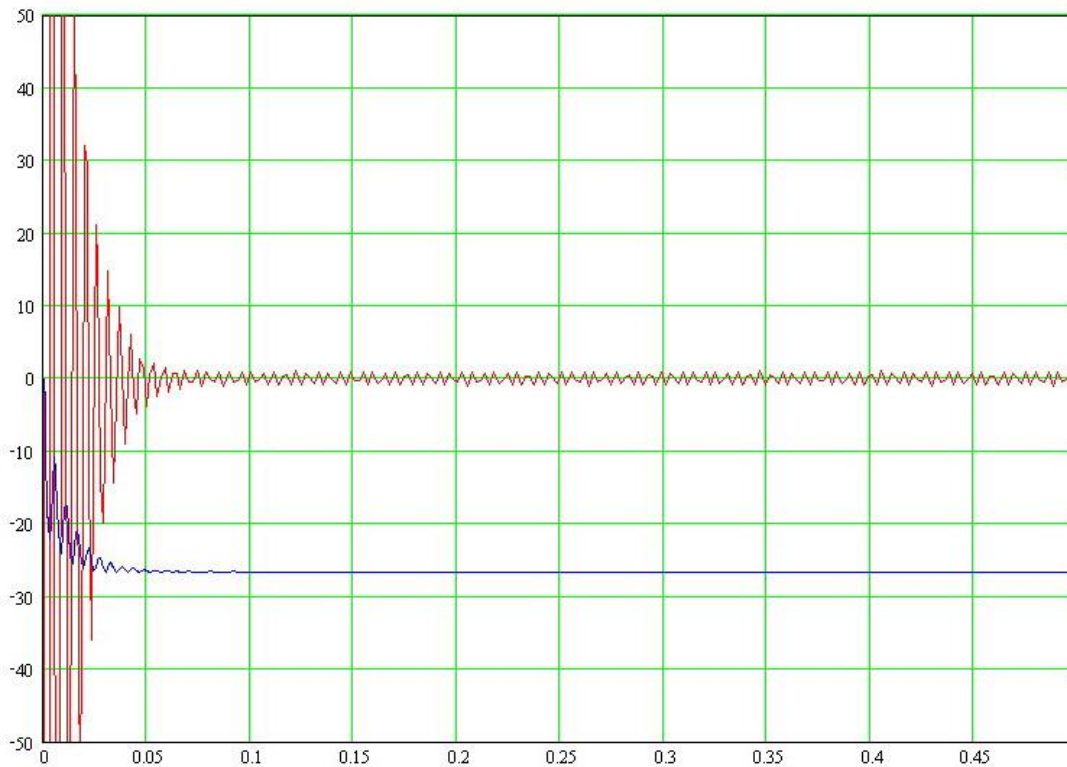


Рис. 6. Перехідні процеси при $W_{33} = 1$

З отриманих даних зміни кута та швидкості обертання у часі можна зробити висновок, що найкращі характеристики система буде мати при передаточній функції інтегруючої ланки (1)

$$W_{pez} = \frac{10}{0.003p + 1} \quad (1)$$

Передавальна функція системи набуває вигляду:

$$W_{pez} = \frac{10 \cdot K_{\delta} \cdot C_m}{(0,003 \cdot (Tp + 1) \cdot Jp^3 + (Tp + 1) \cdot Jp^2 - K_{\delta} \cdot Jp \cdot C_m \cdot C_e - 0,003 \cdot K_{\delta} \cdot Jp^2 \cdot C_m \cdot C_e - 100 \cdot K_{\delta} \cdot C_m) \cdot (0,003p + 1)} \quad (2)$$

Після підстановки числових значень вираз набуває вигляду:

$$W_{pez} = \frac{4,539744}{(9,936 \cdot 10^{-10} p^4 + 2,7 \cdot 10^{-7} p^3 + 3,312 \cdot 10^{-7} p^3 + 9 \cdot 10^{-5} p^2 - 4,085 \cdot 10^{-5} p - 1,226 \cdot 10^{-7} p^2 - 45,397) \cdot (0,003p + 1)} \quad (3)$$

Характеристичне рівняння має вигляд:

$$A(p) = 9,936 \cdot 10^{-10} p^4 + 2,7 \cdot 10^{-7} p^3 + 3,312 \cdot 10^{-7} p^3 + 9 \cdot 10^{-5} p^2 - 4,085 \cdot 10^{-5} p - 1,226 \cdot 10^{-7} p^2 - 45,397 + 0,03 \cdot 10^{-10} p^5 + 8,1 \cdot 10^{-10} p^4 + 9,936 \cdot 10^{-10} p^4 - 2,7 \cdot 10^{-7} p^3 - 1,226 \cdot 10^{-7} p^2 - 3,678 \cdot 10^{-10} p^3 - 0,136 p. \quad (4)$$

Приведемо вираз до виду:

$$A(p) = a_5 p^5 + a_4 p^4 + a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p^1 + a_0, \quad (5)$$

$$A(p) = 0,03 \cdot 10^{-10} p^5 + 2,797 \cdot 10^{-7} p^4 + 3,3 \cdot 10^{-7} p^3 + 8,975 \cdot 10^{-5} p^2 - 0,136 p - 45,397.$$

Для знаходження перехідної функції системи скористаємося обчислювальним середовищем MathLab та знайдемо корені характеристичного рівняння:

$$\begin{aligned} p_1 &= -93232,157; \\ p_2 &= -89,815 - 134,846j; \\ p_3 &= -89,815 + 134,846j; \\ p_4 &= 46,839; \\ p_5 &= 134,615; \end{aligned}$$

Для знаходження оригіналу $h(t)$ використана друга теорема Хевісайда, суть якої в тому, що якщо зображення $F(P)$ функції $h(t)$ має вигляд:

$$F(p) = \frac{F_1(p)}{p \cdot F_2(p)} \quad (6)$$

то її оригінал дорівнює:

$$f(t) = \frac{F_1(0)}{F_2(0)} + \sum_{k=1}^n \frac{F_1(p_k)}{p_k \cdot F_2'(p_k)} \cdot e^{p_k \cdot t}. \quad (7)$$

де p_k – корені характеристичного рівняння.

В даному випадку:

$$F_1(p) = -45,397;$$

$$F_2(p) = 0,03 \cdot 10^{-7} p^5 + 2,797 \cdot 10^{-5} p^4 + 3,3 \cdot 10^{-5} p^3 + 8,975 \cdot 10^{-3} p^2 - 0,136 p - 45,397;$$

$$F_2'(p) = 0,06 \cdot 10^{-7} p^4 + 5,594 \cdot 10^{-5} p^3 + 6,6 \cdot 10^{-5} p^2 + 17,95 \cdot 10^{-3} p - 0,136;$$

Значення $F_2'(p)$ після підстановки коренів характеристичного рівняння набули вигляду:

$$F_2'(p_1) = 0,06 \cdot 10^{-7} (-93232,157)^4 + 5,594 \cdot 10^{-5} (-93232,157)^3 + 6,6 \cdot 10^{-5} \cdot (-93232,157)^2 + 17,95 \cdot 10^{-3} (-93232,157) - 0,136 = 2,267 \cdot 10^8;$$

$$F'_2(p_2) = 0,06 \cdot 10^{-7}(-89,815-134,846j)^4 + 5,594 \cdot 10^{-5}(-89,815-134,846j)^3 + 6,6 \cdot 10^{-5}(-89,815-134,846j)^2 + 17,95 \cdot 10^{-3}(-89,815-134,846j) - 0,136 = 4,501 - 0,915j;$$

$$F'_2(p_3) = 0,06 \cdot 10^{-7}(-89,815+134,846j)^4 + 5,594 \cdot 10^{-5}(-89,815+134,846j)^3 + 6,6 \cdot 10^{-5}(-89,815+134,846j)^2 + 17,95 \cdot 10^{-3}(-89,815+134,846j) - 0,136 = 4,501 + 0,915j;$$

$$F'_2(p_4) = 0,06 \cdot 10^{-7}(46,839)^4 + 5,594 \cdot 10^{-5}(46,839)^3 + 6,6 \cdot 10^{-5}(46,839)^2 + 17,95 \cdot 10^{-3}(46,839) - 0,136 = -0,01;$$

$$F'_2(p_5) = 0,06 \cdot 10^{-7}(134,615)^4 + 5,594 \cdot 10^{-5}(134,615)^3 + 6,6 \cdot 10^{-5}(134,615)^2 + 17,95 \cdot 10^{-3}(134,615) - 0,136 = 2,46;$$

Вираз оригіналу функції $h(t)$ має вигляд:

$$h(t) = 1 - 0,01628e^{-145,3t} + 1,01e^{-1,718t} \cdot \cos(18,392t + 167,4 \cdot \pi/180). \quad (8)$$

Підставивши отримані значення у вираз оригінала функції отримано перехідну характеристику замкненої системи (рисунок 7).

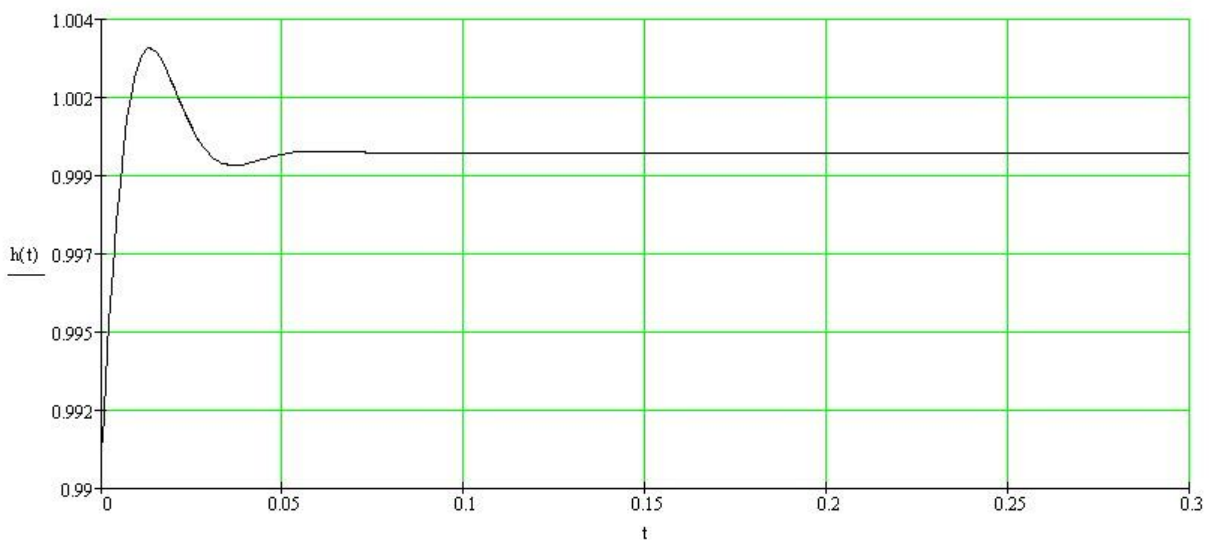


Рис. 7. Перехідна функція замкненої системи

Із побудов видно, що використання додаткового регулятора у вигляді інтегруючої ланки згладжує роботу приводу компресорної установки ВВ 5/9У1. Це надасть в свою чергу підвищити надійність і довговічність установки завдяки застосуванню гвинтового компресора натомість поршневого і продовжити термін служби зменшити експлуатаційні витрати.

Висновки. В результаті проведених досліджень в роботі були отримані наступні результати.

1. Проаналізовані переваги турбогвинтової установки у порівнянні із поршневим компресором
2. Зроблено аналіз роботи регулятора установки.

3. В керуючу схему запропоновано внести інтегральну ланку для пом'якшення роботи турбогвинтової установки на локомотиві.

Таким чином, за підсумками роботи можна зробити висновок, що використання турбогвинтових установок на локомотивах є актуальним і перспективним.

Список літератури

1. Иноземцев В.Г., Казаринов В.М., Ясенцев В.Ф. Автоматические тормоза. – М.: Транспорт, 1981

2. Галай Э. И. Тормоза локомотивов и вагонов: проблемы и перспективы : учеб. пособие : в 2 ч. Ч. 1 : Повышение эффективности фрикционных тормозов. – Гомель : БелИИЖТ, 1992. – 71 с. ; Ч. 2 : Фрикционные узлы тормозов. – Гомель : БелИИЖТ, 1993. – 69 с.

3. Единый номенклатурный перечень продукции. Режим доступа URL:<https://docplayer.ru/65156330-Edinyy-nomenklaturnyy-perechen-produkcii.html> (дата звернення 04.11.20).

4. MatLab. Руководство для начинающих. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rsc.chemometrics.ru/old/Tutorials/matlab.htm>

5. Коновалов Є.В., Козар Л.М. Студентська навчальна звітність. Текстова частина (пояснювальна записка). Загальні вимоги до побудови, викладення та оформлення: Навч. посібник – Харків: УкрДАЗТ, 2004 – 36с.

Коломієць Руслан Іванович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (066) 392-23-23. E-mail: Kolomiets1302@gmail.com

ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕСУВНОГО МОБІЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ ГАСИТЕЛІВ КОЛИВАНЬ РУХОМОГО СКЛАДУ

*Науковий керівник – старший викл. кафедри експлуатації та ремонту
рухомого складу УкрДУЗТ Д. М. Коваленко*

***Анотація.** У роботі було проаналізовано методи та засоби контролю технічного стану гідравлічних гасителів коливань рухомого складу. Зроблено короткий аналіз існуючого і перспективного діагностичного обладнання для досягнення мети. Використання мобільного автоматизованого комплексу діагностики надасть переваги і вивільнить час на виконання ремонту. Своєчасна діагностика може сприяти збільшенню міжремонтних пробігів обладнання і завдяки комплексу можлива універсалізація. Так використання його можливо не тільки на локомотивах, а й на моторвагонному рухомому складі.*

***Ключові слова:** Гаситель, рухомий склад, ремонт, діагностування.*

Вступ. Одним з важливих елементів системи ресорного підвішування рухомого складу є гідравлічний гаситель коливань, призначений для поліпшення динамічних якостей екіпажної частини за рахунок використання демпфуючих властивостей в'язкої рідини. Присутність несправного гасителя на рухомому складі підвищує динамічну дію на екіпаж та колію і призводить до необхідності зниження швидкості руху і транспортування в депо або пункт технічного обслуговування для заміни. Раптове виникнення несправності може подіяти на стан безпеки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Основними причинами які погіршують якість ремонту гідравлічних гасителів є: неефективність застосовуваних пристроїв і засобів ремонту, відсутність промислового обладнання для виконання технологічного процесу ремонту гідравлічних гасителів і застарілість або відсутність сучасного провідного діагностичного обладнання, особливо засобів діагностування без демонтажу на робочій позиції, на стійлі. Так, не приділяється належна увага гасителям, незважаючи на той факт, що близько 70% цих приладів виявляються непрацездатними або мають дефекти після довгої експлуатації при заходах локомотивів і вагонів у депо. Крім цього, у багатьох депо відсутній система реєстрації та обліку дефектів гасителів, що унеможлиблює точне встановлення часу виходу гасителя з ладу і причини, що викликала його відмова. [1, 2].

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є визначення способу та засобів діагностування стану гідравлічних гасителів коливань безпосередньо на рухомому складі без демонтажу і виявлення їх працездатності..

Для цього потрібно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати види несправностей гасителів коливань рухомого складу;
- зробити теоретичний пошук переваг запропонованого метода;
- провести порівняльний аналіз засобів технічного контролю стану гідравлічних гасителів коливань.

Основна частина дослідження. Проведений аналіз конструкцій експлуатованих гідравлічних гасителів показав, що всі види даних приладів побудовані аналогічно один одному, що дозволяє застосовувати до всіх один і той же метод випробування і діагностування. Існуюча технологія ремонту не забезпечує належної достовірності діагностичної інформації, оскільки в більшості випадків використовується візуальний метод оцінки технічного стану гідравлічного гасителя з вигляду робочої діаграми, а іноді і по зовнішньому вигляді, а його працездатність визначається по величині непружного опору.

Основною характеристикою гідравлічного гасителя є залежність сили непружного опору від швидкості поршня $F(v)$, а основним критерієм оцінки працездатності - лінеаризований (еквівалентний лінійному) параметр опору, що є відношенням опору, що розвивається, до швидкості поршня до 0,075 м/с з урахуванням нелінійності силової характеристики в дросельному режимі роботи гасителя коливань. Максимальні сили опору гідравлічного гасителя обмежуються запобіжними клапанами на розрахунковому рівні. Для гасителів кузовного ступеня підвішування допускається не більше 25% несиметричної зусиль на ходах стиснення-розтягування.

За результатами багаторічної експлуатації гідравлічних гасителів коливань встановлено, що всі основні несправності цих приладів поділяються на три основні групи:

- 1) несправності, які знижують працездатність гасителів, до яких відносяться: знос деталей, що збільшують зазори між штоком і сальниковим ущільненням, між поршнем і циліндром; порушення ущільнень робочого циліндра; витік робочої рідини з гасителя; несправності клапанної системи;
- 2) механічні пошкодження окремих зовнішніх частин і їх сполучень;
- 3) несправності і знос у вузлах кріплення гасителів на візках.

Працездатність гасителя коливань оцінюється його параметром опору β .

У загальному вигляді параметр опору β гасителя коливань з урахуванням перетікання рідини не тільки через дросельні канали, а й через різні зазори визначається за виразом:

$$\beta_d = \beta_{дн} - \beta_{дл} \quad (1)$$

де $\beta_{\Delta H}$ – дійсний параметр гасителя коливань, визначений за його робочої діаграми;

$\beta_{\Delta H}$ і – падіння параметра опору внаслідок витоку рідини через збільшені зазори в сполученнях робочих порожнин гасителя.

Встановлено наступне: найбільший вплив на падіння параметра опору β гасителя має кільцева зазор Δ_3 між штоком і направляючою втулкою; збільшення цього зазору з 0,03 до 0,13 мм викликає падіння параметра опору з 130 кгс-с / см до 40 кгс-с / см, тобто цей гаситель стає повністю непрацездатним.

Швидкість збільшення цього зазору видно на прикладі спостережень за зносами штока (рис. 1, крива 1) і втулки (крива 2), гасителів коливань. Найбільший знос (крива 2) має напрямна втулка, а сумарний (крива 3) зазор Δ_1

сполучення шток – напрямна втулка досягає величини 0,05 мм при роботі гасителя приблизно протягом 2,5 років.

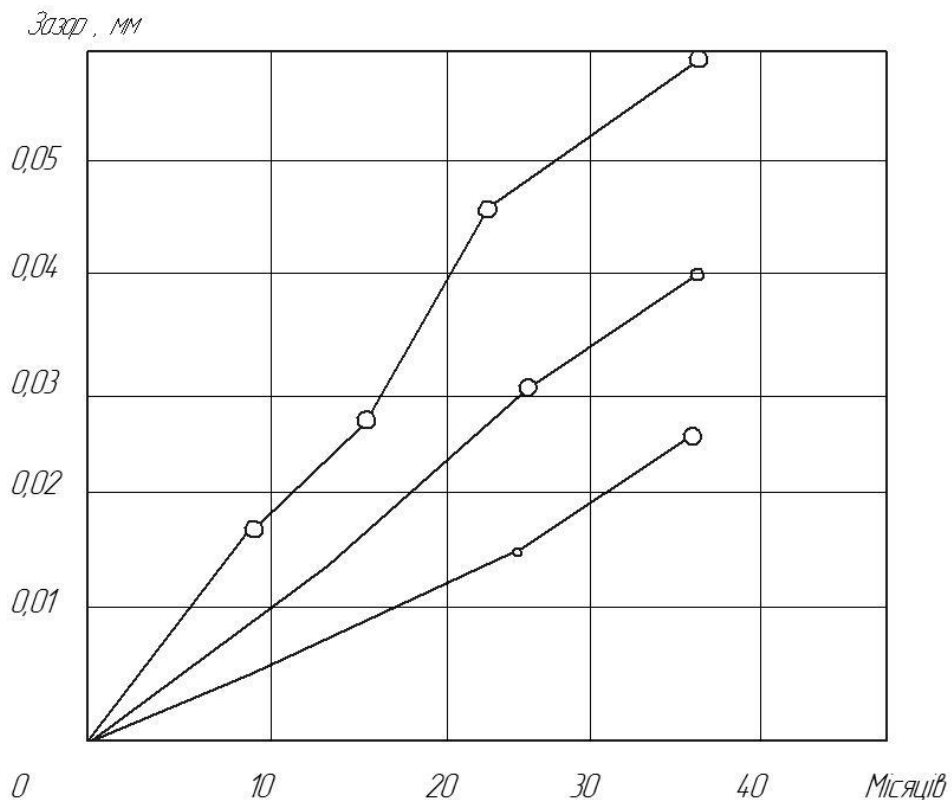


Рис. 1 Залежність наростання зносу штока і втулки від строку експлуатації гасителя коливань

У переважній більшості застосовуваних в локомотивних депо конструкцій діагностичних стендів використовується метод гармонійного впливу. Крім цього, також застосовуються методи ударного впливу і згасаючих коливань.

Метод гармонійних коливань є основним і найпростішим, але з досить застарілим обладнанням.

Нові розробки в області автоматизації процесу контролю технічного стану гідравлічних гасителів з використанням методу гармонійного впливу – це стенди конструкцій: ПКБ ЦТ (новий), Енга, СВД, Geres Maschinenbau GmbH.

Спеціалістами Центру досліджень транспортного обладнання (м. Харків) було розроблено і виготовлено стенд ИС-717 (рисунок 3.3). Стенд повністю автоматизований, устаткований програмним забезпеченням і формує наступні показники призначення:

Програмне забезпечення стенду забезпечує роботу стенду в режимах:

- «самотестування» - перевірка працездатності систем стенду;
- «прокачування» - завдання зворотно поступального переміщення штока гідроамортизатора щодо його корпусу протягом заданого часу;
- «перевірка» - контроль параметрів гідравлічних гасителів коливань відповідно до заданої програми і відображення їх у вигляді навантажувальної ($F(v)$) і робочої діаграм ($F(h)$) та інших параметрів на екрані монітора;
- «перегляд» - витяг з архіву і перегляд на екрані монітора даних про робочі параметри гідравлічних гасителів коливань пройшли перевірку на стенді;
- «аналіз несправностей» - режим аналізу після перевірки амортизаторів з негативним результатом;

У режимі перевірка на екран монітора повинні виводиться наступна інформація і робочі параметри гідравлічних гасителів коливань:

- дата і час проведення випробувань;
- температура навколишнього середовища і температура амортизатора,
- тип гідравлічного гасителя коливань;
- заводський номер гідравлічного гасителя коливань;
- зусилля опору, кН;
- швидкість переміщення поршня, м / с;
- частота коливань поршня гідравлічного гасителя коливань, Гц;
- хід поршня гідравлічного гасителя коливань, мм;
- параметр опору β , кН · с / м ,.

У режимі перегляд на екран монітора повинні виводиться наступна інформація і робочі параметри гідравлічних гасителів коливань:

- дата і час проведення випробувань;
- тип гідравлічного гасителя коливань;
- заводський номер гідравлічного гасителя коливань;
- здатність навантаження діаграма гідравлічного гасителя коливань;
- робоча діаграма гідравлічного гасителя коливань;
- параметр опору β , кН·с / м.

Побудова оптимальної діагностичної методики – важливий етап всього процесу діагностування. На підставі положень, викладених в наукових роботах [4, 5] побудована діагностична методика, яка включає кілька етапів (рис. 2).

На першому етапі гаситель, який встановлено на рухомому складі піддається попередньому контролю. Для цієї мети використовується

розроблена в рамках цієї роботи пересувна установка контролю гідравлічних гасителів в експлуатації.

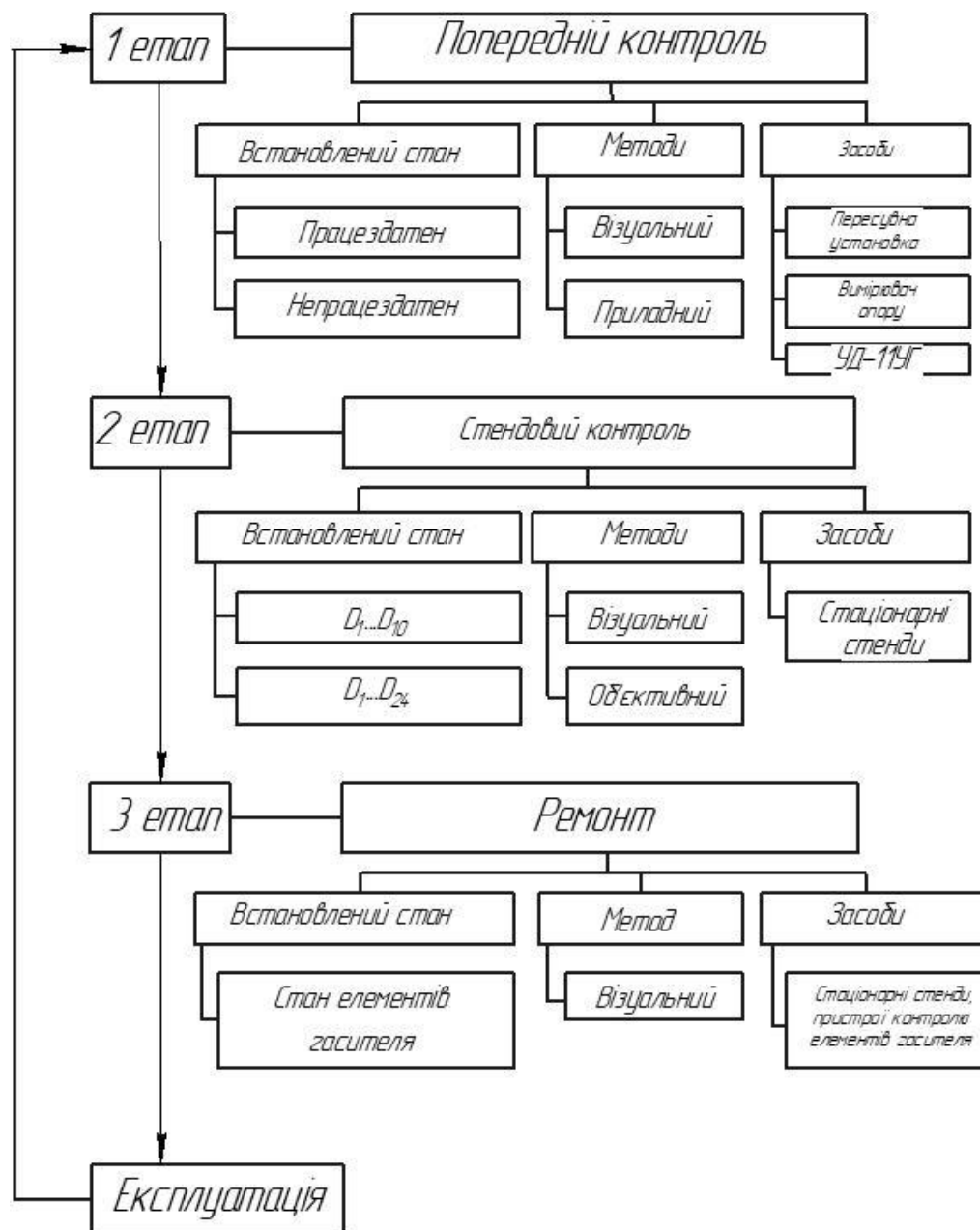


Рис. 2. Методика, що пропонується для діагностування гасителів коливань.

Діагностування технічного стану гідравлічних гасителів коливань в умовах локомотивного депо передбачає повний демонтаж гасителя з візка рухомого складу. Для вирішення завдання діагностування технічного стану пропонується впровадження пересувної установки по випробуванню гідравлічних гасителів коливань в експлуатації під час проведення технічних обслуговувань. Принцип дії установки полягає в прокачуванні гасителя методом гармонійного впливу без повного зняття його з візка з наступною фіксацією робочої діаграми і видачею результату про можливу подальшу

експлуатацію або вилучення гасителя в ремонт. Схема пересувної установки наведена на рис. 3.

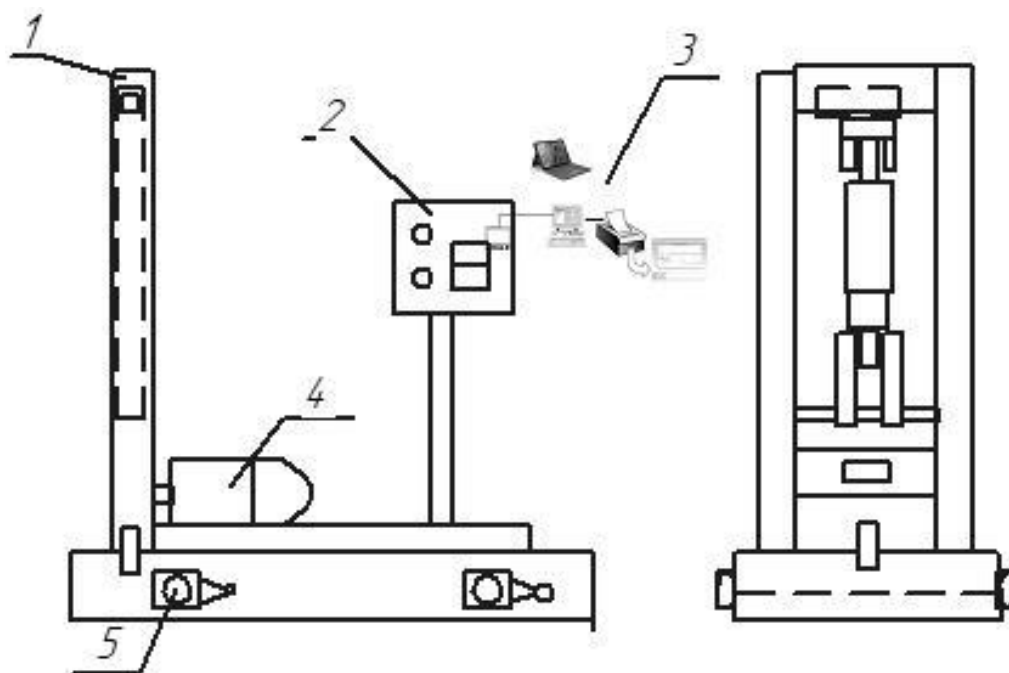


Рис. 3 Схема пересувної установки для діагностики гасителів коливань.

1 – Станина пересувної установки; 2 – пульт керування із засобами підключення до інформаційно-керуючого блоку; 3 – Інформаційно-керуючий блок (ноутбук із адаптерами та пристроєм роздрукування діаграм); електричний двигун-привод; 5 – відкидні транспортувальні колеса

Дана установка вантажиться на пересувну платформу або візок, за необхідністю на електрокару (якщо технічне обслуговування проводиться за територією пункту технічного обслуговування). Також для транспортування установки можливо використовувати власну колісну базу на відкидних колесах.

Висновки. В результаті проведених досліджень в роботі були отримані наступні результати.

1. Проаналізовані несправності, методи та засоби ремонту гідравлічних гасителів коливань рухомого складу.

2. Зроблено аналіз методики для діагностування гасителів коливань.

3. Розглянуто можливість використання автоматизованого комплексу діагностування гасителів коливань вітчизняного виробництва.

Таким чином, за підсумками роботи можна зробити висновок, що своєчасна автоматизована діагностика гідравлічних гасителів коливань рухомого складу надасть можливість підвищити надійність рухомого складу.

Список літератури

1. Механическая часть тягового подвижного состава: Учебник для вузов железнодорожного транспорта. / И.В. Бирюков, А.Н. Савоськин, Г.П. Бурчак и др. М.: Транспорт, 1992. - 440 с.
2. Савоськин А.Н., Сердобинцев Е.В., Званцев П.Н. Гидравлические гасители колебаний : Учебное пособие для специальности 190303 «Электрический транспорт железных дорог». М.: МИИТ, 2009. - 54 с.
3. М.М. Соколов, В.И. Варавва, Г.М. Левит, «Гасители колебаний подвижного состава», Москва 1985 г.
4. Соколов М.М. Диагностирование вагонов : М. - Транспорт, 1990. 197 с.
5. Мозгалеvский А.В. Автоматизация процессов диагностирования при технической эксплуатации автомобилей : Хабаровск : Хабаровский ПТИ, 1982. 231 с.

Корецький Сергій Володимирович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (099) 471-11-49. E-mail: Sashamer97@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО КОНТРОЛЮ СТАНУ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ ТРАНСПОРТНИХ ДИЗЕЛІВ

*Науковий керівник – старший викл. кафедри експлуатації та
ремонт рухомого складу УкрДУЗТ Д. М. Коваленко*

Анотація. У роботі було проаналізовано метод тепловізійного контролю стану паливної апаратури високого тиску транспортних дизелів. Надійна робота форсунок можлива тільки при відповідній роботі фільтруючих елементів і своєчасному їх обслуговуванні. Закоксовування отворів розпилювача призводить до зміни пучка розпилювання, а іноді й його втрати. Робота паливного насоса високого тиску дизелів значною мірою залежить від стану прецизійної пари «плунжер-втулка». Періодичний не працездатний метод діагностування може суттєво попередити збої в роботі паливної апаратури.

Ключові слова: Контроль, форсунка, насос, паливопровод . ресурс.

Вступ. Збільшення експлуатаційного ресурсу паливної апаратури тепловозів може бути досягнуто в результаті впровадження: методів безрозбірної і безконтактного діагностування та своєчасного виявлення несправностей паливної апаратури, автоматизації технологічних процесів діагностування і контролю. Тому розробка сучасних технологій діагностування і контролю технічного стану паливної апаратури транспортних дизелів є важливим напрямком роботи в процесі забезпечення ефективного використання рухомого складу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Паливна апаратура транспортних дизелів є досить складною в конструкції та обслуговуванні. Наявність сучасних вимірювальних методів, засобів та методик є доволі широким. Розвиток мікропроцесорних технологій, програмних пакетів, пристроїв збору і обробки інформації про стан апаратури, дозволяє виконувати діагностування параметрів роботи та стану роботи швидко і майже без помилок.

Розвиток безрозбірних методів контролю технічного стану паливної апаратури є пріоритетним. Тому що виключення втручання в працюючу одиницю, тобто людський фактор, може суттєво змінити можливі отримані результати. А використання діагностичних комплексів із великою кількістю датчиків може призвести до ушкодження самих датчиків, обриву проводів, неправильної фіксації, тощо [1, 2].

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є аналіз технології контролю технічного стану паливної апаратури транспортних

дизелів для підвищення експлуатаційної надійності тепловозів за температурними станами.

Для цього потрібно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати існуючі методи та засоби діагностики паливної апаратури дизелів в локомотивних депо;
- зробити теоретичний пошук переваг запропонованого метода;
- провести порівняльний аналіз засобів діагностування дизельної паливної апаратури.

Основна частина дослідження. На даний час в локомотивних депо для діагностування паливної апаратури застосовують автоматизовані комплекси Кіпарис та Деста.

Переносний пристрій діагностування паливної апаратури дизелів Деста є спеціалізованим обладнанням для обслуговування рухомого складу і призначений для діагностування стану паливної апаратури, технічного контролю параметрів турбокомпресорів і газоповітряного тракту основних типів дизелів, застосовуваних на залізничному транспорті. пристрій може експлуатуватися в кабіні і дизельному приміщенні тепловоза.

Автоматизований і інтелектуальний комплекс діагностування технічного стану паливної апаратури призначений для знімання, виведення на екран дисплея і принтер, запису і зберігання на магнітному носії інформації про роботу форсунок і паливних насосів високого тиску дизеля, постановки діагнозу їх технічного стану.

Недоліками застосування таких комплексів як Деста та Кіпарис є застосування великої кількості датчиків для фіксації інформації з обладнання, і нерідко установка датчиків на об'єкт діагностування вимагає проведення слюсарних робіт, що призводить до збільшення витрат часу, втручання в роботу паливної системи. Частою помилкою в експлуатації цих комплексів є невірне встановлення датчиків і велика кількість проводів, які з-за необережності ушкоджуються.

Тепловізійний контроль являє собою метод теплового неруйнівного контролю, заснований на використанні електронних засобів фіксації виділеного тепла елементами паливної системи дизелів і аналізі теплового зображення за допомогою термограмм, на основі якого приймається експертне рішення про технічний стан паливного обладнання. Розподіл температури по поверхні вузла, який підлягає діагностуванню несе інформацію про загальний його тепловий стан і про розподіл неоднорідностей температур. Розподіл температур фіксується приладами на термограмі, яка виглядає кольоровим плоским тепловим зображенням поверхні об'єкта, де кожному кольору відповідає певна температура поверхні.

Існуючі засоби і методи діагностування мають недоліки:

- обмежена універсальність оцінки параметрів;
- трудомісткість монтажу і складність обслуговування, значні витрати часу на підготовку процесу діагностування;
- наявність складного і дорогого програмного забезпечення;

- обмежена область застосування діагностичного обладнання.

Крім того, хоча розглянуте обладнання використовується не в усіх депо, воно може вважатися перехідною ланкою до більш сучасних рішень, відповідних інформаційних технологій.

Тепловізійний метод діагностування має багато переваг, а саме:

- тримається дистанція від елементів дизеля і відсутність спеціальних датчиків і дротів;
- висока швидкість обробки інформації;
- висока продуктивність випробувань;
- мала трудомісткість;
- теоретична можливість контролю будь-яких матеріалів (особливо в період пандемії є можливість контролю температури працівників);
- багатопараметричний характер випробувань;
- можливість поєднання тепловізійного діагностування з іншими видами неруйнівного контролю;
- сумісність із вже класичними можливостями та засобами обробки інформації;
- можливість поточного безперервного контролю і створення автоматизованих систем контролю і діагностування;
- виявлення дефектів неруйнівним методом;
- запобігання пошкоджень обладнання і слюсарних робіт;
- достовірність, об'єктивність і точність одержуваних відомостей;
- безпека при проведенні обстеження обладнання;
- не потрібно відключення і демонтаж обладнання;
- можливість визначення дефектів на ранній стадії розвитку;
- відносно комплексів Деста і Кіпарис низька вартість обладнання.

Але є і значний недолік цього методу – майже відсутні пропрацьовані діагностичні моделі та відсутні термограми нового та відремонтованого обладнання, тобто нема масиву для порівняння. Теплові методи діагностики елементів паливної апаратури застосовують для оцінки працездатності її під час проведення технічного обслуговування. Стан апаратури визначається по термоіндикаторним маркерам і якщо виявлено перегрів складальної одиниці то приймається рішення про подальший більш ретельний контроль або ремонт.

Слід звернути увагу на той фактор, що на нагрівання паливопроводу діють:

- температура в циліндрі дизеля, яка в свою чергу визначається станом циліндро-поршневої групи (компресійні і оливо'земні кільця), характеристиками паливної апаратури (кут випередження подачі палива, тиск і тривалість упорскування), температурою охолоджуючої води;
- випромінювання деталей дизеля, що мають високу температуру поверхні (блок дизеля, вихлопний колектор);
- технічний стан і якість роботи окремих елементів паливної апаратури (нагнітальний клапан і прицевий пара ПНВТ, сопловий наконечник форсунки).

Оцінити в якому ступені на нагрів форсунки і нагнітального трубопроводу впливає температура в циліндрі дизеля практично не можливо, тим більш за відсутності контрольних маркерів і масивів оброблених статистичних даних.

Контрольні маркери створюються за допомогою статистичних даних з експлуатації дизелів одного типу і, за можливості, які працюють в однакових умовах. Створюються таблиці, масиви даних і вже на їх основі можливо створити програмне забезпечення для автоматизованого робочого місця (АРМ) діагностика. Такі АРМ вже існують, також існують масиви даних для використання їх в діагностуванні паливної апаратури комплексами, які вже є. Але, дані комплекси також мають строк експлуатації, своє програмне забезпечення, конструкційні елементи які з часом виходять із ладу. Іноді діагностичні комплекси не використовуються взагалі з-за відсутності підготовлених кваліфікованих фахівців. І діагностика (скоріше дефектація, огляд, заміри) виконується вже після зняття паливної апаратури на робочих позиціях, за регламентом. Тобто включає людський фактор. Після виконаних робіт елементи паливної апаратури збираються і, доводяться по параметрам і встановлюються на дизель. Приблизно в 30 відсотках випадків достатньо було провести безрозбірне очищення, промивання без знімання з силової установки [5].

Висновки. В результаті проведених досліджень в роботі були отримані наступні результати.

1. Проаналізовані конструкції ходових частин вагонів швидкісних поїздів
2. Зроблено аналіз теплової моделі буксового вузла.
3. В теплову модель буксового вузла внесено коефіцієнт A , що враховує аеродинамічний фактор ходових частин.

Таким чином, за підсумками роботи можна зробити висновок, що модель буксового вузла дозволить підвищити достовірність контролю технічного стану букс вагонів швидкісних поїздів.

Список літератури

1. Криворудченко, В. Ф. Современные методы технической диагностики и неразрушающего контроля деталей и узлов подвижного состава железнодорожного транспорта : учебник для вузов ж.-д. трансп. / Р. А. Ахмеджанов, В. Ф. Криворудченко. – М. : Маршрут, 2005. – 436 с.
2. Балабин Д. В. Экспериментальные исследования тепловых процессов в трубопроводах высокого давления топливной аппаратуры дизелей. *Омский научный вестник. Машиностроение и машиноведение*. 2012. №3 (113). С. 142-145.
3. Бабанін О. Б. Буцький О. В. Аналіз методів діагностування паливної апаратури дизелів. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2017, вип. 168. С. 31-37.

4. Блинов, П. Н. Совершенствование технического обслуживания и ремонта топливной аппаратуры тепловозных дизелей : дис... канд. техн. наук: 05.22.07 / П. Н. Блинов; Омский институт инженеров железнодорожного транспорта. – Омск : ОмИИТ, 1986. – 178 с.

5. Тартаковский Е.Д., Каграманян А.О., Аулін Д.О., Басов О.В. Ресурсозберігаючі технології очистки систем дизеля та тепловоза. Матеріали 8-ї міжнародною науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування» СЕУТТОО-2017. Херсон. 2017. С. 312–315.

Меркулов Олександр Олександрович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (099) 067-88-77. E-mail: Sashamer97@gmail.com

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ АСИНХРОННИХ ДОПОМІЖНИХ МАШИН ЕЛЕКТРОВОЗІВ ЗМІННОГО СТРУМУ

Науковий керівник – ст. викладач кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу УкрДУЗТ О.В. Клименко

Анотація. Виконаний аналіз умови роботи асинхронних допоміжних машин (АДМ) електровозів змінного струму. Розглянуті данні по залежності фазних струмів двигуна НБ-455А електровоза від величини напруги живлення, тривалість пуску МК з асинхронним двигуном в залежності від напруги контактної мережі, зміна моменту опору компресора в залежності від температури повітря. Розглянуто особливості роботи АДМ, зокрема їх по черзі запуск від обмотки власних потреб тягового трансформатора. Проведена систематизація умов експлуатації, що впливають на ізоляцію АДМ з метою оптимізації параметрів стеження за темпом їх зносу, в результаті якої виділено два основні чинники старіння ізоляції - перегрів і вібрація - і один фактор, що підвищує ймовірність відмови незалежно від ступеня старіння ізоляції - її зволоженість.

Ключові слова: допоміжна електрична машина НБ-455А, ізоляція, параметри режимів роботи.

Вступ. Допоміжні електричні машини (ДЕМ) є однією з навантажених частин електровозу. На їх частку припадає більша частина відмов. В процесі експлуатації допоміжні електричні машини схильні до постійного впливу механічних, теплових, кліматичних і електромагнітних факторів, причому на електропоїзді ці фактори мають комплексний вплив.[1]

Підвищення надійності і підвищення ресурсу електричних машин тягового рухомого складу (ТРС) придбала в останні роки велике соціально-економічне значення для залізничного транспорту. Необхідною умовою його беззбиткової роботи і ефективного функціонування в ринкових умовах є мінімізація всіх виробничих витрат, що досягається шляхом аналізу бізнес-процесів, необхідним забезпеченням і менеджментом з подальшим застосуванням інноваційних технологій.

Системний аналіз даних процесів дозволив з комплексу існуючих питань виділити проблему безпеки і надійності електричних машин ТРС. Для її вирішення необхідно забезпечити високу якість виробництва, експлуатації, обслуговування і ремонту електричних машин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основним за ступенем значущості чинником, що впливає на надійність ізоляції, є тепловий знос, це підтверджується безліччю досліджень, до числа яких відносяться [2]; в

класичній теорії теплової знос є визначальним термін служби фактором, однак в роботі [2] доводиться істотність впливу на надійність ізоляції пускових навантажень і вібраційного впливу. В роботі Т.Є. Мінакової [3] описані способи обліку вібрації при моніторингу стану ізоляції. Зволоження ізоляції необхідно враховувати в процесі моніторингу, так як воно може привести до пробою навіть нової ізоляції.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою дослідження є проаналізовано умови роботи асинхронних допоміжних машин електровозів змінного струму, які експлуатуються на «Укрзалізниці». Розглянути данні по залежності фазних струмів двигуна НБ-455А електровоза від величини напруги живлення, тривалість пуску МК з асинхронним двигуном в залежності від напруги контактної мережі, зміна моменту опору компресора в залежності від температури повітря.

Основна частина дослідження. Значна частина відмов АДМ електровозів змінного струму викликана зниженням рівня ізоляційних властивостей внаслідок низької якості виготовлення і поганого обслуговування, що в свою чергу призводить до прискореного старіння ізоляції. Сюди слід віднести підвищену забрудненість обмоток і часті зволоження, перегріву через перевантаження і погане охолодження електродвигунів. Працездатність ізоляції знижується також через підвищених вібрацій і частих електродинамічних ударів при пусках. Експлуатаційний знос ізоляції обмоток електродвигуна різко підвищує ймовірність їх пошкодження в порівнянні з іншим електрообладнанням електровозів.

Встановлено, що АДМ ЕРС змінного струму працюють при наступних складних умовах.

1. Зміна напруги живлення від +25 до -39% від номінального значення.

2. Коефіцієнт несиметрії напруги $K_u = U_0 / U_n$ до 0,10 (тут U_0 і U_n – відповідно напруга зворотної і прямої послідовності).

3. Коефіцієнт несиметрії фазних струмів $K_i = I_0 / I_n$ до 0,10. Тут I_0 і I_n – струми прямої і зворотної послідовності, коли значення струмів в фазах при крайніх значеннях напруги в контактній мережі відрізняються більш ніж у два рази (рис. 1).

4. Зниження обертового моменту до 0,372 від номінального при зниженні напруги з 380 до 280 В (рис. 2, а).

5. Збільшена тривалість пуску мотор-компресорів (МК) через суттєве зменшення обертового моменту при зниженні напруги живлення (рис. 2, б).

6. Значне зростання моменту опору компресорів при низькій температурі повітря (рис. 2, в).

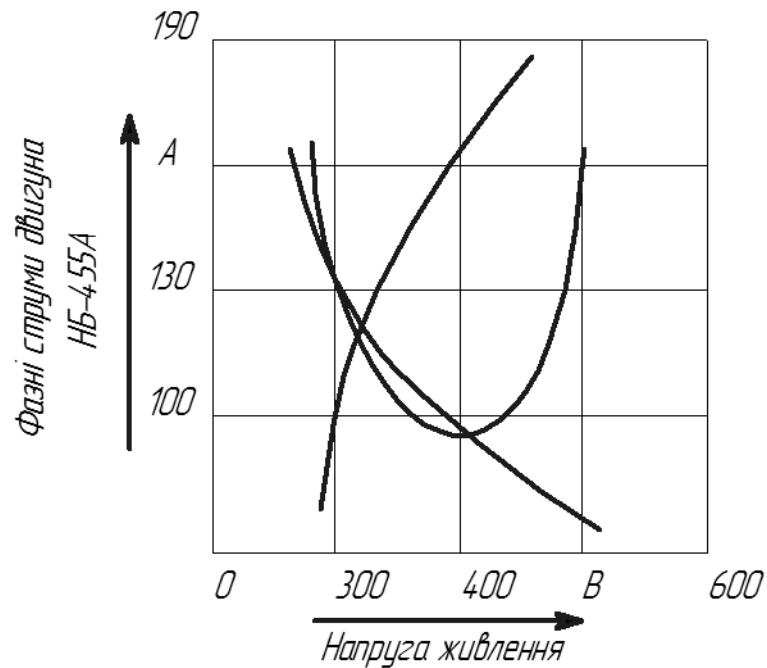


Рис. 1. Залежність фазних струмів двигуна НБ-455А від величини напруги живлення

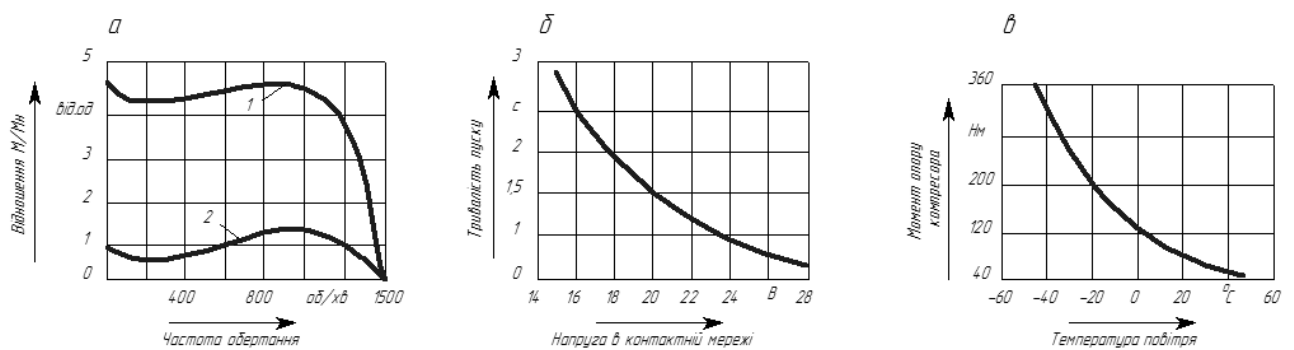


Рис. 2. Вплив експлуатаційних факторів на АДМ

а – механічні характеристики двигуна НБ-455А при напрузі живлення 380 (1) і 280 (2) В; б – тривалість пуску МК з асинхронним двигуном в залежності від напруги контактної мережі; в – зміна моменту опору компресора в залежності від температури повітря

7. Зміна умов охолодження машин через істотний перепад температур: від -35 до $+50$ °С.

В результаті дослідження встановлено, що фазні струми мають спотворення і їх форми відмінні від синусоїдальних. Так, при роботі електровоза в режимі тяги в середині четвертої зони регулювання при напрузі $U_{KC} = 27,5$ кВ і максимальному навантаженні тягових двигунів при консольному живленні струм допоміжних двигунів має вигляд, приведений на рис. 3.

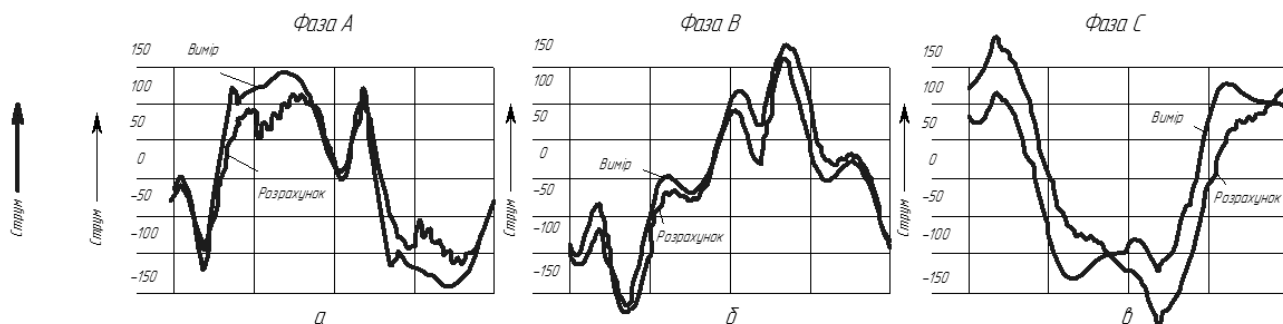


Рис. 3. фазні струми АДМ, отримані в результаті проведених розрахунків і виміру на електровозі ВЛ80

В конструкції більшості серійних електровозів змінного струму для живлення АДМ використаний електромашинний фазорозщеплювач з пусковими і сіметрувальними конденсаторами. Дана схема фазорозщеплення застосовується на електровозах ВЛ60, ВЛ80.

Особливості якості живлячої АДМ енергії в схемах згаданих вище електровозів представлені в роботі [4]. Групи машин працюють в умовах мінливої і часто підвищеної несиметрії і суттєво впливають одна на одну.

Трифазні машини живляться від однофазної мережі по схемі «зірка», дві їх фази підключаються до обмотки власних потреб тягового трансформатора і є руховими, а треті фази всіх двигунів з'єднуються між собою і є генераторними.

Напруга в обмотці власних потреб і відповідно в рухових фазах знижується зі збільшенням кількості працюючих машин, а напруга в генераторній фазі, навпаки, зростає, так як магнітне поле кожної машини, що обертається, додатково індукуює в ній ЕРС, що призводить до істотної зміни коефіцієнтів несиметрії струмів і напруг. Також значний вплив робить зниження напруги в контактній мережі (КМ), від цього явища безпосередньо залежить напруга рухових фаз.

Ступінь нестабільності параметрів енергії, яка живить АДМ електровозів змінного струму, наочно продемонстрована на рис. 4.

З даних характеристик видно, що при номінальній напрузі живлення $\cos \varphi$ мережі становить 0,86 - 0,88, а коефіцієнт несиметрії напруги не перевищує 1%, проте можна помітити істотний розкид параметрів при відхиленні напруги. Як відомо, несиметрія напруги і струму фаз веде до перегріву двигунів і знижує момент на валу.

Висока щільність графіка руху поїздів сприяє частій роботі електровозів з мінімальним інтервалом і потрапляння на одну фідерні зону з подоланням підйомів різної складності. Такі особливості роботи призводять до постійних відхилень напруги живлення АДМ від номінального значення, викликаючи несиметрію, зниження моменту на валу і перегріву, які неможливо обчислити і врахувати емпірично.

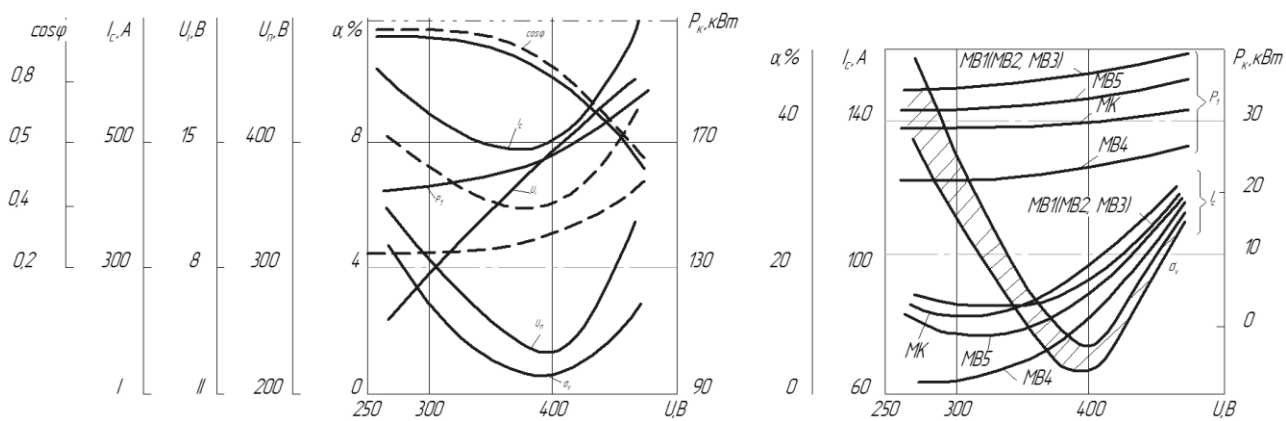


Рис. 4. Залежності параметрів режиму роботи системи допоміжних машин електровоза ВЛ80 від напруги живлення однофазної мережі (одна секція)

а – параметри режиму роботи живильної трифазної системи; б – те ж приводних електродвигунів НБ-455А; P_1 – споживана електродвигуном потужність; I_n – фазний струм прямої послідовності; α_i – зона діапазону коефіцієнтів несиметрії струмів машин; I_c – струм мережі; U_n – напруги прямої послідовності; U_i – напруга зворотної послідовності; α_v – коефіцієнт несиметрії напруги; P_c – потужність, споживана з мережі

На рис. 5 побудована залежність часу пуску МВ від величини напруги при почерговому їх включенні [4].

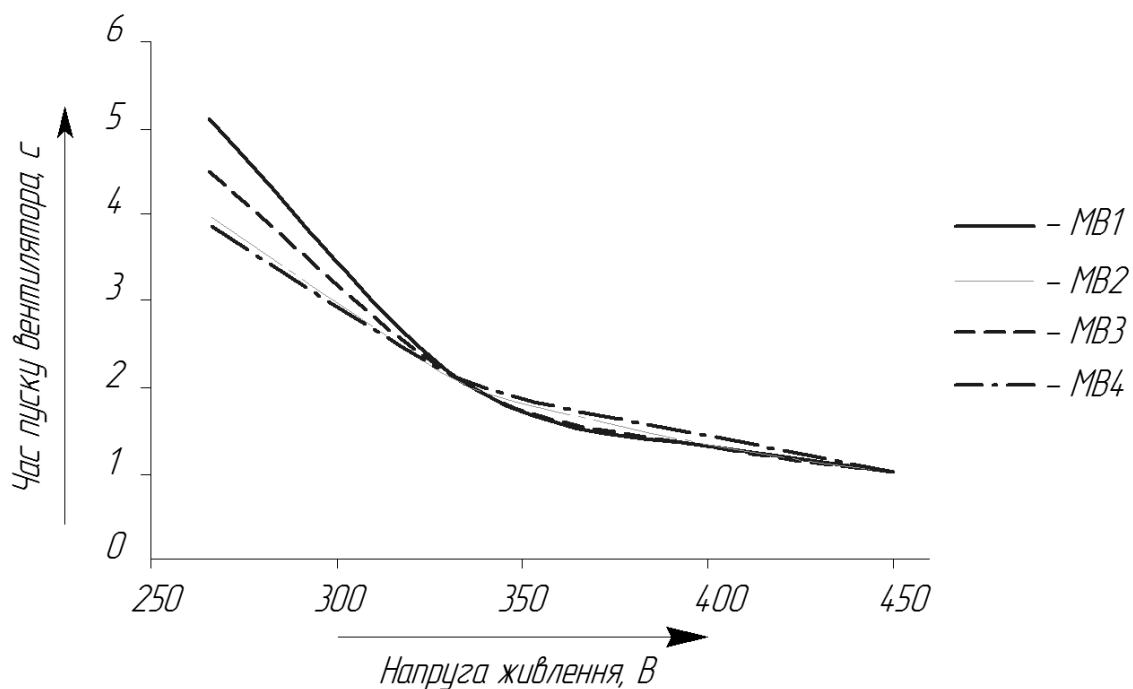


Рис. 5. Залежність часу пуску МВ від величини напруги при почерговому їх включенні

Можна помітити, що при підвищеній і нормальній напрузі кожний наступний двигун запускається за більш короткий час, а при зниженій кожний наступний двигун запускається довше. Тривалі пуски шкідливі для двигунів в силу дії на обмотку високих пускових струмів, які можуть викликати локальні перегріву і привести до її прискореного старіння.

Можна підкреслити відмінності тривалості пускових навантажень на машини від черговості їх пусків, що робить знос ізоляції нерівномірним і варіює ймовірність перекидання двигунів, створюючи похибки при обчисленні показників надійності. Включення чергового двигуна при роботі електровоза викликає «осідання» напруги обмотки власних потреб і підвищує напругу генераторної фази, тим самим змінюючи симетрію напруги. Пуски машин відбуваються по алгоритмам, врахованим в експлуатаційних інструкціях, тому для двигунів кожного механізму існують типові режими пуску і роботи, що впливають на їх надійність, і, як наслідок, низькі показники надійності демонструє МВ1 і МК. Однак при аналізі напрацювань на відмову АДМ за механізмами законів розподілу виявлено не було, так як існують і інші чинники старіння. На термін служби двигуна впливає режим його роботи. Особливості експлуатації АДМ електровоза такі, що двигуни експлуатуються в трьох режимах:

S1 – тривалий, в якому двигун нагрівається до сталої температури і працює в таких умовах велику частину циклу;

S2 – короткочасний, в якому двигун не досягає сталою значення температури, а за час паузи між циклами остигає до температури навколишнього середовища;

S3 – повторно-короткочасний, режим роботи з циклічним характером, при якому значення температури в період паузи між включеннями не встигає зрівнятися з навколишнім середовищем.

Для кожного режиму характерний свій темп зносу ізоляції, проте двигун в процесі обслуговування та ремонту локомотивів може бути замінений або переустановлений і за життєвий цикл може змінити кілька механізмів. До експлуатаційних особливостей АДМ електровозів змінного струму можна віднести також підвищений рівень вібрації, що залежить від несиметрії струму і напруги, небаланс ротора і вібраційний фон, який створюється працюючими поруч механізмами. За результатами досліджень можна побачити наявність залежності вібрації від коефіцієнта несиметрії [4] і ступінь вібраційного фону в машинному відділенні електровоза.

В силу того, що в машинному відділенні електровоза мало простору і відсутня теплоізоляція, навколо АДМ в літній період температура піднімається до +50 - 65 °С. Це загострюється щільним розташуванням силового обладнання, яке постійно нагрівається. Усе це веде до серйозних змін умов охолодження і впливає на швидкість нагріву машин до сталою значення, збільшуючи ймовірність перегріву і прискореного старіння ізоляції. У зимовий період небезпека полягає в збільшенні в'язкості масла картера компресора, внаслідок

якого підвищується момент опору механізму, що може привести в гіршому випадку до перекидання машини, а при сприятливих умовах – до тривалого пуску і скорочення терміну служби ізоляції.

Проведена систематизація умов експлуатації, що впливають на ізоляцію АДМ з метою оптимізації параметрів стеження за темпом їх зносу, в результаті якої виділено два основні чинники старіння ізоляції – перегрів і вібрація – і один фактор, який підвищує ймовірність відмови незалежно від ступеня старіння ізоляції – її зволоженість (рис. 6).

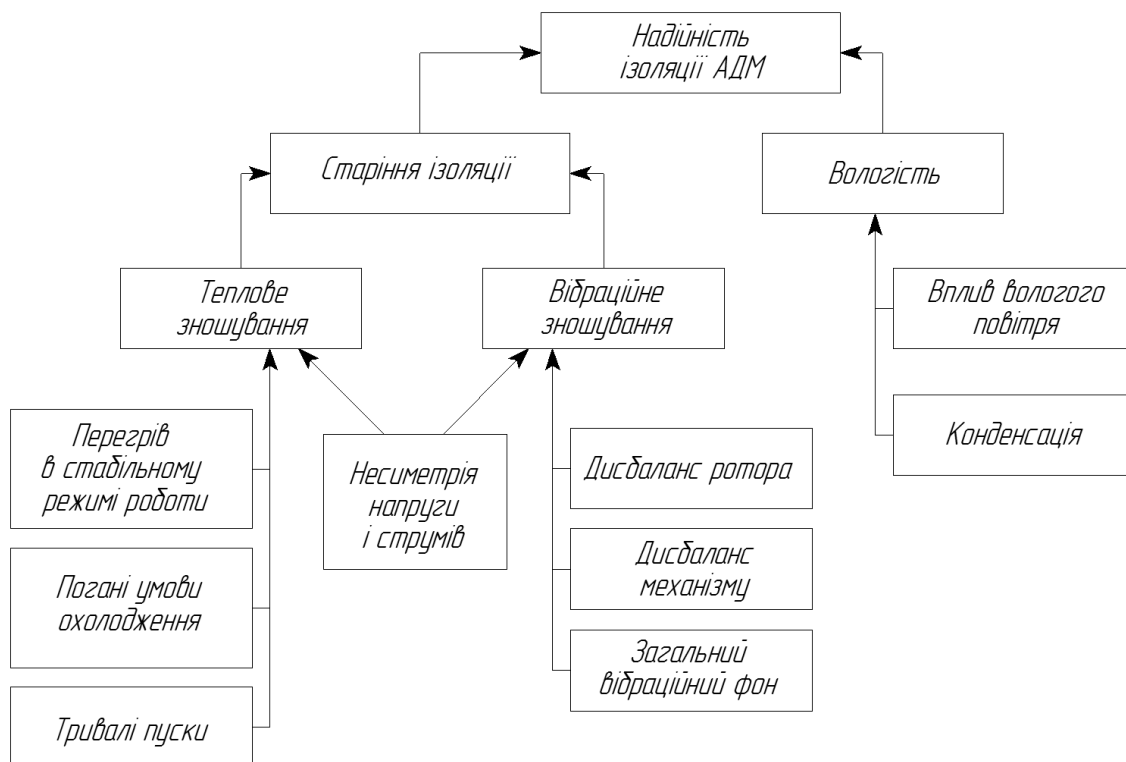


Рис. 6. Систематизація руйнуючих факторів, що знижують надійність ізоляції АДМ електровозів змінного струму

Висновки. При проведенні аналізу були отримані результати, які показали, що основним за ступенем значущості чинником, що впливає на надійність ізоляції, є тепловий знос, це підтверджується дослідженнями, до числа яких відносяться [2]. В класичній теорії теплової знос є визначальним фактором термін служби, однак в роботі [2] доводиться істотність впливу на надійність ізоляції пускових навантажень і вібраційного впливу, а також описані способи обліку вібрації при моніторингу стану ізоляції. Зволоження ізоляції необхідно враховувати в процесі моніторингу, так як воно може привести до пробію навіть нової ізоляції.

Список літератури

1. Галкин В.Г., Парамзин В.П., Четвергов В.А. Надежность тягового подвижного состава. М.: Транспорт, 1981. 184 с.
2. Гольдберг О.Д. Качество и надежность асинхронных двигателей. М.: Энергия, 1968. – 176 с.
3. Minakova T. Mnogofaktornoe prognozirovanie sroka slughby trehfaznyh asinhronnyh elektrodvigatelay 0,4 kV po ekspluatatsionnym parametram [Multifactor life prediction of three-phase asynchronous motors with operating parameter 0.4 kW]. Ph. D. thesis, Stavropol', 2002, 150 p.
4. Некрасов О.А., Рутштейн А.М. Вспомогательные машины электровозов переменного тока. М.: Транспорт, 1988. – 223 с.

Ковалевський Едуард Вікторович, другий (магістерський) рівень навчання, група 213-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (050) 749-89-78. E-mail: kovalevskijedik91@gmail.com

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ДЕТАЛЕЙ ЛОКОМОТИВІВ

Науковий керівник – ст. викладач кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу УкрДУЗТ О.В. Клименко

Анотація. *Якість поверхневого шару деталей оказує значний вплив на їх довговічність. Суттєвого підвищення якості поверхневого шару деталей можна досягти застосуванням зміцнюючих методів обробки, до числа яких можна віднести поверхневе пластичне деформування. Наукові основи пластичного деформування базуються здебільшого на використанні спрощених фізичних моделей, також відсутнє достатнє розуміння сутності явищ, що відбуваються в металі при вібраційному зміцненні і оптимізації його режимів, які забезпечують задані експлуатаційні властивості деталей.*

Ключові слова: *пластичне деформування, технологічний процес, підвищення ресурсу.*

Вступ. Якість поверхневого шару деталей оказує значний вплив на їх довговічність. Суттєвого підвищення якості поверхневого шару деталей можна досягти застосуванням зміцнюючих методів обробки, до числа яких можна віднести поверхневе пластичне деформування (ППД).

Поверхневе пластичне деформування застосовується для обробки деталей різної твердості і розмірів і дозволяє підвищити опір втомі, зносостійкість деталей і збільшити тим самим ресурс роботи машини.

Однак наукові основи пластичного деформування базуються здебільшого на використанні спрощених фізичних моделей, також відсутнє достатнє розуміння сутності явищ, що відбуваються в металі при вібраційному зміцненні і оптимізації його режимів, які забезпечують задані експлуатаційні властивості деталей.

У загальному випадку питання впливу виду технологічного процесу зміцнення на якість поверхневого шару деталей є актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зміцнення поверхневого шару деталей методом пластичної деформації є ефективним способом підвищення їх довговічності.

Аналіз існуючих методів поверхневого зміцнення і області їх використання [1, 2] свідчить про ефективність їх використання в промисловості.

Основні зміни в металі при деформації оцінюються ступенем викривлення кристалічної решітки, щільністю дислокації, величиною розорієнтування блоків, напруженістю кристалічної структури та ін. Ці дослідження дають розуміння фізичних явищ, що відбуваються в поверхневому

шарі, і сприяють прийняттю правильних рішень по вибору методу зміцнення деталей.

Однак при розробці конкретної технології доводиться розподіляти зусилля обробки, швидкість руху обробного інструменту, вибирати технологічні параметри обробки. Використання мікрорівня в цьому випадку не представляється можливим. Це пояснюється не розробленістю методу визначення фізичних параметрів стану поверхневого шару в залежності від технологічних факторів, з одного боку, і складністю їх контролю в виробничих умовах, з іншого.

Одним зі зміцнюючих факторів є дроблення зерен в поверхневому шарі, що деформується, межі яких характеризуються значними порушеннями правильної кристалічної структури і є перешкодою для поширення пластичної деформації. При фрагментації зерен значно скорочуються шляхи легкого переміщення дислокацій під дією зовнішніх сил і підвищується ступінь роботи міжатомних зв'язків проти дії зовнішніх сил [3].

Основна мета ППД полягає не в зміні форми, а в підвищенні якості поверхневого шару. Пластична деформація захоплює не весь обсяг деталі, а тільки її поверхневий шар. Для цього застосовують послідовне локальне деформування поверхні, при якому обсяг осередку деформації змінює розміри від десятих часток міліметра до декількох міліметрів.

У технології обробки металів ці питання не отримали належної розробки, в зокрема, при застосуванні вібраційних навантажень.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою дослідження є вивчення зміни в поверхневому шарі оброблюваної поверхні при звичайному і вібраційному деформуванні, яке забезпечує підвищення довговічності відновлюваних деталей. Для цього потрібно проаналізувати вплив поверхневого деформування на відновлювану деталь і встановити інтенсивність зношування деталей при вібраційному зміцненні та звичайному деформуванні.

Основна частина дослідження. Завдання підвищення ресурсу машин полягає в підвищенні опору деталі руйнуванню при різних видах експлуатаційного навантаження, що може бути досягнуто технологічними методами поверхневого зміцнення. Більшість деталей машин працює в умовах, при яких експлуатаційне навантаження сприймається головним чином їх поверхневим шаром. Тому зносостійкість залежить від опору поверхневого шару руйнуванню. Підвищення статичної міцності деталей за рахунок їх виготовлення з високоміцних матеріалів не завжди ефективно, оскільки при змінних навантаженнях вони чутливі до концентрації напружень і різного роду дефектів поверхні, що викликають зниження опору втомі.

Для деталей, руйнування яких починається з поверхні, розроблений ряд методів поверхневого зміцнення, заснованих головним чином на нанесенні покриттів або зміні стану поверхні.

У першому випадку зміцнення деталі досягається осадженням на її поверхні матеріалу, який має підвищену зносостійкість. При зміні стану

поверхневого шару відбуваються фізико-хімічні зміни в металі, що підвищують його опір руйнуванню.

Вибір того чи іншого методу поверхневого зміцнення залежить, з одного боку, від виду експлуатаційних навантажень, а з іншого, визначається економічними міркуваннями.

Поверхнєве пластичне деформування – це обробка тиском, при якій пластично деформується лише поверхневий шар оброблюваної деталі. До методів статичного поверхневого деформування відносяться методи накочування, вигладжування і протягування, що відрізняються стабільністю форми і розмірів оброблюваної деталі в стаціонарній фазі процесу.

Наряду з цими методами в машинобудуванні існують методи ППД, засновані на динамічному (ударному) впливі обробного інструменту на поверхню деталі перпендикулярно профілю поверхні або під деяким кутом до неї. Численні удари, що наносяться інструментом по поверхні деталі, залишають на ній велику кількість локальних пластичних відбитків. Розміри осередку деформації залежать від матеріалу деталі, розмірів і форми інструменту і від енергії удару по поверхні.

До методів ударного ППД слід віднести вібраційну і ультразвукову обробку, карбування та ін. Пластичне деформування призначене для:

- деформаційного зміцнення поверхневого шару;
- зменшення шорсткості поверхні;
- створення в поверхневому шарі стискаючих залишкових напружень;
- утворення певної макро- і мікрогеометричної форми.

Формування механічних властивостей поверхневого шару є важливою проблемою для зміцнюючої обробки. В результаті зміцнення поверхневого шару підвищуються міцність деталей в 1,3-2,2, довговічність в 3-6 разів, зносостійкість, контактна витривалість та інші експлуатаційні характеристики деталі.

Поверхневий шар деталі відрізняється від основного її метало структурою, хімічним і фазовим складом. У науковій і інженерній практиці стан поверхневого шару оцінюється параметрами, які характеризують:

- геометричні параметри нерівностей поверхні;
- фізичний стан;
- хімічний склад;
- механічний стан.

У процесі пластичної деформації, яка супроводжує механічну обробку, всі характеристики механічного стану поверхневого шару змінюються: показники опору деформації збільшуються, а показники пластичності зменшуються, тобто відбувається деформаційне зміцнення або наклеп. Деформаційне зміцнення поверхневого шару в більшості випадків визначають виміром твердості або мікротвердості, що характеризують опір металу пластичних деформацій. Ступінь зміцнення δ визначається за формулою:

$$\delta = \frac{(H_2 - H_1)}{H_1}, \quad (1)$$

де H_1 і H_2 – відповідно твердість (мікротвердість) металу до і після обробки.

Ступінь деформаційного зміцнення залежить не лише від методу і режимів обробки, але і від здатності матеріалу до зміцнення.

Важливою характеристикою стану поверхневого шару є залишкові напруги. Джерелом виникнення залишкових напруг є мікронапруги, що виникають в кристалічній структурі в результаті пластичної течії металу. Залишкові напруги бувають розтягуючими і стискаючими. Залишкові напруги - це тензор і тому можуть бути спроектовані на будь-які осі заданої системи координат. Остаточні напруги визначаються експериментальними методами, серед яких найбільше застосування знайшли методи пошарового травлення і рентгеноструктурного аналізу. Вплив стану поверхневого шару на надійність роботи деталей дуже велике. Наукові дискусії про формуванні параметрів стану поверхневого шару мають велике практичне значення, оскільки керуючи цими параметрами, можна значно підвищити довговічність деталі. Поверхнєве пластичне деформування сприяє значному підвищенню характеристик міцності деталей тягового рухомого складу.

У таблиці 1 наведені результати проведених досліджень втомних гладких зразків при $\sigma_{\max} = 1000$ МПа.

Таблиця 1

Довговічність зразків в залежності від методу обробки

Метод обробки	Кількість циклів до руйнування		
	Сталь 65Г	Сталь Л-53	Сталь 30ХГСА
Звичайне зміцнення	17500	14100	16200
Вібраційне зміцнення	36900	26800	28900
Обкатування роликми	21700	16800	18100

Як видно з табл. 1, при вібраційній обробці підвищення довговічності для сталі 65Г в 2,1 рази більше, ніж при звичайній деформації.

Проведені дослідження показали, що на ресурс деталей впливає шорсткість їх поверхні, оскільки западини нерівностей є концентраторами напружень. Коефіцієнт концентрації може бути визначений наступним виразом:

$$K_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{-1K}} = \sqrt{1 + q(\alpha_{\sigma} - 1)}, \quad (2)$$

де σ_{-1} і σ_{-1K} – межа витривалості гладкого зразка і зразка з концентратором напруги відповідно;

q – коефіцієнт чутливості матеріалу до концентрації напружень;
 α_σ – коефіцієнт концентрації напружень, що визначається за формулою [3]:

$$\alpha_\sigma = 1 + \frac{200}{t_p s_m} (2 R_{\max} R_V)^{0,5}, \quad (3)$$

де t_p – відносна опорна довжина профілю на рівні середньої лінії;

s_m – середній крок нерівностей;

$R_{\max}$ – найбільша висота мікропрофілю;

R_V – відстань від лінії западин до середньої лінії.

При вібраційному зміцненні формуються поверхні з дуже малою шорсткістю, що сприятливо впливає на втомний опір і збільшенні зносостійкості пар тертя.

Як свідчать дослідження, інтенсивність зношування зразків при вібраційному деформуванні в 2,29-2,95 рази менше, ніж при звичайній обробці.

Висновки. В роботі були отримані наступні висновки:

1. Пластичне деформування поверхні деталей сприяє формуванню їх поверхневого шару, що сприятливо позначається на підвищенні їх довговічності в процесі експлуатації.

2. Інтенсивність зношування деталей після вібраційного зміцнення в 2,29-2,95 рази вище, ніж при звичайному деформуванні.

Список літератури

1. Полевой С.Н., Евдокимов В.Д. Упрочнение металлов. М.: Машиностроение, 1986. – 320 с.

2. Губкин С.И. Пластическая деформация металлов. М.: Машиностроение, 1981. – 376 с.

3. Якобсон М.О. Шероховатость, наклеп и остаточные напряжения при механической обработке. М.: Машиностроение, 1986. – 226 с.

4. Суслов А.Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей. М.: Машиностроение, 1987. – 208 с.

Кулішов Іван Васильович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (099) 748-20-38. E-mail: ikulishov@ukr.net

Ялалтинов Дмитро Максимович, другий (магістерський) рівень навчання, група 213-ЛЛГ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (093) 505-43-39. E-mail: diablos7737@gmail.com

ОЦІНКА ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ У ВУЗЛАХ ЕКІПАЖНОЇ ЧАСТИНИ ЛОКОМОТИВІВ

Науковий керівник – докт. техн. наук, професор кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу УкрДУЗТ О.Б.Бабанін

Анотація. У роботі запропонована методика визначення і оцінка втрат потужності у вузлах екіпажної частини локомотивів. Це зокрема стосується моторно-осьових підшипників, буксових вузлах та тягової зубчастой передачі. На підставі зібраних статистичних даних встановлено, що сумарні втрати в екіпажній частині виникають не тільки у вищевказаних вузлах, а і з-за різниці швидкісних параметрів колісно-моторних блоків та зменшення діаметру бандажа колісних пар. На підставі гідродинамічної теорії змащення визначені характерні параметри підшипників кочення, а також залежності між втратами потужності, діаметром бандажа колісної пари та швидкісною характеристикою колісно-моторного блока в цілому. Отримані результати можуть бути використані для оцінки технічного стану та енергетичної ефективності тягового рухомого складу під час його експлуатації.

Ключові слова: втрати, залежність, локомотив, навантаження, підшипник, потужність, тертя, швидкість.

Вступ. Якість виконання технологічних процесів ремонту характеризується технічними, технологічними, економічними показниками, одним з яких є енергоефективність (використання потужності) відремонтованого локомотива [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблемам якості ремонту тягового рухомого складу присвячено досить багато робіт. Я правило, вони спрямовані на дослідженнях прогресивних технологій ремонту, покращенню операцій відновлення вузлів і деталей [10,11]. Є велика кількість робіт, які присвячені технологічному обладнанню та його використанню [9]. Разом із тим питанням додержання нормативних розмірів під час складання вузлів локомотивів приділяється недостатня увага. Тому вирішення такої задачі є своєчасною і актуальною.

Визначення мети і завдання дослідження. Метою роботи є визначення і оцінка втрат потужності в вузлах екіпажної частини локомотивів. Виходячи з цього потрібно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати за визначений період технічний стан екіпажної частини локомотивів після виконання поточних і капітальних ремонтів;
- скласти послідовність розрахунків з визначення втрат потужності у лімітуючи вузлах екіпажної частини;

- провести оцінку втрат потужності у лімітуючи вузлах екіпажної частини.

Основна частина дослідження. При виконанні ремонту в складальних одиницях, вузлах і агрегатах можуть з'явитися додаткові втрати потужності, зумовлені відхиленням їх технічних параметрів і характеристик від заводських значень, які встановлені конструкторською документацією. Це знижує коефіцієнт корисної дії (ККД) локомотива. Додаткові втрати потужності залежать від встановлених в ремонтній документації допусків на технічні параметри і характеристики агрегатів і вузлів. Як правило, чим більше допуски, тим значнішими можуть бути додаткові втрати потужності.

У даній роботі розглядається питання про оцінку втрат потужності в вузлах екіпажної частини електровозів як найбільш навантажених в експлуатації. Сумарні втрати потужності в екіпажної частини електровоза складаються з втрат потужності в наступних вузлах і передачах: моторно-осьовому підшипнику, буксовими вузлі, зубчастої передачі, а також втрати потужності через різницю швидкісних характеристик колісно-моторних блоків і зменшення діаметра колеса

Оцінка втрат потужності в підшипниках ковзання

Втрати потужності на тертя за умови, що підшипник ковзання знаходиться під впливом постійної за величиною і напрямком навантаження, а швидкість відносного переміщення поверхонь в номінальному режимі незмінна (стаціонарна задача гідро динамічної теорії мастила) [1]

$$N = \frac{(l \cdot d^2 \cdot \omega^2 \cdot \mu)}{2\psi} \xi, \quad (1)$$

де l - довжина вкладиша підшипника, м;

d - діаметр шийки вала, м;

ω - кутова швидкість, 1/с;

μ - динамічна в'язкість, Па·с;

ψ - відносний зазор,

$$\psi = 2 \frac{\Delta}{d} \quad (2)$$

де Δ - радіальний зазор в підшипнику, м

ξ - безрозмірний коефіцієнт гідродинамічних втрат в осьовому підшипнику, який визначається з урахуванням відношення $\frac{l}{d}$ і χ по діаграмі коефіцієнтів опору шипа обертанню з урахуванням тертя в неробочій частині зазору для підшипника з циліндричним розточенням.

Відносний ексцентриситет χ визначається по діаграмі коефіцієнтів навантаженості для підшипника з циліндричної расточкой виходячи з значень $\frac{l}{d}$ і коефіцієнта навантаженості ζ , [1]

$$\zeta = \frac{W \cdot \psi^2}{l \cdot d \cdot \mu \cdot \omega}, \quad (3)$$

де W – навантаження на підшипник, Н.

Вихідні дані до розрахунку приймалися з урахуванням усереднених даних експлуатаційні них параметрів електровозів ВЛ10 та ВЛ80, вони наведені в таблиці 1. Серед наведених даних змінною величиною виступає радіальний зазор Δ , який є регламентованим і контрольованим параметром при виході електровоза з ремонту.[3,4]

Таблиця 1

Вихідні дані для розрахунку втрат потужності в моторно-осьових підшипниках (МОП) електровозів серій ВЛ-10 і ВЛ-80

Параметр	l , м	d , м	ω , 1/с	μ , Па·с	Δ , мм	W , Н
Значення параметра	0,304	0,205	163	0,06	0,1-1,0	12500

Виконані за формулами (1) - (3) розрахунки в середовищі MathCAD дозволили отримати дані по втратах потужності на тертя в моторно-осьовому підшипнику, наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Розрахункові значення по втратах можности на тертя в моторно-осьовому підшипнику

Радіальний зазор, мм	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Втрати потужності N , КВт	12,4	10,96	9,69	8,54	7,55	6,64	5,89	5,26	4,76 5	4,4

За результатами розрахунків побудована залежність втрат потужності в моторно-осьовому підшипнику від радіального зазору (рис. 1)

Апроксимуємо залежність (Рис.1), отримаємо вираз для визначення втрат потужності на тертя в моторно-осьовому підшипнику

$$\Delta P_{\text{моп}} = 6,5\Delta^2 - 16\Delta + 13,9, \quad (4)$$

Оцінка втрат потужності в підшипниках кочення. При обертанні деталей підшипників кочення в місцях контактів завжди виникають тертя кочення і тертя ковзання. Кожна складова втрат на тертя складним чином залежить від умов експлуатації (частоти обертання, навантаження, температурного режиму і мастила) і конструктивного виконання, що визначає контактні взаємодії.[3,4]

В інженерній практиці момент тертя $M_{тр}$ (Н·мм) в підшипнику визначають[7]

$$M_{тр} = 0,5 \cdot f_{усл} \cdot F_r \cdot d, \quad (5)$$

де $f_{усл} = 2,92k(D_T + D_1)/(D_T \cdot d)$ - умовний коефіцієнт тертя для роликових підшипників

k - коефіцієнт тертя кочення, 0,015;

D_T - діаметр тіла кочення, мм;

D_1 - діаметр бігової доріжки внутрішнього кільця підшипника, мм;

F_r - радіальне навантаження, Н;

d - діаметр внутрішнього кільця, мм.

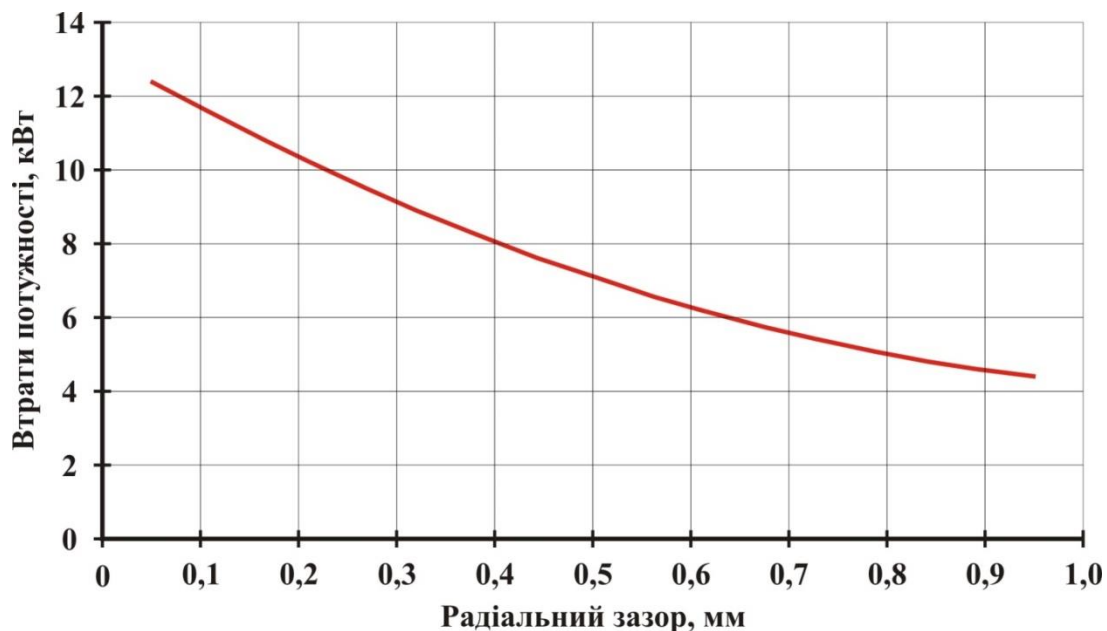


Рис. 1 Втрати потужності в моторно-осьовому підшипнику електровозів серій ВЛ-10 і ВЛ-80

Прийнявши, що в процесі експлуатації піддаються зносу тіла кочення, і висловивши цей знос через радіальний зазор, отримаємо рівняння для визначення $f_{усл}$

$$f_{усл} = 2,92k \left(\frac{0,6(D - d) - \Delta}{2} + D_1 \right) / \left(\frac{0,6(D - d) - \Delta}{2} \right) \cdot d, \quad (6)$$

де D - діаметр зовнішнього кільця підшипника, мм;

Δ - радіальний зазор в підшипнику, мм;

D_1 - діаметр бігової доріжки внутрішнього кільця підшипника, мм,

$$D_1 = d + 0.2(D - d) \quad (7)$$

Таким чином, можна визначити зміну величини моменту тертя в залежності від зміни величини радіального зазору, а відповідно оцінити зміна втрат потужності у вузлі при сталому режимі роботи N (Вт) [6]

$$N = \frac{M_{\text{тр}} \cdot n}{9550}, \quad (8)$$

де n - частота обертання підшипника, об/хв.

Вихідні дані до розрахунку втрат потужності в буксових вузлах електровозів серій ВЛ80 і ВЛ10 в залежності від їх технічного стану наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Дані про технічний стан підшипників кочення буксового вузла

Найменування вузла	Параметри, од. виміру				
	D , мм	d , мм	Δ , мм	F_r , Н	n , об/хв
Підшипник буксового вузла	320	180	0,08-0,37	60000	995

Після підстановки значень з таблиці 2 в вирази (5) - (8) були визначені значення втрат потужності і побудована відповідна залежність, представлена на (рис. 2)., апроксимація якої дозволила отримати вираз для визначення втрат потужності в буксових вузлах тягового рухомого складу

$$\Delta P_{\text{бп}} = 0,045 + 0,81 \cdot \Delta, \quad (9)$$

Оцінка втрат потужності в зубчастій передачі. При взаємній перекочування з ковзанням профілів зубів частина енергії підводить мій до ведучого елементу, витрачається на подолання тертя ковзання і кочення. Тертям кочення в силових зубчастих передачах нехтують зважаючи на його малість. Таким чином, потужність $\Delta P_{\text{зп}}$, що втрачається на тертя в зубчастому зачепленні, буде дорівнює потужності, що втрачається на тертя ковзання $N_{\text{ск}}$ [2]

$$\Delta P_{\text{зп}} = N_{\text{ск}} = F_n \cdot f \cdot l \cdot \omega_1 \left(1 + \frac{z_1}{z_2} \right), \quad (10)$$

де f - коефіцієнт тертя ковзання, 0,06;

ω_1 - кутова швидкість ведучого колеса, с^{-1} ;

z_1 і z_2 - число зубів ведучого і ведомого коліс;

F_n - нормальна сила в зачепленні, Н, яка визначається;

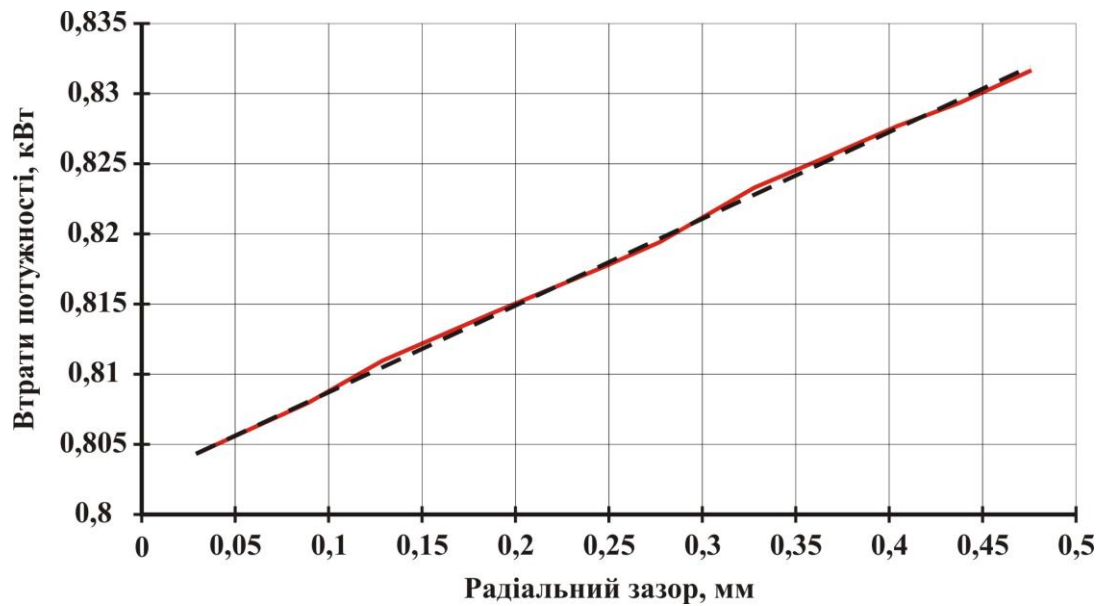


Рис. 2 - Втрати потужності в буксовими вузлі електровозів серій ВЛ-10 і ВЛ-80

$$F_n = \frac{2T}{d \cos \alpha \cos \beta}, \quad (11)$$

де T - крутний момент, Нм;

α - кут зачеплення;

β - кут нахилу зубів;

d - дільний діаметр, мм;

$$T = \frac{P}{\omega_1} \quad (12)$$

де P - потужність на валу ТЕД в тривалому режимі, кВт;

l - відстань від контактної точки зачеплення до полюса, мм,

$$l = \frac{0,5\pi m}{2} \cos \alpha + \Delta \quad (13)$$

де m - модуль, мм;

Δ - загальний бічний зазор в зубчастій передачі, мм.

Вихідні дані для розрахунку втрат потужності і зубчастій передачі в залежності від загального бокового зазору для електровозів серій ВЛ80 і ВЛ10 наведені в таблиці 4

Вихідні дані для розрахунку втрат потужності в зубчастій передачі

серія електровоза	Параметри, од. вимір					
	z_1	z_2	$m, \text{мм}$	$\Delta, \text{мм}$	$\beta, ^\circ$	$P, \text{кВт}$
ВЛ80	21	88	10	0,44-4,5	24	770
ВЛ10	21	88	10	0,44-4,5	24	575

Виконані за формулами (10) - (13) розрахунки дозволили побудувати графіки зміни втрат потужності на тертя в зубчастому зачепленні для електровозів серій ВЛ10 і ВЛ80, які наведені (рис. 3).

Апроксимуємо залежності, наведені на малюнку 3, отримуємо вирази для визначення втрат потужності на тертя в зубчастих передачах

Для ВЛ80

$$\Delta P_{3\pi}(\Delta) = 0,3\Delta + 2,4, \quad (14)$$

Для ВЛ10

$$\Delta P_{3\pi}(\Delta) = 0,25\Delta + 1,65, \quad (15)$$

Оцінка втрат потужності через зміни діаметра колеса і різниці швидкісних характеристик колісно-моторних блоків,

З огляду на те, що в процесі експлуатації електровоза відбувається знос бандажа колеса колісної пари, будуть спостерігатися втрати потужності. Визначити ці втрати потужності через зміни діаметра колеса можна шляхом розрахунку[5]

$$N_{\pi} = N_{max} - N_i, \quad (16)$$

де N_{max} - максимальна потужність, що видається на одну колісну пару з максимально віз можна діаметром колеса (нове), кВт;

N_i - потужність, що видається на одну колісну пару з 1-м діаметром колеса в зв'язку з його зносом або механічною обробкою, кВт;

$$N = \frac{2\pi \cdot M \cdot n}{60}, \quad (17)$$

де M - крутний момент на колесі, кНм;

n - число обертів колісної пари, об / хв

$$M = F \cdot R_K, \quad (18)$$

де F - тягове зусилля на осі колісної пари, кН;

R_K - радіус колеса, м

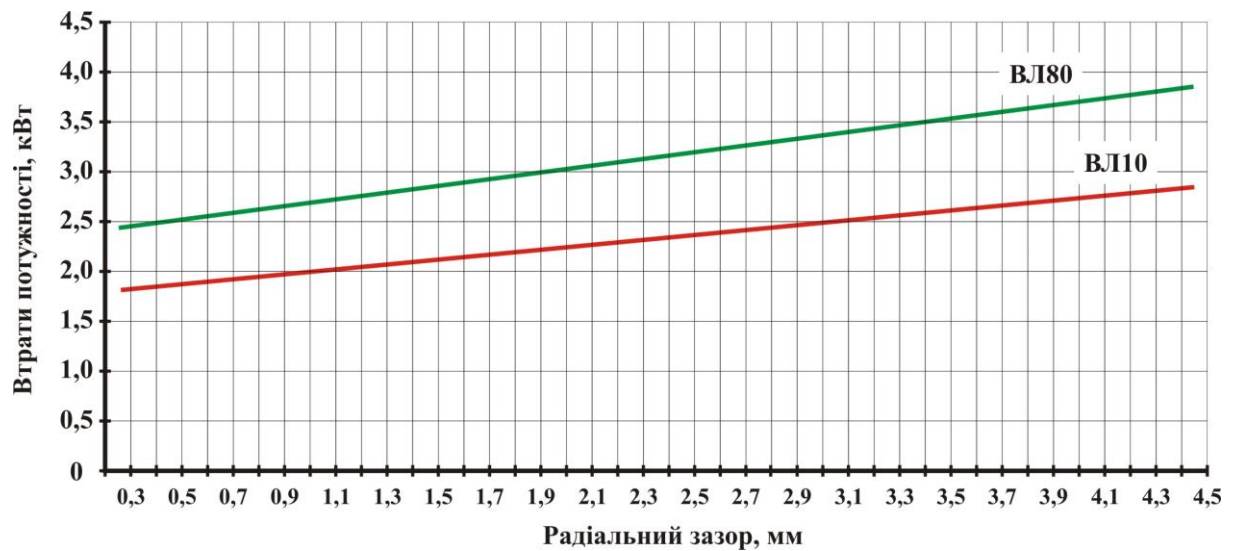


Рис 3-Втрати потужності в зубчастій передачі електровозів серії ВЛ10 і ВЛ80 в залежності від обшого бічного зазору

Втрати потужності через різницю швидкісних характеристик колісно-моторних блоків (КМБ)[8]

$$P_i = \frac{N_{\text{ТЕД}}}{k} \frac{0,5 \cdot CX}{100\%}, \quad (19)$$

де $N_{\text{ТЕД}}$ - потужність на валах ТЕД в тривалому режимі, кВт,

k - кількість осей;

CX - швидкісна характеристика КМБ, %.

Висновки. Визначено що процес експлуатації тягового рухомого складу супроводжується зношуванням розглянутих вище вузлів і передач, що призводить до зміни розмірів радіальних і бокових зазорів, зменшення діаметра бандажів колісних пар, зміна швидкісний харак теристики. Запропоновані методики визначення втрат потужності можна застосовувати для оцінки технічного стану та енергетичної ефективності тягового рухомого зі става

Список літератури

1. Воскресенский В. А. Расчет и проектирование опор скольжения. М.: Машиностроение, 1980. 224 с.
2. Гинзбург Е. Г. Зубчатые передачи. Справочник. Л.: Машиностроение, 1980. 416 с.
3. Інструкція з технічного обслуговування електровозів і тепловозів в експлуатації. №ЦТ-0056. К.: Укрзалізниця, 2003. 146с.

4. Інструкція з технічного обслуговування та ремонту вузлів з підшипниками кочення локомотивів та моторвагонного рухомого складу. №ЦТ-0101. К.: Укрзалізниця, 2001. 153 с.
5. Находкин В.М., Черепашенек Р.Г. Технология ремонта тягового подвижного состава. М.: Транспорт, 1998. 461 с.
6. Пантелеенко В.П., Лялякин В.П., Иванов В.М. Восстановление деталей машин. М.: Машиностроение, 2003. 672 с.
7. Перель Л. Я. Подшипники качения. Расчет, проектирование и обслуживание опор. М.: Машиностроение, 1992. 608 с.
8. Правила капітального ремонту КР-1, КР-2 електровозів серії ВЛ8, ВЛ10, ВЛ11. №ЦТ-0119. К.: Укрзалізниця, 2006. 171 с.
9. Сухарев Э. А. Общая теория капитального ремонта машин. Ровно.: Изд-во РГТУ, 2001. 202 с.
10. Claypool A. Improvement of quality of repair of locomotives. Progressive Railroading. 2003. №10. P. 66-68
11. Shantarenko S. Determination of the Electrical Locomotive Energy Efficiency to Evaluate Its Repair Quality / S. Shantarenko // International Scientific Conference Energy Management of Municipal transportation Facilities and Transport. Poland. EMMFT. 2017. P.69–76.

Кураков Сергій Валерійович, другий (магістерський) рівень навчання, група 212-ЛЛГ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38(099)1156437

Нізомов Рустамбек Шухранбек Угли, другий (магістерський) рівень навчання, група 213-ЛЛГ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38(099)6875957

Чмуж Микола Олександрович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38(068)0657141

ПОДОВЖЕННЯ СТРОКУ СЛУЖБИ БАНДАЖІВ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗА РАХУНОК ЗМЕНШЕННЯ БІЧНОЇ ДІЇ СИЛ ТЕРТЯ

*Науковий керівник – стар. викл. кафедри експлуатації та ремонту
рухомого складу УкрДУЗТ Д. М. Коваленко*

***Анотація.** У роботі були проаналізовані деякі експлуатаційні дефекти поверхні катання коліс рухомого складу. Була приділена увага такому фактору як зменшення дії паразитних сил тертя на бічну поверхню гребеню бандажа колісної пари та головки рейки. Проаналізовані деякі види лубрикації контакту «колесо-рейка». Запропоновано технологію комбінованої лубрикації рейок локомотивом в голові поїзда із контролем вмикання системи через технологію GPS для усунення людського фактору при керуванні системою.*

***Ключові слова:** колісна пара, лубрикант, змащення, рейка, рухомий склад.*

Вступ. В зоні контакту колеса і рейки присутня сила тертя, яка має бути чим більшою для створення тягового чи гальмівного зусилля, але й біля 5 – 10 відсотків тягової потужності можуть втрачатися, в залежності від умов і режимів роботи. Контакт тертя для створення зусиль збільшений, за рахунок реборди колеса, але вона потрібна для утримання і направлення екіпажу на колії, в даній точці є збільшений знос у вигляді гострокінцевого підрізу. Одним із методів зменшення якого є достатнє змащення контактної поверхні, що зменшує дію «паразитного» тертя й збільшує міжремонтні пробіги коліс і строк експлуатації рейок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Знос поверхонь колеса і рейки залежить від багатьох факторів. В першу чергу, від кількості кривих малого радіуса, стану профілю рейок та поверхні кочення коліс, від відповідності дійсних параметрів шляху проектним, стану рухомого складу, швидкості руху, кліматичних умов (температура, вологість навколишнього середовища тощо). Середня швидкість зношування поверхонь кочення коліс і рейок знаходиться в межах відповідно 0,01 -0,03 мм на 10 тис. км пробігу або на 1 млн. т пропущеного тоннажу. Вертикальний знос коліс і рейок на колі кочення (прокат) є найбільш стабільною характеристикою. Оскільки швидкість прокату мала (на два порядки нижче швидкості катастрофічного бічного зносу), то відсутність бракування коліс за граничними значеннями прокату, свідчить про незадовільний стан контакту «колесо-рейка».

Збільшення міцності гребеня колеса і рейки завдяки застосуванню спеціальних сортів сталі і різних методів поверхневих зміцнень дійсно призводить до зниження їх зносу, але при цьому буде все ж відбуватися знос

поверхні гребеня і рейки при рівній їх твердості. Подальше їх зміцнення викличе появу і розвиток втомних тріщин, руйнування рейок і коліс.

Ще одним з таких напрямків може бути застосування лубрикації, як індивідуальної (тільки рухомий склад) так і комбінованої (стаціонарні рейкові системи і парк рухомого складу). Виходячи із з конкретних умов експлуатації ці заходи дозволять знайти і зменшити причини зносу колеса, підвищити надійність роботи бандажів, знизити експлуатаційні витрати, подовжити строк використання рейок.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є дослідження методів зменшення шкідливої дії сил тертя на поверхню катання колеса рухомого складу.

Для цього потрібно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати стан виникнення експлуатаційних дефектів поверхні катання колісних пар;
- зробити огляд систем лубрикації контактної пари «колесо-рейка»;
- провести вибір технології лубрикації.

Основна частина дослідження. Фактично система «колесо-рейка» це великий розгорнутий підшипник кочення з грубими умовами експлуатації. Катастрофічний знос і контактно-втомне ушкодження (КВУ) нерозривно пов'язані з пластичною деформацією поверхневого шару металу, і якщо ці процеси мають місце, то це свідчить про те, що перевищуюча межа текучості матеріалу, принаймні локальна, в окремі моменти часу.

Катастрофічний знос гребенів коліс пов'язаний з переходом до зношування за механізмом задиру. Зниження ймовірності задиру бічних поверхонь сприяють наступні заходи:

- збільшення кута зісковзування α_c , що в сформованих умовах рівнозначно збільшенню кута нахилу гребенів коліс;
- наближення кута нахилу гребенів до кута нахилу бічної поверхні рейок, збільшення щільності прилягання (конформності) бічних поверхонь (при співпадінні кутів нахилу гребеня і рейки, знижують ймовірність появи задиру в 20-25 разів);
- зміна конструкції візка (збільшення подовжньої жорсткості, незалежне обертання коліс на колісних парах);
- збільшення швидкості руху вище рівноважної;
- збільшення твердості бічних поверхонь вище порогу задиру 600 HV.

Однією з основних умов розвитку задиру є непереривність шляху ковзання. Чим більше шлях ковзання, тим частіше виникає задир і тим глибше і ширше борозни на поверхнях тертя. Довжина безперервного шляху ковзання при кочення з прослизанням залежить від розміру плями контакту і прослизання. Визначимо довжину цього шляху в контакті гребінь колесо-рейка.

$$f_R = FR/N \approx FR/P \quad (1)$$

Останні десятиріччя іде розробка, впровадження, доводка та порівняння ефективності засобів лубрикації на залізничному транспорті. Лубрикатори для потреб залізничного транспорту, можна поділити за об'єктом змащення на два види: ті що змащують гребені коліс і встановлюються на локомотивах та вагонах, і такі, що змащують бічні грані головки рейки в кривих та на стрілочних переводах. Останні у свою чергу є пересувними та стаціонарними. Також можна поділити лубрикатори за видом змащення, яке використовується: рідинні та з твердим змащуванням.

Пересувні рейкозмащувачі можуть працювати досить оперативно за рахунок застосування автоматичної подачі мастильного матеріалу незалежно від швидкості руху. Розпочато роботи по створенню технічних засобів і мастильних матеріалів для лубрикації в складі рухомих поїздів. Завдяки цій умові їм не потрібно займати в графіках руху окремі нитки.

Найбільш зручним способом нанесення мастильного матеріалу на поверхню катання головки рейки є безконтактний спосіб струминного типу, який не залежить від вихрових потоків та вихляння локомотива.

Існує технологія комбінованої лубрикації рейок локомотивом в голові поїзда (Рис.1), яка відрізняється від існуючих тим, що лубрикація внутрішньої рейки в кривій виконується на тих ділянках де був використаний вагон-рейкозмащувач.

В даній технології наноситься мастило-модифікатор тертя відразу за останньою колісною парою локомотива на поверхню кочення внутрішньої рейки в кривих радіусом менше 800 м.

Можливо одночасне нанесення модифікатора тертя на поверхні кочення зовнішньої і внутрішньої рейок. При цьому бокова поверхня головки зовнішньої рейки в кривій змащується за технологією лубрикації рейок вагонами із застосуванням мастильних матеріалів зі стійкістю понад 15 000 вісей рухомого складу.

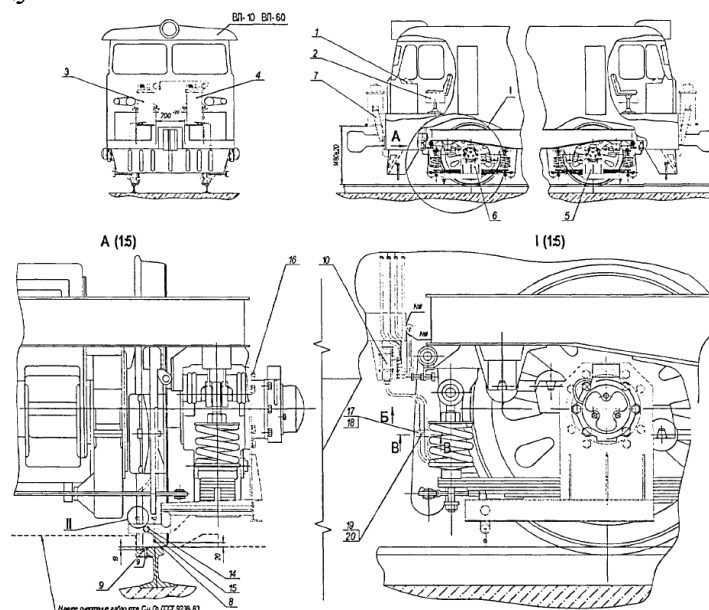


Рис. 1 Зовнішній вид локомотивного лубрикатора для комбінованого змащування.

Що стосується модифікатора тертя то це мастильний матеріал, що підтримує коефіцієнт тертя на поверхні кочення рейок в заданому діапазоні (0,18 ... 0,25), зменшуючи тим самим дію сил опору руху рухомого складу, економії палива та енергії на тягу поїздів, збільшення ресурсу коліс рухомого складу і рейок, виключення процесів захоплювання і викидання матеріалів контактуючих поверхонь.

Експериментальна технологія комбінованої лубрикації рейок головним локомотивом може бути інтегрована в існуючу систему лубрикації рейок.

Ведучі розробки в сфері лубрикації за допомогою бортових гребнезмащувачів виконуються фірмами «Portec Railway Maintenance Products» і фірмою «Kelsan Lubricants».

Особливістю роботи даних лубрикаторів є контактний спосіб подачі твердого мастильного матеріалу, який не потрапляє в зону створення тягових і гальмівних зусиль і не має обмежень по швидкості руху ТРС. Використання даних лубрикантів також дає можливість скасувати вікна пропуску між поїздами та виключає втручання людського фактора в процес контролю нанесення антифрикційного покриття.

Передовим рішенням в змащуванні точки контакту «колесо-рейка», на сьогодні є контроль внесення антифрикційного матеріалу за допомогою систем GPS. Потрібно скласти карти проблемних ділянок (криві, просаджені рейки, колія очікує на ремонт/заміну, але рух з обмеженою швидкістю дозволено та ін.). На картах встановити контрольні точки автоматичного вмикання та вимикання лубрикатора. Це викреслить людський фактор, коли машиністи просто забувають вмикати пристрої перед рейсом, або вмикають в невідповідних границях проблемної ділянки.

Конструкція пересувного рейкозмащувача (Рис. 2, 3) повинна забезпечувати технологічність виготовлення і зручність обслуговування в експлуатації при мінімальних праце-витратах і повинна забезпечувати застосування стандартних засобів виміру і контролю при виготовленні і випробуваннях та не повинна впливати на роботу систем забезпечення безпеки руху.



Рис.2 Загальний вид встановленого рідинного лубрикатора. Технологічна доступність для обслуговування

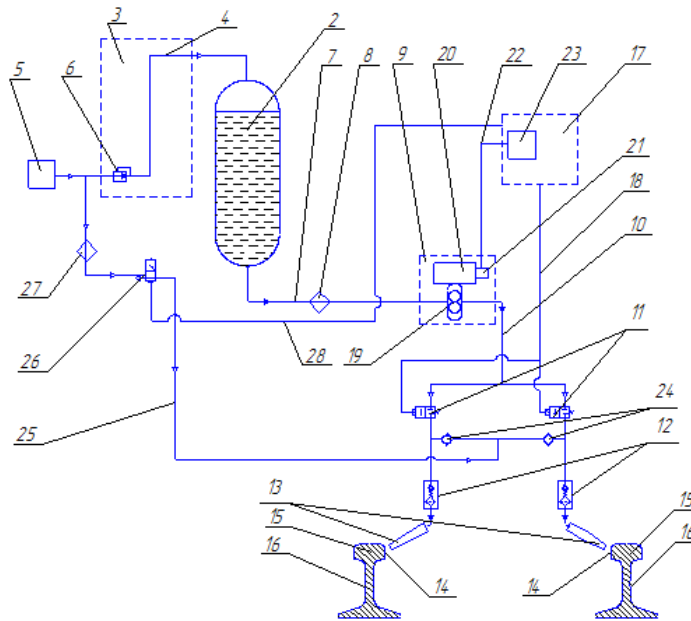


Рис. 3 Схема рідинного лубрикатора

Висновки. В результаті проведених досліджень в роботі були отримані наступні результати.

1. Проаналізовані причини зносу гребів колісних пар.
2. Зроблено аналіз лубрикаторних систем на залізничному транспорті.
3. Запропоновано впровадження і використання системи лубрикації під контролем GPS.

Таким чином, за підсумками роботи можна зробити висновок, що використання лубрикаторів на залізничному транспорті покращує технічний стан поверхонь кочення коліс рухомого складу.

Список літератури

1. Марков Д. П. Трибология и ее применение на железнодорожном транспорте // Труды ВНИИЖТ. М.: Интекст, 2007. 408 с.
2. Бартенева Л. И., Никитин В. Е. Технология комплексного снижения износа гребня колеса и рельса с помощью передвижных рельсосмазывателей // Железные дороги мира. 2004. № 1. С. 62 – 68.
3. Горский А.В. Анализ износа бандажей / А.В. Горский, А.П. Буйносков // Железнодорожный транспорт. – 1991. – №1. – С. 46–47.
4. Голубенко А.Л. Сцепление колеса с рельсом [Текст]: 2-е изд. доп. и перераб – Луганск: Из-во ВУГУ, 1999. – 476 с.
5. Коссов В.С. Снижение бокового воздействия на путь как результат применения комбинированной лубрикации рельсов / В.С. Коссов, Ю.А. Панин, А.В. Трифонов // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: тез. докл. LXVI Междунар. науч.-практ. конф. – Днепропетровск: 2006. – С.64-65.

6. Коссов В.С. Лубрикация рельсов тяговым локомотивом в составе поезда [Текст] / В.С. Коссов, А.А. Лунин, Ю.А. Панин, В.П., А.В. Трифонов, И.Е. Ильин // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). – 2017 – Т. 76. – № 1. – С. 57-60.

7. Коссов В.С. Перспективный локомотивный рельсосмазыватель / Коссов В.С., Чаркин В.А., Панин Ю.А., Трифонов А.В. // Локомотив. – 2012. – № 4. – С. 22-23.

Кулак Богдан Валерійович, другий (магістерський) рівень навчання, група 105-ЛПП-Д20
Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (066) 417-84-78.
E-mail: Bogdandiplom@gmail.com@xxx.xxx

Р. Котляренко, М. Калініченко, В.Авдєєв

ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ ТЕПЛОВОЗНИХ ДИЗЕЛЬНИХ ОЛИВ В УМОВАХ ЛОКОМОТИВНОГО ДЕПО

*Науковий керівник - канд. техн. наук, професор кафедри експлуатації
та ремонту рухомого складу УкрДУЗТ С.Г. Жалкін*

Анотація. *Зменшити витрати на паливно-мастильні матеріали тепловозів можливо за рахунок регенерації в умовах депо. Зменшити витрати на регенерацію можливо створенням регіональних центрів (відділень) для декількох локомотивних депо. В статті пропонується методика розміщення центрів зі мінімальними витратами на збір, збереження та транспортування відпрацьованих олив до центрів (відділень).*

Ключові слова: *тепловоз, дизель, олива, регенерація, установки, центри (відділення)*

Метою статті є обґрунтування доцільності створення на залізниці в умовах локомотивних депо центру (відділення) зі очистки та регенерації дизельної оливи.

Об'єкт дослідження – процес відновлення якості оливи.

Предмет дослідження – центр (відділення) зі регенерації дизельної оливи.

Аналіз невирішених питань проблеми. На підприємствах залізничного транспорту збереглися системи збору відпрацьованої дизельної оливи, однак її утилізація з точки зору екології та економіки вкрай незадовільна. Відпрацьована олива використовується для змащення рейок в кривих ділянках колії, що вкрай неефективно, частину оливи спалюють в котельнях замість мазуту, або використовують в гідросистемах навантажувально-розвантажувальних машинах та інше.

Постановка проблеми. Регенерацію відпрацьованих дизельних олив звичайно виконують або централізовано на складних потужних промислових, або децентралізовано на менш потужних установках. Обидва способи мають свої позитивні й негативні сторони.

Ціль роботи - розробка теоретичних основ підвищення енергетичної ефективності використання тепловозів залізничного транспорту. Значна частка тепловозів, які користуються на залізничному транспорті мають рівень енергоефективності гірший ніж у промислово розвинених країнах. Зниження питомих витрат палива можливо за рахунок покращення ефективності експлуатації рухомого складу, за рахунок удосконалення організації ремонту, забезпечення економних режимів під час експлуатації, а також підвищення

енергоефективності тепловозів, що будуються та проходять модернізацію. Вирішення цих завдань потребує розробки теоретично - організаційних основ підвищення енергетичної ефективності сучасних тепловозів та стратегії впровадження одержаних результатів.

Централізовану регенерацію на потужних та складних установках виконують для регенерації відпрацьованих масел які злито з дизеля по строку дії з великим змістом продуктів розкладу оливи, її присадок, паливних фракцій, води, механічних домішок, смол, органічних та мінеральних кислот, оксидів сірки, азоту та інш. – тобто така олива, яким потребується нова перегонка як для свіжих нафтопродуктів. При цьому процесом перегонки передбачається попереднє очищення масла від механічних домішок й води, атмосферна перегонка з ціллю видалення паливних фракцій, вакуумна перегонка для розподілу на дві дістілятні фракції (350-420°C, 420-500°C і залишок більш 500°C), гідроочищення дістілятів, деасфальтизація залишків пропаном та гідроочищення залишкового компонента. Зрозуміло, що такі хімічні процеси при великих температурах не можливо застосовувати в умовах окремих підприємств (депо) залізниць, [1].

Прикладом централізованої регенерації відпрацьованої дизельної оливи був цех на ст.Оленівка Донецької залізниці, де в промислових масштабах перероблялось зібрана зі всієї залізниці відпрацьована олива. Така олива транспортувалось на значну відстань залізничним транспортом (цистернами) після її накопичення, що викликало великі додаткові витрати. Ціна відрегенованої оливи (з новим пакетом присадок які в декілька разів дорожче оливи) наближається до вартості нової (свіжої) оливи. Низька рентабельність, не вирішеність утилізації залишків (осаду), транспортні витрати призвели до неконкурентної спроможності такого підприємства.

Технічними умовами передбачається застосування відрегенованої оливи для долива в тепловозні дизелі у кількості 15% від кількості свіжої оливи, купажерування (змішування) з новою оливою також у кількості 15%, та також застосування в гідросистемах, не форсованих дизелях не великої потужності (автомобілі, трактори й пр.). Тобто відрегенована олива не спроможна повністю замінити нову (свіжу), [2].

Але з ціллю збереження ПЕР, скорочення витрат дизельних олив типа М-14Б, М-14В₂, М-14Г₂, які не виробили свій ресурс, але злити по окремим бракувальним параметрам, пропонується схема розміщення центрів (відділень, цехів) по регенерації таких олив в умовах депо на основі кооперації при мінімальних транспортних витратах.

Виконання регенерації дизельних олив тепловозів децентралізованим методом потребує вирішення таких питань, як розрахунок зони дії центра (регіонального для групи локомотивних депо), обґрунтування доцільності відстані пересилки тепловозів з інших депо залізниці, [2].

Виклад основного матеріалу дослідження.

Економічну доцільність регенерації оливи можливо розрахувати за формулою, грн.

$$[B_i + \kappa_i \cdot E_n + B_{инп} + Q_{имм}] < [B_j + \kappa_j \cdot E_n + B_{jnп} + Q_{jпм}] \quad (1)$$

де B_i та B_j - питомі витрати, які пов'язані з виконанням регенерації в депо с центром регенерації (депо i) і та без регенерації (депо j);

κ_i та κ_j - питомі капітальні вкладення з регенерації оливи та без регенерації;

E_n - нормативний коефіцієнт капітальних вкладень ($E_n = 0,15$);

$B_{инп}$ та $B_{jnп}$ - питомі витрати, які викликані простоями тепловозів під час непланової заміни оливи;

$Q_{имм}$ та $Q_{jпм}$ - питомі витрати на паливно-мастильні матеріали.

Витрати при виконанні регенерації оливи тепловоза можливо визначити за формулою, грн.

$$B_i = \left[2 \frac{l_j}{V_g} (B_n + E) + n_{исер} B_{ипост} + m_{исер} B_{пр} + \Delta B_{идод} + B_g + B_{прост} \right],$$

$$B_j = [n_{исер} B_{jпост} + \Delta B_{jдод}] \quad (2)$$

де l_j - дільниця обертання (пересилання) тепловоза на регенерацію оливи, км;

V_g - дільнична швидкість пересилання тепловоза з j -го депо у депо з центром регенерації оливи, км/год;

B_n - питомі витрати пересилання тепловоза з j -го депо у депо з центром регенерації оливи, грн/год; (витрати на пересилання тепловоза можливо урахувати по відомим залежностям [4]);

E - ефективність однієї години роботи тепловоза на дільниці обертання, грн/год;

$n_{исер}$ і $n_{jсер}$ - середня кількість постів у цеху;

$B_{ипост}$ і $B_{jпост}$ - усереднені витрати на утримання одного поста;

$m_{исер}$ - середня кількість постів регенерації;

$B_{пр}$ - усереднені витрати на утримання постів регенерації;

$B_{идод}$ і $B_{jдод}$ - додаткові питомі витрати за час перебування тепловоза в центрі регенерації;

B_g - витрати на вартість оливи;

$B_{прост}$ - вартість простою тепловоза.

Витрати $B_{инп}$ та $B_{jnп}$ можливо розрахувати з формул

$$B_{инп} = w_i(l) B_{прі}; \quad B_{jnп} = w_j(l) B_{прj}, \quad (3)$$

де $w_i(l)$ та $w_j(l)$ - функції потоку відмов, які виникають у інтервалах пробігу;

$B_{нп}$ та $B_{нп}$ - питомі приведені витрати з-за наявності непланових змін оливи по бракувальним показникам.

$$B_{нп} = T_i B_{відм} + B_{из.ч.} + t_{исер} E + \Delta B_{идод}, \quad (4)$$

$$B_{\text{нп}} = T_j B_{\text{відм}} + B_{j\text{з.ч.}} + t_{j\text{сер}} E + \Delta B_{j\text{дод}} \quad (5)$$

де T_i та T_j -трудомісткість усередненої зміни масла, чол.-год;

$B_{\text{відм}}$ - витрати усередненої зміни оливи, грн/чол.-год;

$B_{i\text{з.ч.}}, B_{j\text{з.ч.}}$ - витрати на запасні частини, які можливо визначити як частку від зверх нормативної вартості ТО або ТР;

$t_{i\text{сер}}, t_{j\text{сер}}$ - утрати дільничного часу тепловоза.

Витрати на одну зміну оливи та простій очікування зміни можливо визначити за формулою,

$$B_{\text{зм}} = \frac{P_{\text{зм}}}{N_{\text{зм}i}} C_{\text{об}} K_{\text{п}} \quad (6)$$

$$B_{\text{прост}} = \frac{B_N}{\lambda} q_{\text{пр}} \quad (7)$$

Тоді рівняння (1) з урахуванням виразів (2) - (7) має вид,

$$\left\{ \left[2 \frac{l_j}{V_g} (B_{\text{п}} + E) + n_{i\text{сер}} B_{i\text{пост}} + m_{i\text{сер}} B_{\text{пр}} + \Delta B_{i\text{дод}} + B_g + B_{\text{прост}} + k_i E_{\text{н}} + Q_{\text{пм}} \right] + w_i(l) B_{i\text{нп}} \right\} < \\ < \{ [n_{j\text{сер}} B_{j\text{пост}} + \Delta B_{j\text{дод}} + k_j E_{\text{н}} + Q_{j\text{пм}}] + w_j(l) B_{j\text{нп}} \} \quad (8)$$

Вирішуючи нерівність (8) відносно l_j маємо:

$$l_j < \frac{V_g}{2(B_{\text{п}} + E)} \left\{ [n_j B_{j\text{пост}} - n_{i\text{сер}} B_{i\text{пост}} - m_{i\text{сер}} B_{\text{пр}}] + [\Delta B_{j\text{дод}} - B_g - B_{\text{прост}} - -\Delta B_{i\text{дод}} + E_{\text{н}} [k_j - k_i] + [w_j(l) - w_i(l)] (B_{\text{нп}j} - B_{\text{нп}i}) + [Q_{j\text{пм}} - Q_{i\text{пм}}]] \right\} \\ \cdot (9)$$

Позначивши різницю в питомих витратах у кожної дужки як E_i , маємо остаточно,

$$l_j = \frac{1}{E_4} [E_1 + E_2 + E_3 + \Delta w(l) \Delta B_{\text{нп}} + \Delta Q_{\text{пм}}] \quad (10)$$

У граничному випадку при перетворенні нерівності (8), (9) у рівняння можна визначити $l_{\text{пр}}$ - гранична відстань пересилки тепловоза до центру регенерації оливи з інших депо, [2].

Такий метод організації регенерації олив буде ефективним, якщо тепловози приписки даного депо будуть відставлятися від роботи на планову та непланову зміну оливи у своєму депо (по місцю приписки).

Якщо підемо таким шляхом, то кількість центрів з регенерації буде дорівнюватися кількості основних депо, що призведе до великої кількості центрів на кожній залізниці (до 10-12 центрів). А це вже призведе до низької ефективності регенерації олив з-за великих капітальних вкладень (термін окупності буде рівним біля 15 років) та експлуатаційних витрат.

Крім того, тепловози при руху у напрямку центру будуть зніматися з графіку оберту на закріпленій ділянці, що потребує додаткової кількості тепловозів для заміни знятих з експлуатації. Такі фінансові витрати зроблять регенерацію не рентабельною.

З метою усунення перелічених недоліків розглянемо варіант доставки забруднених олив до центру регенерації автотранспортом (типу бензовозів місткістю 3-5м³), [3].

Відділення (цех або центр) з регенерації дизельних олив включає до себе установки регенерації олив (УРМ-1, УРМ-2, УРМ-3) в залежності від марки олив (типу дизеля або серії теплового) та основних бракувальних показників для залізниці (регіону). Відділення має різні ємності для олив з різними бракувальними параметрами – наявність води, палива (розріджене масло), механічних домішок (підвищення в'язкості), продуктів окислення (порушення оптичної щільності) та інші – для різних марок олив, гідромагістралі з насосами та відповідною арматурою, ємність для відстоювання. Окремо передбачається протипожежне обладнання, заземлення та блискавкозахист споруд центру (рис.1), [4].

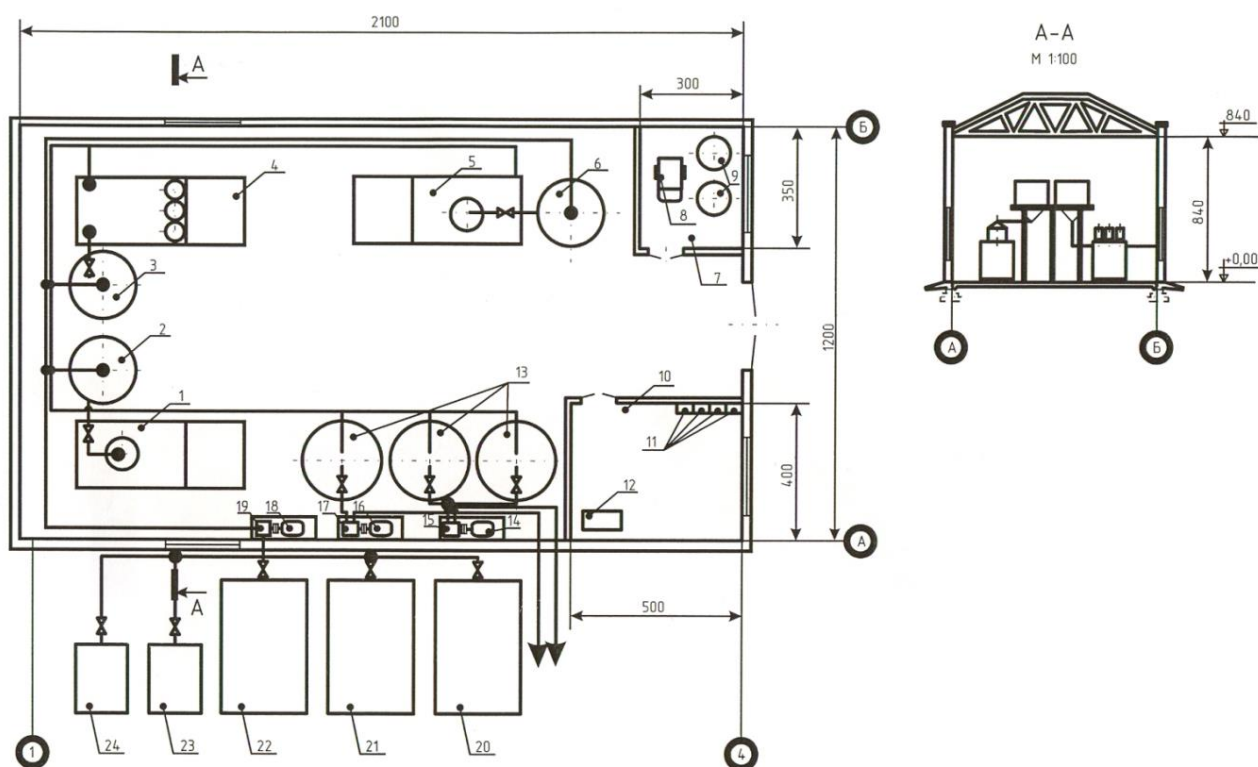


Рисунок 1 – Відділення з регенерації дизельної оливи

1,4,5 - установки відповідно УРМ-1, УРМ-2, УРМ-3; 2,3,6 - ємності для відстоювання оливи; 7 - пожежне відділення; 8 - пересувна установка; 9 - піноутворювачі установки; 10 - побутові приміщення; 11 - шафи для одягу; 12 - стіл; 13 - ємність для очищеної оливи; 14,16,18 - електродвигуни; 15,17 - наноси для викачки оливи відповідно М14Г₂, М14Б; 19 - насос для подачі забрудненої оливи; 20,21,22 - олива М14Г₂ відповідно з підвищеною в'язкістю, з наявністю води; з механічними домішками; 23,24 - олива М14Б з підвищеною в'язкістю та з механічними домішками.

Відповідно з пропонованими технологіями, забруднена олива зливається в приймальну ємність, а потім перекачується в бак – відстойник. В залежності від бракувальних параметрів після відстою оливи подається в ту чи іншу установку для регенерації та гідродинамічного диспергування (в той же установці). Оливорегенераційні установки потрібно очищати, обезводнювати та промивати для підготовки регенерації оливи іншої марки. Тривалість промивки одної установки 1,5-2 години. Продуктивність відділення можливо визначити з такої формули, л,

$$N = V \frac{t_0}{T_{\text{ц}}} t_{\text{зм}} K_{\text{пер}} K_r n \quad (11)$$

де V - продуктивність установки регенерації оливи, л/год.;

t_0 - час подачі та злива оливи з автоцистерни, год.;

$T_{\text{ц}}$ - час циклу роботи установки, год.;

$t_{\text{зм}}$ - середня тривалість зміни (приймаємо 8,0 год.);

$K_{\text{пер}}$ - коефіцієнт переходу від виробничої норми до кошторисної (приймаємо $= 0,75$);

K_r - коефіцієнт використання по часу ($K_r = 0,7$);

n - кількість змін роботи відділення за рік.

Час злива, наповнення та очистки автоцистерн, год.,

$$t_0 = \frac{V_a}{V} K_0 \quad (12)$$

де V_a - ємність пересувної цистерни;

K_0 - кратність очистки цистерни; $K_0=2-3$.

Кількість відділень на залізниці, потрібних для обслуговування закріпленого парку тепловозів,

$$B = \frac{V_p}{N} \quad (13)$$

де V_p - річний обсяг дизельної оливи для регенерації.

$$V_p = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n V_{ia} (n_0 K_0 + n_n K_n) \quad (14)$$

де m - кількість тепловозів;

n - кількість тепловозів однієї тієї серії;

n_0 - кількість регенерацій оливи і-й серії тепловоза за рік;

n_n - кількість зливу та очисток оливної системи тепловоза і –й серії, за рік (приймається $n_0 = n_n$);

K_n - кратність (кількість циклів) регенерації оливи.

$$K_n = \frac{V_{tp}}{V_a} \quad (15)$$

де t_p - час регенерації оливи одного дизеля (1-1,5 м³); $t_p = 6 - 8$ год в залежності від ступеня та виду забруднення.

При визначенні одного відділення на парк експлуатуємих тепловозів залізниці (регіону) потрібна продуктивність установки регенерації оливи (по кожному бракувальному показнику) складе, л/год,

$$V = \frac{T_{\text{ц}} V_p}{t_0 t_{\text{зм}} K_{\text{пер}} K_r n} \quad (16)$$

Час циклу роботи відділення, год,

$$T_{\text{ц}} = t_0 + t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_p \quad (17)$$

де t_1 - час установки тепловоза під злив, наповнення, год;

t_2 - час підготовки установки до роботи;

$t_1 + t_2 \approx 0,3$ год;

t_3 - час промивки оливної системи тепловоза;

t_4 - час від'їзду тепловоза з поста (приймаємо $\approx 0,25$ год);

t_5 - час очищення установки регенерації оливи (від бруду, осаду та інш.)

Кількість пересувних ємностей (автоцистерн) визначається в залежності від річного обсягу відбраковки оливи (або кількості закріплених тепловозів до даного центру), відстані доставки забрудненої оливи до центру та від регеновано у відділенні (центрі). В розрахунках потрібно передбачити вартість забрудненої та свіжої оливи, вартість бензину (або дизельного палива) та інше.

Виконані розрахунки дозволили рекомендувати розміщення 2^x центрів на Південній залізниці (на станції Люботин та Ромодан) та 2^x центрів на Донецькій залізниці (станція Попасна та Ясинувата-Західна). Центри з регенерації оливи розміщаються на вільних площах локомотивних або вагонних депо.

Висновки пропозиції і перспективи розвитку.

Враховуючи вищевикладене, є доцільним створення центру (відділення) з очисти та регенерації дизельної оливи на залізниці та розташування центра, щоб були забезпечені з найменшими витратами на транспортування оливи до центру, збір та збереження.

1. Розроблена модель розміщення центрів регенерації моторної оливи дизелів тепловозів дозволяє зменшити витрати на регенерацію оливи;

2. Визначена кількість центрів регенерації та їх оптимальне розташування на мережі залізниць дозволяє виконати регенерацію потрібної кількості моторної оливи з мінімумом витрат на перевезення, збір та збереження;

3. Застосування центрів регенерації моторних оливи розташованих за розглянутою методикою дозволить покращити енергоефективність використання дизелів тепловозів;

4. Роботи за темою необхідно продовжити у зв'язку початком експлуатації нового рухомого складу тепловозів 2TE133AC, рейковим автобусом 620M, 630M.

Список літератури

1. Бойченко, С.В. Хіммотологія [Текст]: навч.посібник / С.В. Бойченко. [та інш.]. - К.: Книжкове видавництво НАУ, 2006. - 160 с.

2. Розробка технологічних процесів та оснастки для регенерації дизельних масел в умовах депо: Звіт про науково-дослідну роботу : ГР0193U0014274. – Харків: ХарДАЗТ, 1994. – 144с.

3. Руднев К.В., Венцель Е.С., Лысиков Е.Н. Эксплуатационные материалы для строительных и дорожных машин. Учебн.пособие. – К.: ИСИО, 1993. – 236с.

4. Д.С.Жалкін, С.Г.Жалкін. Химмотологія моторних оливі. Конспект лекцій. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – Ч.2. - 53с.

5. Автомобильные эксплуатационные материалы зарубежного производства [Электронный ресурс] - Режим доступа http://vtk34.narod.ru/shevireva_avtmatzarub/intex/htm. - (Дата звернення 15.08.2020).

Котляренко Роман Володимирович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (057) 730-10-16.

Калініченко Максим Олегович, другий (магістерський) рівень навчання, група 212-ЛЛГ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (057) 730-10-16.

Авдєєв Володимир Андрійович, другий (магістерський) рівень навчання, група 212-ЛЛГ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (057) 730-10-16.

науковий керівник Жалкін Сергій Григорович, канд. техн. наук, професор кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (057) 730-10-16 E-mail: zhalkinsg@gmail.com

науковий керівник Анацький Олександр Олександрович, старший викладач кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (057) 730-10-16 E-mail: anatsky@kart.edu.ua

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ АКСІАЛЬНО-ПОРШНЕВИХ
ГІДРОМАШИН ТИПУ МН250/100 ПРИВОДУ ВЕНТИЛЯТОРІВ
ОХОЛОДЖУЮЧОГО ПРИСТРОЮ ТЕПЛОВОЗІВ ТЕП70 НА ОСНОВІ
ТРИБОТЕХНІЧНОГО МЕТОДУ ЕПІЛАМУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ**

*Науковий керівник – старший викладач кафедри експлуатації та
ремонту рухомого складу УкрДУЗТ В.І. Коваленко*

***Анотація.** У роботі на основі аналізу статистичної інформації про відмови гідромашин типу МН250/100, а також аналізу їх конструкції встановлено, що в процесі експлуатації вони працюють не досить надійно з причини підвищеного зносу важконавантажених пар тертя. Обґрунтовано та запропоновано застосування триботехнічного методу епіламування робочих поверхонь деталей пар тертя гідромашин з метою зменшення інтенсивності їх зношення.*

***Ключові слова:** гідромашина, коефіцієнт тертя, епіламування, адсорбція.*

Вступ. Одною з проблем розвитку швидкісного пасажирського руху в Україні є те, що майже вся інфраструктура та рухомий склад залишилися в спадок ще з радянських часів. [1]. Тому вся залізнична галузь України морально застаріла та потребує, оновлення парку пасажирського тягового і моторвагонного рухомого складу сучасними зразками вітчизняного та закордонного виробництва. Зокрема, на перехідному етапі глобального підвищення швидкості пасажирських поїздів в Україні, гостро постає питання істотної модернізації вітчизняних пасажирських локомотивів III покоління, впровадження нових технологій в систему їх ремонту та обслуговування.

Тепловози серії ТЕП 70 є основною серією пасажирських локомотивів, з конструкційною швидкістю 160 км/год, що активно експлуатуються у пасажирському русі на частково електрифікованих або неелектрифікованих ділянках залізниць України.

З усіх несправностей допоміжних систем тепловоза ТЕП 70 вагома частка належить виходу з ладу гідромашин охолоджуючого пристрою дизеля, які чинять прямий вплив на функціональність локомотивної енергетичної установки, а значить і локомотива в цілому. Тому виникає необхідність розроблення заходів щодо підвищення надійності роботи гідромашин в процесі експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема підвищення безвідмовності та збільшення ресурсу гідромашин присвячено достатню кількість наукових робіт та публікацій. Наприклад, в роботах [2, 3], в

основному, розглянуто заходи пов'язані зі зміною конструкції окремих елементів гідромашин аксіально-поршневого типу і спрямовані на зменшення потоку відмов в процесі експлуатації. В роботі [4] підвищення безвідмовності гідромашин досягається застосуванням обробки робочої рідини зовнішнім електростатичним полем. Враховуючи зазначене вище, можна стверджувати, що задача підвищення надійності гідромашин аксіально-поршневого типу є доволі актуальною.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є розроблення технологічних заходів, спрямованих на підвищення надійності роботи аксіально-поршневих гідромашин гідроприводу вентиляторів охолоджуючого пристрою тепловозів ТЕП70, які можуть використовуватися під час відновлення працездатності гідромашин в тому числі в умовах локомотивних депо.

Для досягнення поставленої в роботі мети необхідно вирішити такі задачі:

- 1) Виконати аналіз надійності роботи гідромашин типу МН250/100 гідропривода вентиляторів охолоджуючого пристрою тепловозів;
- 2) На базі аналізу конструкції та умов роботи гідромашин розробити заходи технологічного характеру, спрямовані на зменшення потоку відмов гідромашин в процесі експлуатації;

Основна частина дослідження. На основі методів математичної статистики [5], виконано аналіз статистичного матеріалу про відмови між поточними ремонтами ПР-3 гідромашин МН250/100 гідростатичного приводу вентиляторів охолоджуючого пристрою тепловозів ТЕП70 в умовах полігону експлуатації Південної залізниці. Під спостереженням знаходилося 66 гідромашин, встановлених на 11 тепловозах. Гафічна інтерпретація проведеного аналізу надійності гідромашин приведена на рис. 1, 2.

На рис. 1 приведено графік відмов гідромашин тепловозів ТЕП70 в залежності від причини.

На рис. 2 приведено графік імовірності безвідмовної роботи гідромашин тепловозів ТЕП 70 в залежності від пробігу.

Аналіз діаграми (рис. 1) свідчить про те, що найбільш ненадійними в роботі вузлами гідромашини є :

- з'єднання корпусу блока циліндрів та корпусу веденого (ведучого) валу;
- підшипники;
- шатунно – поршнева група (ШПГ) гідромашин;
- ущільнюючі сальники веденого (ведучого) валу.

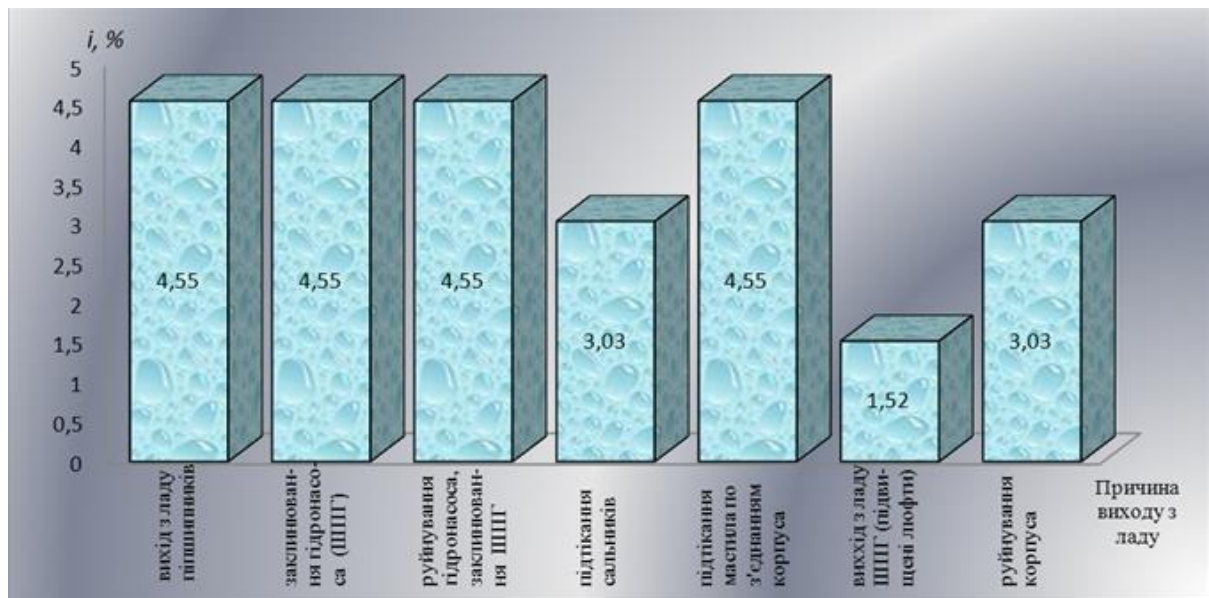


Рис. 1. Діаграма відмов гідромашин тепловозів ТЕП70 в залежності від причини

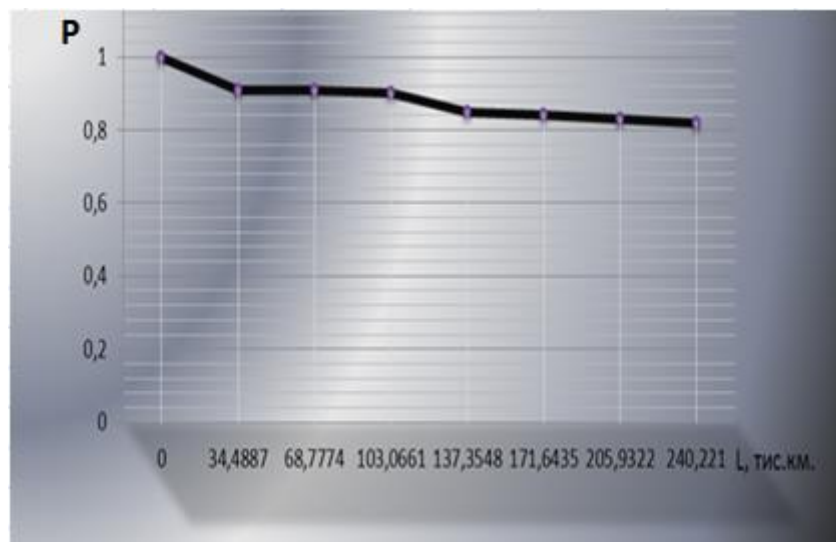


Рис. 2. Графік імовірності безвідмовної роботи гідромашин тепловозів ТЕП 70 в залежності від пробігу

З графіка (рис. 2) видно, що в процесі експлуатації гідромашини працюють не досить надійно так як спостерігається зниження імовірності їх безвідмовної роботи на 18 % .

Очевидно, що надійність гідромашин аксіально-поршневого типу в значній мірі залежить від стану та інтенсивності зносу важконавантажених пар тертя (елементів циліндро-поршневої групи, елементів шатунно-поршневої групи) приведених на рис. 3.



Рис. 3. Елементи циліндро-поршневої групи та шатунно-поршневої групи аксіально-поршневої гідромашини МН250/100

1 – блок циліндрів; 2 – поршень; 3 – шатун; 4 – шайба; 5 – карданний вал;
6 – палець карданного вала

Аналіз досліджень [6, 7] показує, що коефіцієнт тертя є універсальною характеристикою тертя і чинить однозначний вплив на швидкість зношування деталей машин. Якщо виходити з передумови залежності зношування від коефіцієнта тертя, то коефіцієнт тертя визначає ступінь зношування деталей на 55 - 60 %. Інша частина зниження зношування залежить від інших факторів (зниження шорсткості тертьових поверхонь, кращого втримання мастильного матеріалу, кращого захисту поверхні тертя від окислювання й проникнення водню й ін).

Перспективним напрямком зменшення тертя у важконавантажених парах тертя гідромашин МН250/100 є застосування методу епіламування робочих поверхонь деталей вузлів тертя.

Епіламування – спосіб остифікулоного оброблення поверхонь деталей, який полягає у використанні технології нанесення плівок епіламу, що представляють розчини складних поліефірів (перфторполиефірів) карбонових кислот у легколетючих хладачах на робочі поверхні деталей пар тертя.

Епіламування забезпечує:

- значне зменшення коефіцієнта тертя. За даними лабораторних експериментів проведених у дослідженнях [8, 9] коефіцієнт тертя після епіламування зменшився 2,5 рази;

- зменшення шорсткості поверхні за рахунок плівки епіламу, нанесеної на поверхню, заповнює мікрозападини й мікронерівності, формуючи тим найкращу для умов тертя шорсткість (рис. 4)

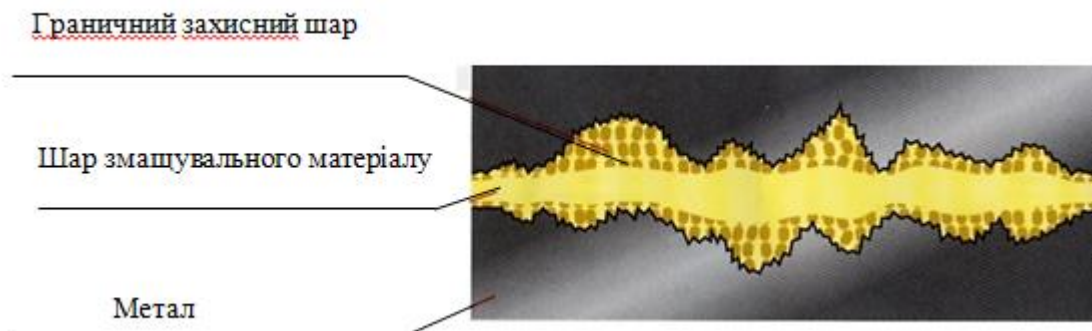


Рис. 4. - Схема вирівнювання мікронерівностей поверхонь пар тертя шаром епіламу

- утримання мастильного матеріалу на поверхнях тертя відбувається за рахунок того, що при епіламуванні формується шар орієнтованих молекул радикально змінюючий енергетичні впливи, поверхні твердого тіла. Молекули ПАР (поверхнево-активної речовини), утворюють структури Ленгмюра у вигляді спіралей з нормально спрямованими до поверхні матеріалу осями (рис. 5). У результаті адсорбції ланцюг полімеру складається з ділянок, які безпосередньо контактують з поверхнею, і витягнутих у розчин петель і хвостів. На рисунку 5 видні хвости, витягнуті в простір, що утворюють петлі 1, які втримують мастильний матеріал 2, що значно зменшує інтенсивність зношення поверхонь деталей у парах тертя.

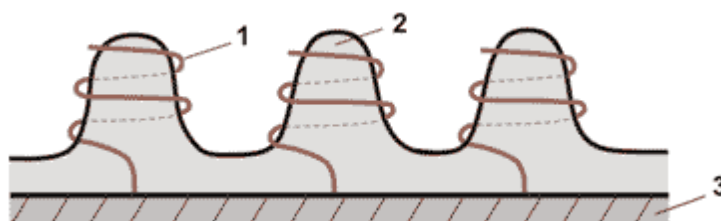


Рис. 5. Фрагмент структури Ленгмюра на поверхні твердого тіла обробленого епіламом

1 – молекули ПАР у вигляді спіралей; 2 – змащувальне середовище;
3 – поверхня твердого тіла

Результати випробувань стандартних зразків на спеціальному стенді типу ASTM-D-4172 (машині тертя) показали зниження інтенсивності зношення епіламованих пар тертя сталь-бронза при нормальних умовах випробувань в середньому на 70 %, (рис. 6).

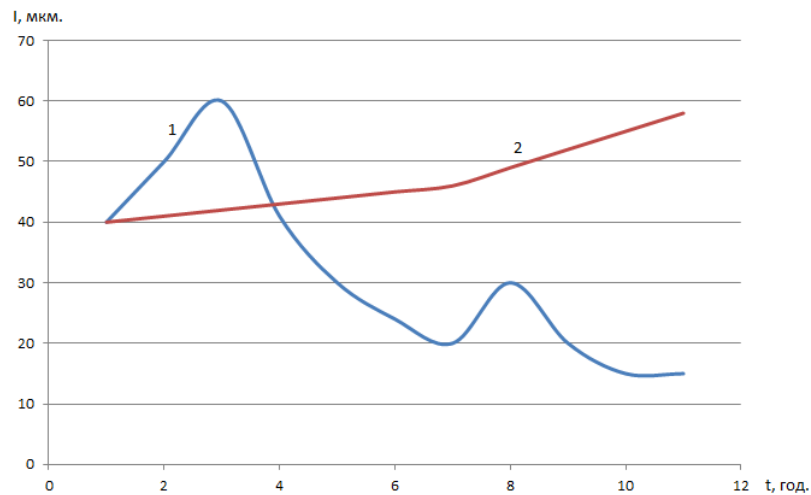


Рис. 6. Інтенсивність зношення деталей пар тертя

1-епіламована поверхня деталі; 2-неепіламована поверхня деталі

Висновки. В результаті виконаної роботи були одержані наступні результати:

1) На основі методів математичної статистики здійснено аналіз надійності гідромашин МН250/100 в процесі експлуатації. Виявлено найбільш ненадійні вузли та деталі гідромашин МН 250/100. Показано, що гідромашини в період між ПР-3 працюють не досить надійно (зниження ймовірності безвідмовної роботи гідромашин складає 0,18);

2) Здійснено аналіз конструкції гідромашин МН250/100 та умов їх експлуатації;

3) Розроблено та запропоновано технологічні заходи підвищення надійності гідромашин в умовах депо. А саме розроблено та запропоновано в умовах депо технологію обробки епілами робочих поверхонь важконавантажених пар тертя гідромашин поршнів, голівок шатунів, циліндрів, поверхонь пальців карданного вала, гумових ущільнень в холодний спосіб з витримкою деталей у ванні з епіламом марки 6СФК-180-05 не менше 16 годин, що зменшить інтенсивність їх зношення в процесі експлуатації та трудомісткість ремонту.

Список літератури

1. Бобир Д.В., Десяк А.Є., Козік Ю.Г. Перспективи розвитку високошвидкісного руху на залізницях України. Локомотив-інформ. 2017. № 3, С. 129-130.

2. Лисіков, Є.М. Підвищення темпу інженерних робіт при виконанні службово-бойових завдань ВВ МВС України шляхом модернізації гідроприводу машин інженерного озброєння. Зб. наук. праць. АВВ МВС України. Харків, 2010. Вип. 2. С. 19-22.

3. Масалов, Р. В. Повышение долговечности аксиально-поршневых насосов строительных и дорожных машин на основе моделирования 32 процессов в плунжерных парах: автореф. дис. канд. техн. наук. Орел, 2005. - 19 с.

4. Лисіков, Є.М. Швидкість зносу спряжень в гідроприводах технічних систем при обробці робочої рідини електростатичним полем. Механіка і машинобудування. 2010. № 1. С. 171-176.

5. Руденко В.М. Математична статистика. Київ. Центр учбової літератури, 2012. 303 с.

6. Гаркунов Д.М. Триботехника. Износ и безызносность. М.: Машиностроение, 2001. 340 с.

7. Гаркунов Д.М. Триботехника (износ, смазка машин, эффект безызносности): Учебное пособие. М.: МИИСП, 1991. 34 с.

8. Харченко М.И. Влияние эпиламинирования и ФАБО на показатели процесса трения образцов. Диагностика, надёжность и ремонт. МГАУ, 2001. 118 с.

9. Potekha V.L. The application of epilamen composition for improvement of tribological characteristics of material surface layers. In. Proceed. Of INTERTRIBO-90, Ceskoslovensko, 1990. 104 p.

Нечепоренко Дмитро Анатолійович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: 0509839140. E-mail: DimassssChoppper@gmail.com

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІСЛЯРЕМОНТНИХ ВИПРОБУВАНЬ ТЕПЛОВОЗІВ

Науковий керівник – старший викладач кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу УкрДУЗТ В. В. Рогаль

Анотація. В роботі проведений аналіз надійності парку локомотивів залізниць України, зокрема тепловозного парку, який показав низьку надійність тепловозів в експлуатації, визначено перелік вузлів, які мають низьку експлуатаційну надійність в наслідок конструкційних недоліків, неправильної експлуатації, незадовільної якості ремонтно-випробувальних робіт чи інших чинників. Виявлено недоліки, що присутні при проведенні випробувань тепловозів після ремонту в пунктах реостатних випробувань у вигляді значних енергозатрат на їх проведення, необхідність затрат висококваліфікованої праці, непродуктивних витрат енергії, що виділяються у вигляді тепла, відсутність можливості контролю вихідної ланки передачі потужності – колісно-моторних блоків. Визначені можливі шляхи і методи їх усунення за рахунок вибору технічних засобів для уникнення зазначених недоліків у проведенні реостатних випробувань.

Ключові слова: тепловоз, післяремонтні випробування, автоматизація випробувань.

Вступ. Серед основних задач діяльності залізниць України, розв'язання яких має сприяти удосконаленню економічної політики держави, посиленню міжнародних зв'язків України є своєчасне і якісне забезпечення пасажирських і вантажних перевезень справним рухомим складом [1].

На сьогодні технічний стан рухомого складу не відповідає сучасним вимогам для транспортної системи XXI століття. Однією з найгостріших проблем залізниць є фізичне та моральне старіння парку тягового рухомого складу.

На даний час відпрацювали встановлений заводами-виробниками нормативний строк служби більше дев'яноста відсотків тепловозів і електровозів. Темпи старіння локомотивного парку залізниць України значно перевищують темпи придбання нових, сучасних зразків тягового рухомого складу внаслідок недостатнього фінансування для відповідного оновлення.

Для часткового вирішення цієї проблеми на залізницях запроваджено обмеження кожної одиниці рухомого складу, яка відпрацювала нормативний встановлений термін служби, і після відповідного висновку наукових установ здійснюється проведення капітально-відновлювального ремонту з подовженням експлуатації на термін від десяти до п'ятнадцяти років [1].

На залізничному транспорті однією з найбільш трудомістких областей є ремонт локомотивів і його пристроїв, у якій зайнято набагато більше людей, ніж у сфері проектування і створення нових одиниць тягового рухомого складу. Зазвичай, за період життєвого циклу локомотива, в середньому витрати на його ремонт перевищують його первісну вартість у вісім разів. Тому підвищення якості ремонту і продуктивності праці, що забезпечують найкращі техніко-економічні показники роботи локомотивного господарства, є не тільки справою досить актуальною і потрібною, але за своїми масштабами – задачею досить важливою.

Впровадження інноваційних заходів у вигляді новітніх діагностичних пристроїв та комплексів відкриє нові можливості удосконалювання системи технічного обслуговування і ремонту локомотивного парку. Так, автоматизація збору й обробки оперативної інформації про фактичний технічний стан кожної одиниці тягового рухомого складу дозволяє, зберігаючи планово-попереджувальний характер системи технічного обслуговування, здійснювати ремонт кожного конкретного локомотива точно і відповідно до його технічного стану, маючи попередньо повні відомості про обсяг майбутніх робіт.

Важливим аспектом покращення роботи локомотивів є забезпечення контрольних операцій, що проводяться після ремонту локомотивів, зокрема тепловозів. Так, для тепловозів дуже важливе значення мають реостатні випробування дизель-генераторних установок (ДГУ), стан котрих безпосередньо справляє вплив на величину витрат паливно-мастильних матеріалів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Діюча система планово-попереджувальних ремонтів локомотивів у нинішньому вигляді не відповідає сучасним вимогам. Така система не враховує кліматичні та експлуатаційні умови полігонів роботи, ступінь зношення тягового рухомого складу (ТРС), інтенсивність його використання, конструктивні особливості кожної серії локомотивів. Цій проблемі присвячено значну частину наукових досліджень, виконаних як вітчизняними так і зарубіжними науковцями. Згідно проведеного аналізу робіт є необхідною активізації робіт по розробці: впровадження бортових і стаціонарних засобів технічного діагностування та алгоритмів їх роботи, освоєння виробництва засобів контролю та діагностування [2, 3]; розробка нормативних документів з корегуванням термінів міжремонтних пробігів та регламентів ремонтних робіт [4, 5]; впровадження сучасних систем обслуговування та ремонту ТРС нового покоління з розробкою відповідної нормативної документації; програм по впровадженню нових перспективних технологічних процесів ремонту ТРС; [6] – технологічних процесів і обладнання; теоретичних основ локомотиворемонтного виробництва в рамках концепції ринкових відносин, вдосконалення механізмів впровадження конкретних технологічних процесів.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є визначення шляхів і вибір технічних засобів для підвищення ефективності

проведення післяремонтних випробувань тепловозів у вигляді реостатних випробувань в умовах локомотивних депо залізничного транспорту.

Завданнями, що передбачають виконання роботи є проведення аналізу надійності парку тепловозів залізниць України, визначення вузлів, які мають низьку експлуатаційну надійність в наслідок конструкційних недоліків, неправильної експлуатації, незадовільної якості ремонтно-випробувальних робіт чи інших чинників. Виявлення недоліків, що присутні при проведенні випробувань тепловозів після ремонту в пунктах реостатних випробувань, визначення шляхів їх усунення, вибір технічних засобів для уникнення можливих недоліків у проведенні реостатних випробувань.

Основна частина дослідження. Аналіз розподілу відмов та пошкоджень за видами обладнання тепловозів (таблиця 1) вказує на значну пошкоджувальність дизельних двигунів та електричного обладнання, частка котрих в загальній кількості відмов сягає більше 70 %.

Таблиця 1

Розподіл несправностей тепловозів по видам обладнання за роками

Вид обладнання	Кількість несправностей обладнання тепловозів (чисельник – на 1 млн. км пробігу, знаменник – відсоток до загальної кількості псувань)				
	2015	2016	2017	2018	2019
Дизель	0,68/38,4	0,64/36,8	0,61/38,0	0,57/36,2	0,53/36,1
Електрообладнання	0,59/33,3	0,65/36,9	0,56/34,7	0,56/35,8	0,55/37,1
Допоміжні машини	0,27/15,4	0,28/15,9	0,25/15,5	0,24/15,0	0,24/16,01
Механічна частина	0,14/7,7	0,10/5,9	0,11/5,5	0,11/7,1	0,10/6,6
Інше обладнання	0,09/5,2	0,08/4,5	0,07/3,3	0,09/5,9	0,06/3,1

Аналіз розподілу причин виникнення несправностей (рис. 1) вказує на недостатню якість виконання робіт з обслуговування, поточних ремонтів а післяремонтних випробувань вузлів тепловозів.

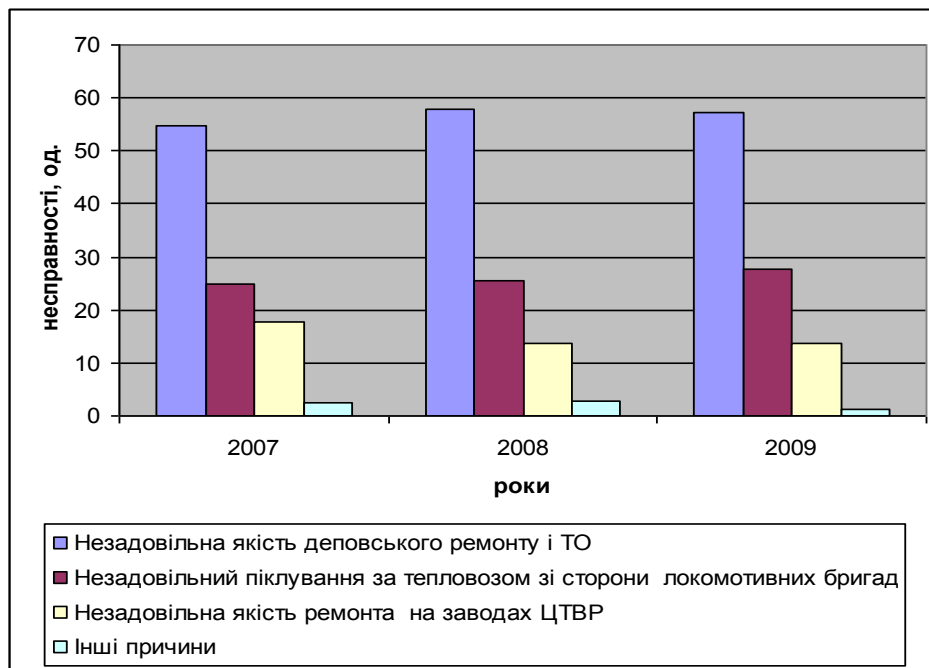


Рис. 1. Діаграма розподілу пошкоджень за причинами виникнення по роках

Серед обладнання, що ремонтується в умовах основних ремонтних локомотивних депо і має значний вплив на надійність роботи тепловозів є дизель, тягові електричні двигуни і електричне обладнання. Тому розглянемо розподіл відмов за причинами виникнення за вузлами дизелів. Дані наведені в таблиці 2, яких спостерігається досить значна пошкоджуваність елементів системи змащення, що пояснюється значною забрудненістю фільтрів, трубопроводів, що в свою чергу викликає пошкодження поршневої групи через недостатність охолодження поршнів та кілець, недостатню подачу до підшипників (шатунних та корінних), а також до редукторів приводу допоміжних механізмів.

Наведені дані вказують на низький рівень надійності тепловозів в експлуатації, що значно погіршує показники їх використання і призводить до затримок в графіку руху поїздів через недостатню кількість експлуатаційного парку тепловозів і через виходи з ладу тепловозів на шляху прямування (на перегонах і проміжних станціях). Така ситуація пояснюється рядом причин. В першу чергу значний вік і рівень зношеності тепловозів. В другу чергу відчувається недостатній рівень виконання ремонту і обслуговування в локомотивних депо, що досить значно зменшує надійність тепловозів. Також слід відзначити недостатні потужності для проведення капітальних і капітально-відновлювальних ремонтів, які частково покладені на локомотивні депо, котрі не розраховані на такі обсяги ремонтів. Також певний вплив на зниження рівня надійності спричиняють дії зі сторони локомотивних бригад, котрі допускають порушення режимів роботи обладнання тепловозів. Незначна частка відмов припадає на конструкційні недоліки та інші умови, що виникають в експлуатації.

Таблиця 2

Розподіл пошкоджень у відсотках від загальних пошкоджень дизелів

Найменування вузлів дизеля	Розподіл пошкоджень у відсотках за роками виявлення				
	2015	2016	2017	2018	2019
1	2	3	4	5	6
Поршнева група, кришки циліндрів та привід клапанів	39,5	41,7	40,8	36,2	32,3
Система охолодження	15,1	12,6	10,7	14,1	17,0
Система змащення	12,5	14,2	15,6	14,9	17,1
Паливна апаратура та механізм регулювання подачі палива	9,0	12,2	10,0	12,7	9,5
Система повітроподачі	7,9	6,2	5,7	-	6,8
Обладнання подачі та фільтрації палива, паливні трубопроводи	6,8	6,9	8,0	7,4	7,5
Колінчасті вали із підшипниками	8,3	6,1	8,6	10,0	9,8
Інші причини	0,9	0,1	0,6	4,7	-

Окрім поглиблення матеріально-технічної бази ремонту локомотивів в частині забезпечення в регламентованих обсягах запасних частин, ремонтних комплектів, матеріалів, технологічного обладнання значну увагу слід приділити питанням післяремонтних перевірок і випробуванням основного обладнання.

Для тепловозів такими є реостатні випробування, які покликані забезпечити комплексну перевірку переважної кількості обладнання на відповідність всіх показників і параметрів, провести припрацювання деталей для зменшення інтенсивності зношування спарених деталей, виконати налагодження систем для їх спільної роботи з метою максимізації коефіцієнта корисної дії тепловоза в цілому. Реостатні випробування є одним із найбільш відповідальних етапів в ремонтному циклі і потребують значних затрат часу, матеріалів, високої кваліфікації персоналу. Тому запровадження інноваційних заходів в цій сфері дозволить підвищити показники використання тепловозного

парку залізниць як в магістральному, так і в маневровому русі, дасть економію у використанні матеріалів, дозволить скоротити час знаходження у ремонті.

Випробування тепловоза є завершальним етапом технологічного процесу ремонту. Випробовують тепловози в стаціонарних і поїзних умовах. Устаткування, що знаходиться в кузові тепловоза, випробовують на спеціальній випробувальній станції в стаціонарних умовах. Випробування екіпажної частини (після виконання ремонтів ПР-1, ПР-2, ПР-3 та КР) проводять обкаткою тепловоза. На випробувальній станції для створення навантаження на тяговий генератор використовується рідинний (водяний) реостат або електромашинний агрегат, що входить в комплект установки з рекуперацією електроенергії. Найбільшого поширення набули реостатні випробування, які проводять на реостатних випробувальних станціях.

Розрізняють реостатні випробування тепловозів двох видів – повні і неповні (контрольні). Повні випробування застосовують при поточних ремонтах ПР-3 і ПР-2, а контрольні – при поточному ремонті ПР-1 і у разі заміни найбільш відповідальних деталей або агрегатів при неплановому ремонті. Повні випробування діляться на два етапи: обкатувальні тривалістю 4 год і здавальні – 1 година.

Обкатувальний етап випробувань призначений для контролю якості виконання монтажно-складальних робіт, попереднього прироблення деталей, що труться, виконання налагоджувальних робіт по всьому устаткуванню тепловоза; здавальний етап – для здачі всього силового устаткування тепловозів, повністю укомплектованого, відрегульованого і перевіреного на всіх режимах. При здавальних випробуваннях не допускається додаткове регулювання дизеля і електроапаратури, а також зупинка і подальший пуск дизеля, за винятком аварійних випадків.

Контрольні випробування проводять при необхідності для перевірки теплових параметрів дизеля, зовнішньої характеристики тягового генератора і регулювання реле переходів.

Враховуючи досвід проведення реостатних випробувань в локомотивних депо, складність перевірки роботи вузлів паливної апаратури та настроювання електричних параметрів роботи дизель генераторної установки для удосконалення процесу реостатних випробувань обрано удосконалення випробувань паливної апаратури та налагодження електричних параметрів роботи дизель генераторної установки.

В частині паливної апаратури пропонується застосування експертної системи на основі нейронної мережі (схема наведена на рис. 2).

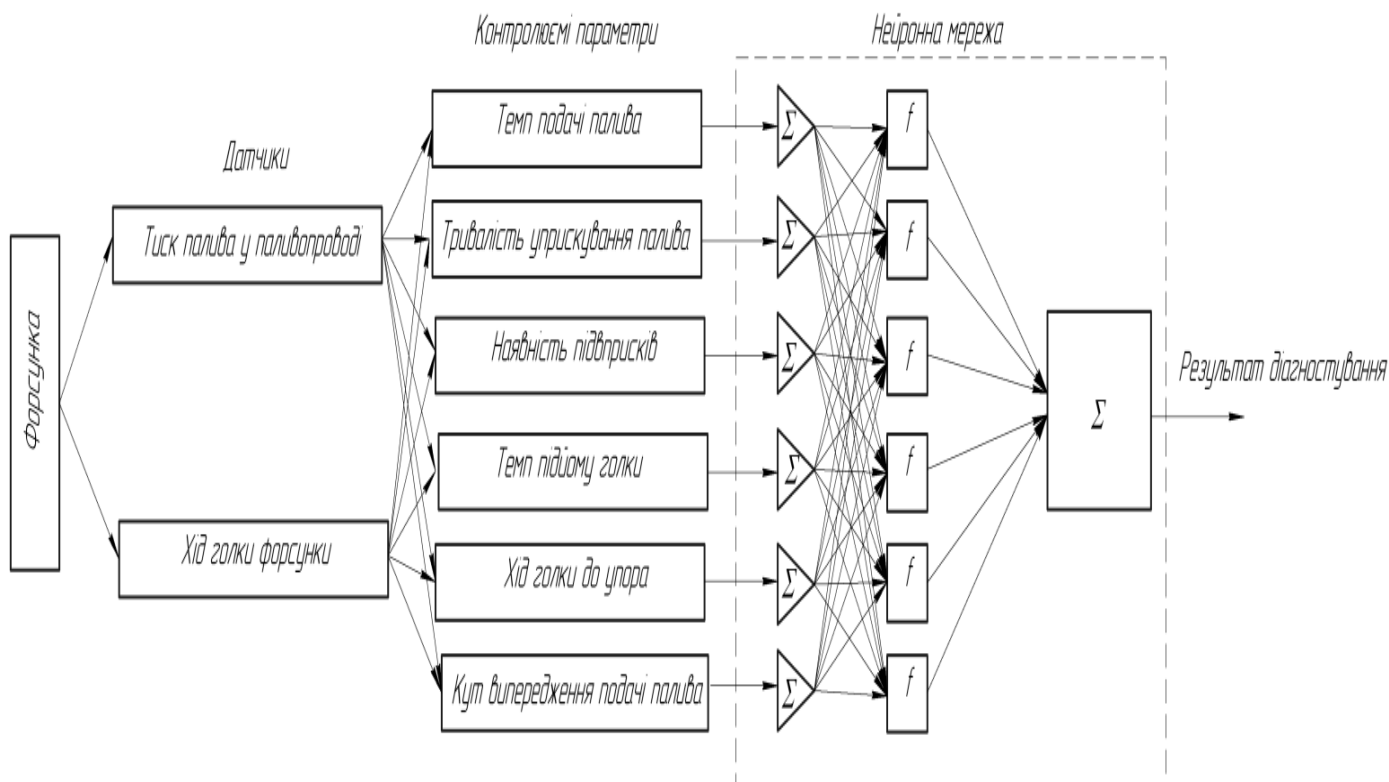


Рис. 2. Нейронна мережа для діагностування елементів паливної апаратури дизелів

Для зменшення незворотних втрат енергоресурсів при виконанні реостатних випробувань пропонується застосування стенду каткового типу (рис. 3). Каткова випробувальна станція призначена для проведення комплексу повних і контрольних випробувань дизель-генераторної установки тепловоза спільно з тяговими двигунами, навантаження яких виконується способом, максимально наближеним до реальних умов експлуатації. Проведення випробувань на даному стенді дозволять отримати максимально достовірні відомості про технічний стан колісно-моторних блоків, обкатаних не тільки окремо в стендових умовах електромашинної дільниці, але і безпосередньо на тепловозі.

Керування процесом випробувань ведеться з поста, обладнаного органами керування, контрольною апаратурою, комп'ютерною технікою для збору та обробки інформації про випробування. З цією метою від тепловоза на позиції випробувань, станції навантаження і стаціонарної системи паливоподачі прокладені лінії зв'язку. Для захисту від впливу атмосферних опадів основна частина станції знаходиться під дахом для забезпечення захисту рівня IP02. Щоб уникнути задимлення піддахового простору, скупчення відпрацьованих газів і зменшення рівня виробничого шуму задіяна установка відведення та очищення вихлопу дизеля.

Контроль за роботою всього електричного обладнання, завдання навантажувальних режимів і інші види випробувань системи і агрегатів тепловоза виконує мікропроцесорний блок управління.

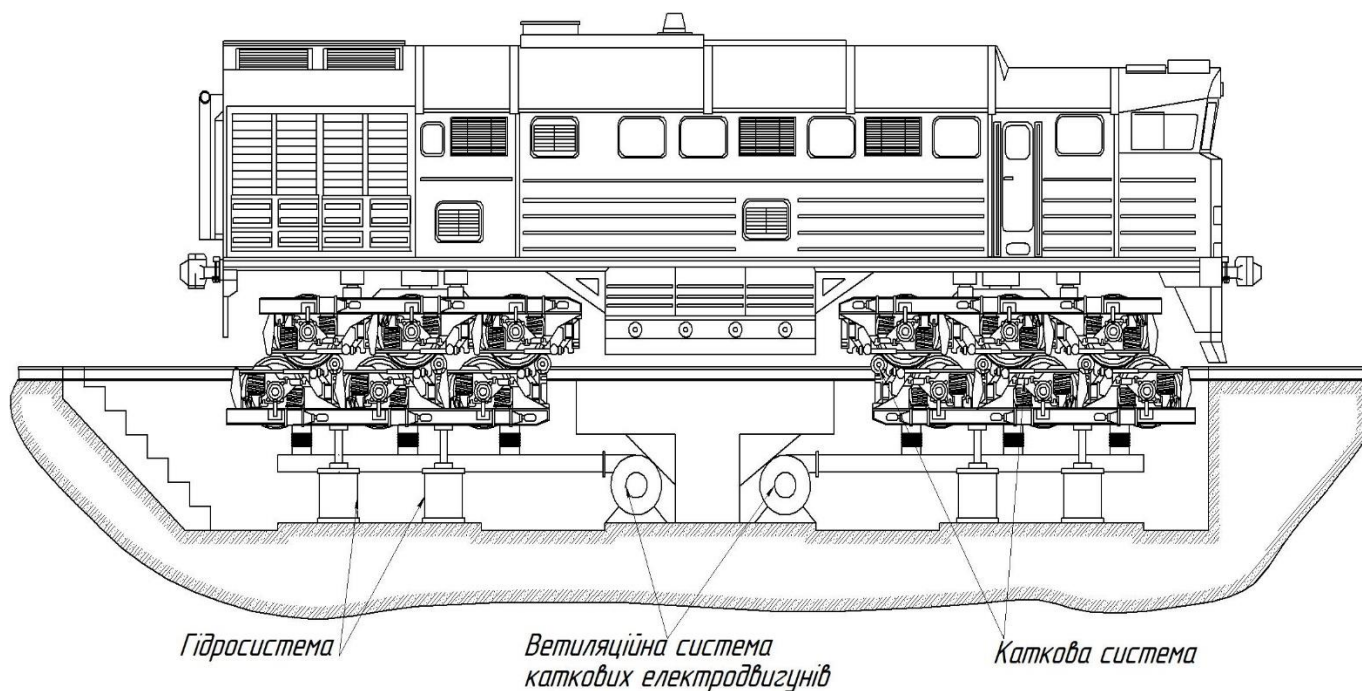


Рис. 3. Розташування секції тепловоза на стенді

Переваги обкатки локомотива на контрольній випробувальній станції депо:

загальні для тепловозів:

- можливість проведення випробувань, максимально наближених до експлуатаційних;
- можливість післяремонтного оцінки працездатності кожного тягового електродвигуна безпосередньо на локомотиві;
- простота створення умов для боксування колісної пари (або кількох) з подальшим визначенням реального коефіцієнт зчеплення і оперативним точним налагодженням реле буксування.
- можливість перевірки працездатності екіпажної частини локомотива при моделюванні руху за допомогою поштовхів і коливань силових рам. Оцінка ефективності гасителів коливань. Перевірка працездатності пристроїв для передачі вертикальних і горизонтальних сил з візків на раму локомотива;
- при переведенні ТТЕД в тяговий режим можливе проведення наступних видів випробувань:

- налаштування електричного гальма локомотива;
- проведення гальмівних випробувань локомотива з притиранням гальмівних колодок до бандажів і перевірка реального коефіцієнта тертя колодок;

- при проведенні каткових випробувань забезпечується штучне старіння поверхонь нових бандажів. На практиці для такої обробки бандажів часто використовують холодну прокатку і (або) наступний тривалий вплив гальмівних колодок;

- всі основні силові кабелі каткової станції укладені стаціонарно, захищені і не вимагають постійного контролю їх цілісності. Забезпечується високий рівень електробезпеки обслуговуючого персоналу;

- при необхідності є можливість перевірки розвішування локомотива по осях.

Додатково можливі переваги:

- проведення комплексного регулювання обладнання тепловоза: дизель, генератора, тягових електродвигунів і всіх допоміжних систем, включаючи електричне і пневматичне гальма;

- визначення з підвищеною точністю натурної і питомої витрати палива, отримання універсальних характеристик дизеля, поєднання їх з зовнішньою характеристикою тягового генератора і зручністю подальшого налаштування.

- відсутність трудомістких операцій попередньої заправки палива.

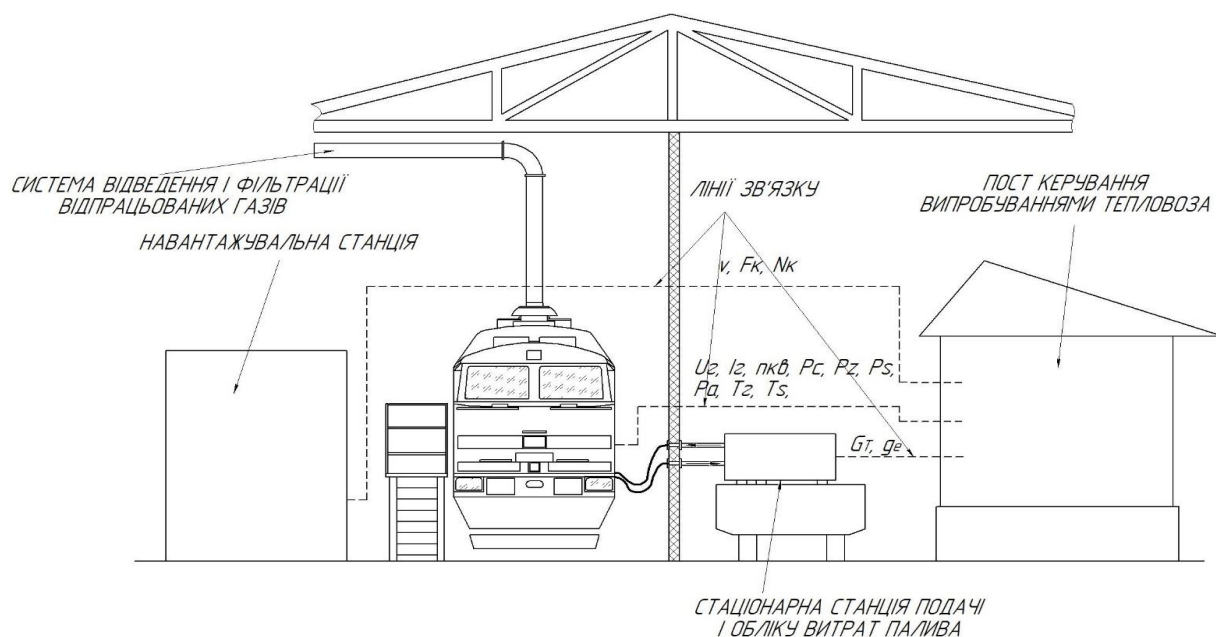


Рис. 4. Загальна компоновка станції реостатних випробувань із катковим стендом

Висновки. В результаті проведених робіт було здійснено наступне:

- аналіз надійності парку локомотивів залізниць України, зокрема тепловозного парку, який показав низьку надійність тепловозів в експлуатації. Як причину низької надійності визначено, в першу чергу, недостатній рівень ремонтного виробництва і недостатність потужностей для капітальних ремонтів магістральних тепловозів;

- визначено перелік вузлів, які мають низьку експлуатаційну надійність в наслідок конструкційних недоліків, неправильної експлуатації, незадовільної

якості ремонтно-випробувальних робіт чи інших чинників. Такими вузлами виявились дизель і, зокрема, циліндро-поршнева група, паливна апаратура, система охолодження та змащення;

- виявлено недоліки, що присутні при проведенні випробувань тепловозів після ремонту в пунктах реостатних випробувань у вигляді значних енергозатрат на їх проведення, необхідність затрат висококваліфікованої праці, непродуктивних витрат енергії, що виділяються у вигляді тепла, відсутність можливості контролю вихідної ланки передачі потужності – колісно-моторних блоків;

- визначені можливі шляхи і методи їх усунення за рахунок вибору технічних засобів для уникнення зазначених недоліків у проведенні реостатних випробувань у вигляді застосування автоматизованого комплексу реостатних випробувань на основі мікропроцесорної обчислювальної техніки, впровадження установок рекуперації електричної енергії в мережу для подальшого її використання.

За підсумками роботи можна зробити висновок, що удосконалення випробувань тепловозів після ремонту підвищить їх надійність та дозволить отримати економічний ефект через скорочення витрат енергоресурсів та зменшення працездатності їх виконання.

Список літератури

1. Бакаєв О.О., Кулік В.В., Славов М.А. Транспортна галузь у системі кругообігу національної економіки // Залізничний транспорт України – 2012. - №2. – с.2-10.

2. Тартаковский Э. Д. Маршрутная технология технического обслуживания локомотивов с применением диагностики. Совершенствование оборудования подвижного состава. Москва: МИИТ. 1992. Вып. 703. С. 30–33

3. Бабанин А. Б. Научные основы совершенствования технологии контроля, диагностирования и материально-технического обеспечения при техническом обслуживании локомотивов. дис. д-ра техн. наук: 05.22.07. Харьков. 2001. 376 с.

4. Капица М. И., Холоша И.В. Рациональная взаимосвязь между затратами на содержание локомотива и его надежностью. Транспорт: збірник наукових праць. Дніпропетровськ. 2001. Вип. 8. С. 62–65.

5. Кузнецов Т. Ф., Крячко В.О., Бобир Д. В. Визначення впливу розсіювання термінів служби деталей та вузлів на систему утримання. Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. Луганськ. 2003. № 9(67). С. 179–182.

6. Аулін Д. О. Удосконалення технічного обслуговування системи паливоподачі тепловозних дизелів : дис. ...канд. техн. наук: 05.22.07. Сєвєродонецьк, 2019. 189 с.

Ковальчук Олександр Олександрович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (099) 414-27-34. E-mail: as.koval4uk@gmail.com

Дзюба О.Г, Золочевський Д.В., Пестєєв М.Є.

ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ТА АПАРАТІВ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Науковий керівник - канд. техн. наук, доцент кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу УкрДУЗТ Д. О. Іванченко, старший викладач кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу УкрДУЗТ О.О. Анацький

Анотація. У роботі розглядаються питання щодо розроблення пропозицій спрямованих на збільшення ресурсу електричних машин та апаратів тягового рухомого складу – за рахунок впровадження новітнього обладнання для проведення обслуговування та ремонту. Також у роботі розглянуто питання надійності електричних машин та обладнання рухомого складу, визначено основні несправності та запропоновано методи ремонту.

Ключові слова: Тяговий рухомий склад, локомотиви, електричні апарати, електричні машини.

Вступ. Парк тягового рухомого складу залізниць України потребує заміни та істотної модернізації, появи нової техніки, яка буде відповідати вимогам сучасності. На даний час йде титанічна робота з підтримки його працездатності і вдосконалення систем і вузлів, успішно впроваджуються нові методи і технології обслуговування та ремонту ТРС. До найбільш навантаженого обладнання тягового рухомого складу (ТРС), з точки зору комплексного впливу теплових, електричних, механічних і кліматичних чинників, належать електричні машини та апарати, тому, незважаючи на профілактичні заходи конструктивно-технологічного характеру, які постійно проводяться при виготовленні і ремонті локомотивів, рівень пошкоджуваності їх в експлуатації знижується недостатньо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При існуючій системі планово-попереджувального ремонту більша частка позапланових ремонтів, пов'язаних з раптовими відмовами доводиться на електричні машини та електричне обладнання. Підвищення надійності електричних машин (у тому числі тягових електродвигунів (ТЕД)) в умовах експлуатації також сприяє зниженню кількості відмов на шляху прямування і незапланованих ремонтів тепловозів.

Значна кількість відмов ТЕД відбувається внаслідок виплавки припою з півників колектору - 13% від загального числа відмов. Цей вид несправностей виникає в результаті того, що двигун завантажується вкрай нерівномірно, що в свою чергу призводить до великих коливань температури якоря електричної

машини. Виникненню випадків відмов ТЕД сприяє підвищений рівень вібрації у вертикальній та горизонтальній площинах.

Переважає кількість дефектів електричного обладнання проявляється після проведення планового технічного обслуговування ТО і ремонт ПР, що становить актуальну проблему експрес-контролю і діагностики зростаючих дефектів обладнання [1,2,3].

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є дослідження шляхів вдосконалення технології обслуговування та ремонту електричних машин та апаратів. Для досягнення даної мети потрібно вирішити наступні завдання:

- запропонувати систему діагностування тягових електродвигунів;
- запропонувати тепловий метод діагностування електричних машин та електрообладнання рухомого складу.

Основна частина дослідження. Надійна та безпечна експлуатація залізничного транспорту значною мірою залежить від надійної роботи електричного обладнання, електричних машин та апаратів, яка визначається якістю і своєчасністю проведення відновлювальних ремонтів.

Оскільки процес проведення технічного обслуговування, як і ремонту, строго регламентовано по часу, вкрай важливо використовувати методи, що дозволяють виконати обстеження за вкрай малий термін з одночасним збереженням якості виконання операцій.

У практиці використання різного роду електродвигунів часто виникає завдання їх діагностики в процесі роботи, в умовах, що не допускають лабораторне дослідження. Така діагностика дозволить зробити висновки про роботу двигуна на місці, без його відключення. До системи, що забезпечує таку діагностику, пред'являється ряд вимог:

- контроль параметрів: частота обертання, температура, споживаний струм і напруга, вібрації;
- можливість автономної роботи від акумулятора;
- мобільність системи, підключення до переносного комп'ютера.

Цим вимогам задовольняють системи, створені на базі програмованих контролерів автоматизації NI CompactFieldPoint або NI CompactRIO, останній відрізняється наявністю ПЛІС [2].

В даній системі в якості контролюючого й керуючого пристрою використовувався програмований контролер автоматизації NationalInstrumentsCompactRIO (рис. 1.) зі знімними модулями вводу-виводу, що дозволяє зробити установку компактної і мобільної, проводити вимірювання в жорстких зовнішніх умовах, а також порівняно легко реконфігурувати систему при необхідності. Контролер реального часу NI cRIO-9002 забезпечує можливість спілкування з будь-яким комп'ютером по інтерфейсу Ethernet або RS-232.



Рис. 1. Діагностичний комплекс NI CompactRIO.

Для дослідження було взято двигун постійного струму з вбудованим тахометром DynamoSlioven. Частота обертання вала - до 3000 об / хв, струм - до 5 А, температура - до 60° С.

Реалізована система контролю включає в себе: вимір температури за допомогою термопари і модуля NI cRIO-9211; вимір частоти обертання валу (контактним і безконтактним датчиком); вимір споживаного струму і напруги (безконтактний датчик струму, модуль NI cRIO-9201); віброакустичний аналіз вібрацій корпусу (Однокоординатний акселерометр, модуль аналогового вивода NI cRIO-9201 або модуль віброакустического аналізу cRIO-9233); управління роботою двигуна за алгоритмом ПІД-регулювання з використанням широтно-імпульсної модуляції (через модуль цифрового виводу NI cRIO-9472 із зовнішнім живленням).

Цю систему можна використовувати також для тестування роботи двигуна на різних частотах обертання валу, керуючи його харчуванням допомогою ШІМ. Дані вимірювань заносяться в базу даних вимірювань. Одночасно дані доступні on-line з будь-якого комп'ютера по Ethernet через web інтерфейс.

Одним із методів діагностики електричного обладнання, що працює під навантаженням, є тепловізійний - це тепловий метод неруйнівного контролю з використанням тепловізорів. Тепловізійний контроль (ТК) дозволяє проводити діагностику вузлів локомотива без відключень, в реальних умовах експлуатації, і безконтактно, що істотно підвищує економічну доцільність, достовірність та безпеку для персоналу.

Так як в даний час на виробництві під час проведення приймально-здавальних випробувань ТЕД відсутні засоби, що дозволяють достовірно оцінити технічний стан з'єднань колекторного півника, рекомендується здійснювати тепловізійний контроль після проходження ремонтів в обсязі ПР-3,

СР і КР не тільки на ТЕД постійного струму, що мають паяне з'єднання колекторного півника з виходами якірної обмотки, але і на ТЕД, у яких даний вид з'єднання виконаний за допомогою зварювання. Оскільки в результаті контакту з виходами обмотки якоря, виконаного за допомогою зварювання, внаслідок впливу експлуатаційних факторів, що знижують надійність ТЕД, також можливе порушення цілісності контакту [4].

Тепловізійний контроль може застосовуватися під час обстеження електричного обладнання локомотивів в експлуатаційних умовах, під час випробувань локомотивів, а також при випробуванні вузлів на спеціалізованих стендах. В останньому випадку тепловізійний контроль виступає як додатковий метод діагностики [5].

Тепловізор дозволяє отримати термограми, на яких виділяються зони підвищеного нагріву – теплові аномалії (рис. 1.). Такі ділянки можуть бути результатом нормальної роботи при підвищеному навантаженні вузла або результатом несправності. Знаходження відповідності рівня несправності вузла та його теплового стану пов'язані з застосуванням певних правил і бракових критеріїв - розпізнавання несправностей.

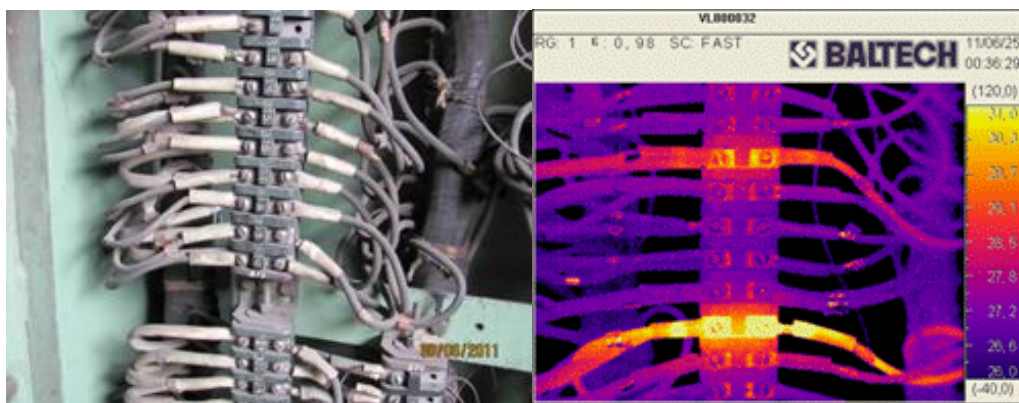


Рис. 2. Клемна рейка. Перегрів окремих контактів.

При розпізнаванні несправностей по тепловізійним результатам діагностики використовують наступні методи:

- 1) визначення рівня надлишкового нагрівання або перевищення заданого рівня температури;
- 2) порівняння нагрівання об'єкта з еталоном або з об'єктом, що працює в аналогічних умовах.

Перший метод застосовується при діагностиці вузлів, що працюють в стаціонарному режимі, при тестових випробуваннях на задане навантаження, при діагностиці ізоляції. Другий - при виявленні несправностей клемних рейок, запобіжників, роз'єднувачів і т.д. [6].

Висновки. Для ефективної системи використання тепловізорів при діагностики вузлів локомотивів необхідно створення процедури проведення тепловізійного контролю. Не завжди ТК може проводитися на працюючому

обладнанні, часто невідома струмове навантаження даного обладнання, час після додатки максимального навантаження і т.п.

Процедура проведення тепловізійного обстеження локомотивів дозволить ефективно використовувати ці пристрої в локомотивних депо і в подальшому своєчасно визначати стан більшості обладнання.

Список літератури

1. Укрзалізниця та машинобудівники озвучили інструменти осучаснення тяги URL: <https://railexpoua.com/novyny/ukrzhalyznytsia-ta-mashynobudivnyky-ozvuchyly-instrumenty-osuchasnennia-tiahy/>

2. Криворудченко В. Ф., Ахмеджанов Р. А. Современные методы технической диагностики и неразрушающего контроля деталей и узлов подвижного состава железнодорожного транспорта ж.-д. трансп. Москва: Маршрут, 2005. 436 с.

3. Andriy Sumtsov, Anatoliy Falendysh, Olha Kletska Thermal imaging diagnostics locomotives *17th International Conference Diagnostics of Machines and Vehicles 2018*. MATEC Web Conferences 182.01004 (2018) (<http://DOI: 10.1051/matecconf/201818201004>).

4. Бурачок Р. Вибір тепловізора для контролю та діагностування теплового стану обладнання тепловоза. Тези 81 студентської наукової-технічної конференції (5 - 7 листопада 2019 р.) Харків: УкрДУЗТ, 2019 - с. 172 – 173

5. Фалендиш А.П., Володарець М.В., Артеменко О.В. Перспективи енергозбереження для електрофікованих транспортних засобів. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. Сєверодонецьк, ПП «Поліграф-сервіс», 2017. №4 (234). С.215 - 218.

6. Тепловізор Baltech TR-0110 URL: <https://prom.ua/ua/p26477345-baltech-0110-zero.html>

.

Дзюба Олег Геннадійович, другий (магістерський) рівень навчання, група 212-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (066)4850401. E-mail: Ekaterinadzuba@gmail.com

Золочевський Денис Вадимович, другий (магістерський) рівень навчання, група 212-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (066)7744317. E-mail: Fidosyzran@gmail.com

Пестерев Михайло Євгенович, другий (магістерський) рівень навчання, група 213-ЛЛГ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (050)2224298. E-mail: m.pesterev1996@gmail.com

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНТРОЛЮ СТАНУ ТА ПІСЛЯРЕМОНТНИХ ПЕРЕВІРОК ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ ДИЗЕЛІВ

Науковий керівник – старший викладач кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу УкрДУЗТ В. В. Рогаль

Анотація. У роботі було проаналізовано перелік вузлів, які мають низьку експлуатаційну надійність, серед яких виділені елементи паливної апаратури, як такі, що справляють значний вплив на теплотехнічний стан тепловозів, виявлено недоліки технології при проведенні перевірки стану та випробуваннях паливної апаратури після ремонту у вигляді значних затрат висококваліфікованої праці, впливу людського чинника на процеси ремонту, перевірок та випробувань деталей, вузлів, відсутності автоматизації процесів контролю і перевірки стану, визначені можливі шляхи і методи усунення виявлених недоліків за рахунок вибору технічних засобів на основі мікропроцесорних програмованих пристроях на етапах ремонту і післяремонтних випробувань, наведені можливі варіанти розвитку системи контролю і діагностування паливної апаратури.

Ключові слова: тепловоз, паливна система, надійність паливної апаратури.

Вступ. Залізничний транспорт, котрий складає основу транспортної системи України, є однією із важливих базових галузей економіки, забезпечує внутрішні та зовнішні транспортно-економічні зв'язки і потреби населення в перевезенні. Основною задачею транспорту є своєчасне, якісне і повне задоволення потреб клієнтури, народного господарства та населення. В цьому вагому роль відіграє стан залізничного комплексу України, який зараз характеризується помітним старінням основних фондів. Тому технічне переоснащення цих фондів та якісне відновлення ремонтного виробництва сьогодні є одним із найважливіших завдань залізничного транспорту.

У локомотивному господарстві залізниць на протязі багатьох десятиліть використовується та удосконалюється система планово-попереджувального ремонту рухомого складу, тобто система виконання ремонту з нормативною періодичністю та регламентованим складом основних ремонтних робіт. При цьому використовується єдина технологія та організація виконання технічного обслуговування та поточного ремонту тягового рухомого складу. Система керування ремонтною базою локомотивного господарства (її трудовими та матеріальними ресурсами), характеристики ремонтних підрозділів депо відповідають системі планово-попереджувального ремонту. Виходячи з прогнозованого пробігу експлуатованого парку тягового рухомого складу,

визначається програма технічного обслуговування та поточного ремонту, нормуються та плануються трудозатрати, контингент ремонтників, витрата матеріалів та запасних частин, собівартість. Регламентується технічне оснащення депо, яке повинно відповідати Правилам ремонту, інструкціям, встановленим технологічним процесам.

Діюча система планово-попереджувального ремонту орієнтована на середній рівень технічного стану тягового рухомого складу. У порядку її удосконалення регулярно встановлюються перелік видів ремонту та середньомережеві норми міжремонтних періодів для кожної серії тягового рухомого складу. На їх основі залізницями встановлюються диференційовані норми для депо з врахуванням умов експлуатації та ремонту.

Враховуючи розвиток технічних засобів, заснованих на цифрових технологіях обробки інформації, слід забезпечити удосконалення організації та технології ремонтної бази локомотивів. В першу чергу це повинно торкнутись питань, пов'язаних із забезпеченням безпеки руху, а також заходів із економії паливно-енергетичних ресурсів, що затрачаються на роботу локомотивів, особливо – тепловозів.

Актуальність обраного напрямку полягає в тому, що удосконалення технології контролю ремонту елементів паливної апаратури тепловозних дизелів сприятиме підвищенню паливної економічності, що є одним із основних резервів економії затрат на експлуатацію локомотивів магістрального і промислового залізничного транспорту. Важливим аспектом в підвищенні надійності і економічності роботи паливної апаратури дизелів є удосконалення технології її ремонту і випробувань, оскільки робота її відбувається при значних температурних і механічних перевантаженнях. Застосування стендового обладнання для контролю стану паливної апаратури дозволяє скоротити час на проведення контрольних процедур, а також сприяє вивільненню персоналу із відповідальних операцій, які не допускають абсолютний вплив людського чинника і, відповідно, внесення значної похибки в процес контролю параметрів. Попри низьку паливну економічність невідповідність у параметрах роботи паливної апаратури викликає значні перенапруження (теплові і механічні) на базові вузли дизелів (циліндри, поршні, шатуни, колінчасті вузли), вихід з ладу яких веде до високовартісного ремонту і, навіть, до необхідності відбракування базових елементів з причини їх невідповідності технічним характеристикам.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Діюча система планово-попереджувальних ремонтів локомотивів у нинішньому вигляді не відповідає сучасним вимогам. Така система не враховує кліматичні та експлуатаційні умови полігонів роботи, ступінь зношення тягового рухомого складу (ТРС), інтенсивність його використання, конструктивні особливості кожної серії локомотивів. Цій проблемі присвячено значну частину наукових досліджень, виконаних як вітчизняними так і зарубіжними науковцями. Згідно проведеного аналізу робіт є необхідною активізації робіт по розробці: – впровадження бортових і стаціонарних засобів технічного діагностування та алгоритмів їх

роботи, освоєння виробництва засобів контролю та діагностування [1-3]; розробка нормативних документів з корегуванням термінів міжремонтних пробігів та регламентів ремонтних робіт [4, 5]; впровадження сучасних систем обслуговування та ремонту ТРС нового покоління з розробкою відповідної нормативної документації; програм по впровадженню нових перспективних технологічних процесів ремонту ТРС; [6] – технологічних процесів і обладнання; – теоретичних основ локомотиворемонтного виробництва в рамках концепції ринкових відносин, вдосконалення механізмів впровадження конкретних технологічних процесів [7, 8].

Визначення мети та завдання дослідження. Мета проведення досліджень в напрямку удосконалення контролю стану параметрів елементів паливної апаратури полягає у виявленні напрямків та визначенні номенклатури технічних засобів в основу роботи яких закладено алгоритми контролю параметрів паливної апаратури, що дають змогу діагностувати її несправності на якомога ранніх стадіях розвитку дефектів деталей без зняття з дизельного двигуна (контроль в експлуатації) чи без розбирання (контроль в процесі ремонту).

Для досягнення мети необхідно виконати наступні етапи робіт:

аналіз надійності тепловозів в експлуатації, визначення вузлів, що мають порівняно велику кількість виходів з ладу, виявлення причин низької надійності, визначення ступеня впливу надійності цих вузлів на експлуатаційні показники роботи тепловозів;

виявлення недоліків існуючої технології у контролі параметрів елементів паливної апаратури дизелів тепловозів, формування підходів щодо їх усунення;

підбір технічних засобів, що пропонуються науковими та виробничими структурами для удосконалення технології контролю роботи паливної апаратури;

визначення можливих напрямків подальшого розвитку пристроїв контролю стану елементів паливної апаратури тепловозних дизелів.

Основна частина дослідження. Проведений аналіз розподілу пошкоджень тепловозів за видами обладнання (рис. 1), показав, що значна частина робіт припадає на дизель, зокрема на систему паливоподачі.

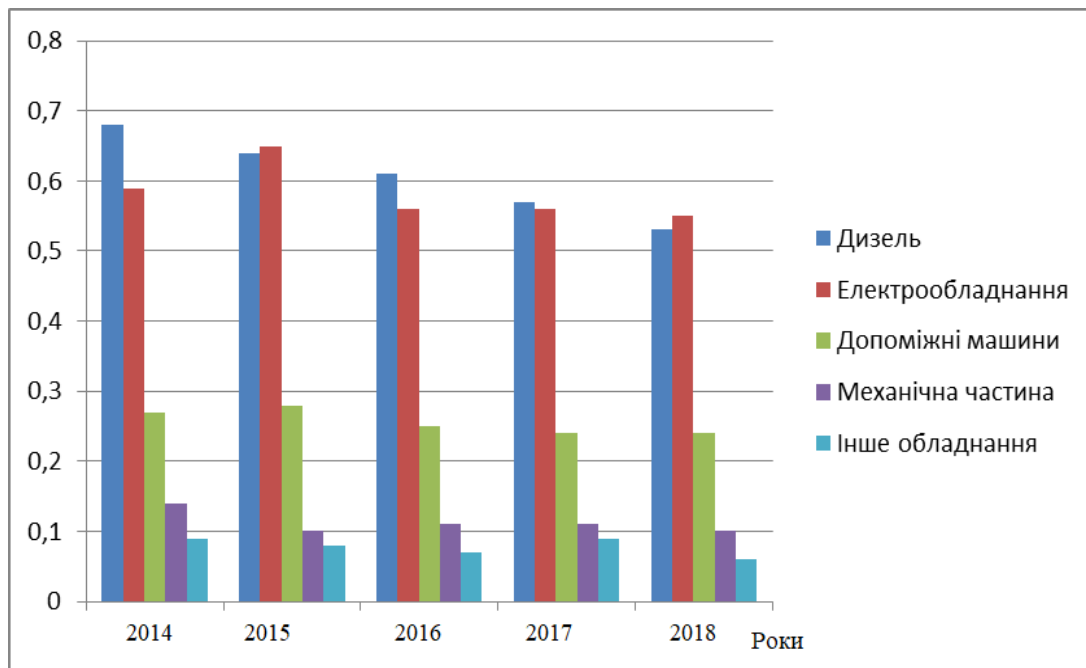


Рис. 1. Розподіл частки пошкоджень тепловозів за видами обладнання по роках на 1 млн. км пробігу

Отримання і підтримка в експлуатації оптимальних і стабільних параметрів подачі палива – одна з головних умов, що забезпечує економічну і надійну роботу тепловозних дизелів, підвищення ефективності використання тепловозів. Інтенсивність відмов елементів паливоподачі за зареєстрованими випадками псування і непланових ремонтів в середньому становить близько 20 % всіх відмов по дизелю. Такий стан потребує подальшого вдосконалення в рівній мірі як конструкції окремих вузлів, так і системи та періодичності їх ТО та ПР, а також створення нових технологій обслуговування та ремонту на основі діагностичної інформації та застосування мікропроцесорних засобів її обробки.

Аналіз умов роботи елементів паливної апаратури, а також оцінка їх надійності вказує на суттєвий вплив стану паливної апаратури на вузли дизеля у вигляді зменшення їх ресурсу, а також на суттєве зниження ефективності роботи тепловоза через зменшення потужності.

Відповідно до вимог [9, 10] система паливоподачі тепловозного дизеля повинна забезпечувати:

- ефективне протікання робочого процесу в циліндрі;
- забезпечення заданих умов роботи тепловозного дизеля;
- дозування палива відповідно із заданим режимом роботи дизеля і тепловоза в цілому;
- необхідну якість розпилювання і необхідний розподіл палива по камері згоряння;
- отримання оптимальних характеристик і фаз впорскування на всіх режимах роботи;

- однакову подачу палива у всіх циклах і в усі циліндри дизеля за фазою і кількістю подачі;
- довговічну роботу без зміни початкових регулювань і помітних зношувань;
- придатність до контролю стану і ремонту відповідно із заданими конструкторсько-технологічними документами.

Параметри розпилювання – середній діаметр крапель (дисперсність), туманоподібність і глибина поширення факела розпиленого палива, від яких залежить якість протікання робочого процесу в циліндрах дизеля, в свою чергу, залежать не тільки від геометричних розмірів розпилюючих отворів, але також від чистоти їх обробки, наявності гострих країв та наявності відкладень, викликаних нагарами.

Для отримання достатньо достовірних результатів між незалежними (вхідними) і залежними (вихідними) параметрами роботи паливної апаратури дизелів слід застосовувати квадратичну залежність (рівняння другого порядку). В першому наближенні воно має вигляд

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i < j}}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{is} x_i^2, \quad (1)$$

де k – кількість діючих чинників, що розглядаються як діючі на параметри і якість паливоподачі;

b_0, b_i, b_{ij}, b_{is} – постійні коефіцієнти регресії, що окремо враховують вплив кожного чинника.

Отримання шуканих величин проводиться на основі експериментальних даних, які в даний час збираються в умовах лабораторії кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу (УкрДУЗТ) на автоматизованому стенді випробування паливної апаратури рис.2. Даний стенд застосовує мікропроцесорну систему обробки даних, отриманих від датчиків в ході перевірки.

Даний стенд виконує діагностування роботи паливної апаратури дизеля оцінюючи хід голки форсунки, та зміну тиску в паливоподаючій трубці. На основі цих параметрів система дозволяє визначити.

кут випередження уприскування палива по ПНВТ;

хід голки форсунки;

параметри вприскування палива (температура подачі палива, тривалість уприскування, наявність підвприскувань).

Реєстрація параметрів паливної апаратури при проведенні випробувань зображена на рис. 3.

Одним з перспективних напрямків підвищення ефективності систем діагностування і технічного контролю є використання нейронних мереж. Алгоритм параметричного діагностування паливної форсунки засновано на

порівнянні математичної моделі конкретної форсунки з моделлю еталонної форсунки, тобто перевірки співставлення параметрів досліджуваної форсунки допустимим межах розсіювання значень цих параметрів. Вхід будь якого з параметрів форсунки встановленим межах свідчить про виникнення відмови. Схема пропонованого методу діагностування паливної форсунки приведена на рис. 4.

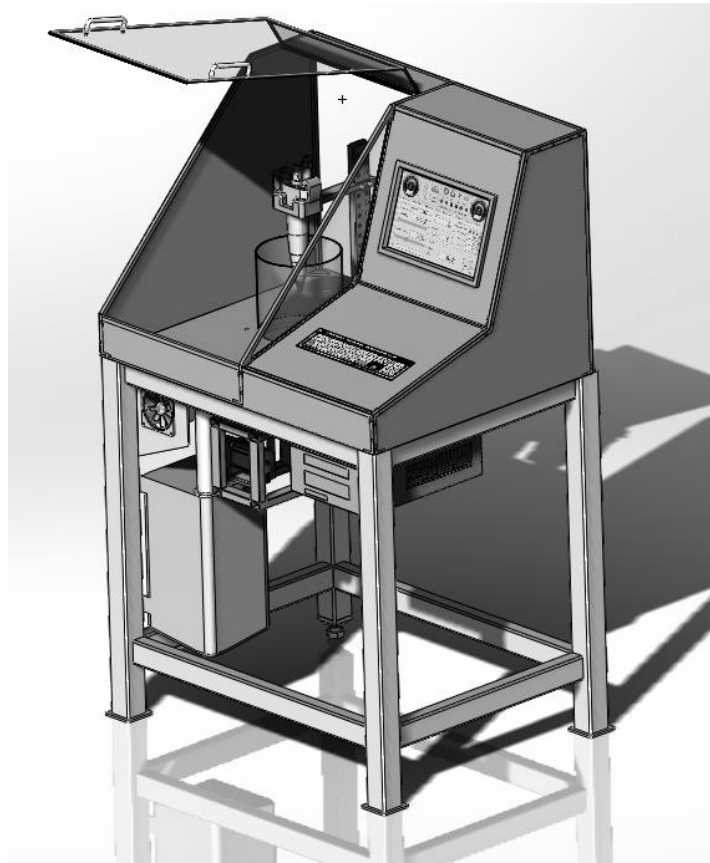


Рис.2. Загальний вигляд стенда для перевірки паливної апаратури

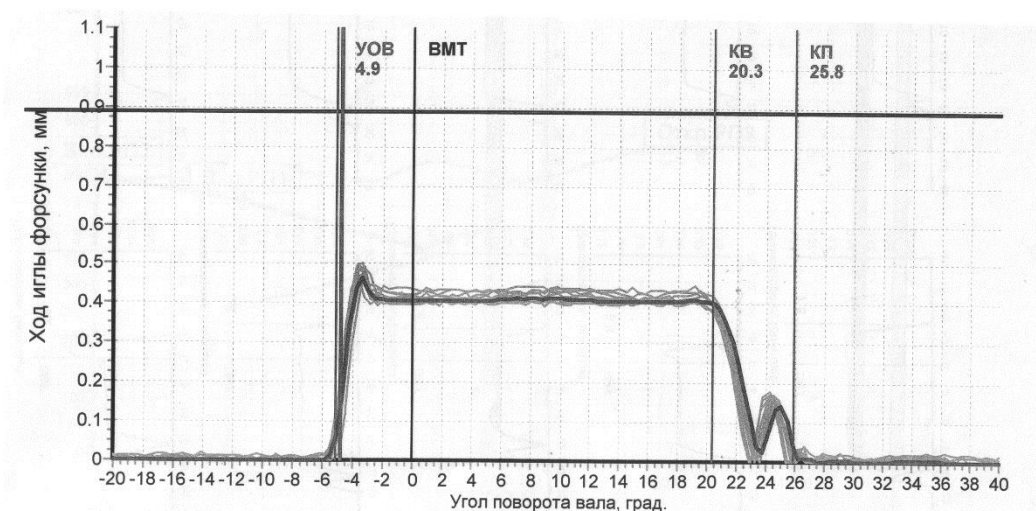


Рис. 3 – Результати діагностування ходу голки форсунки

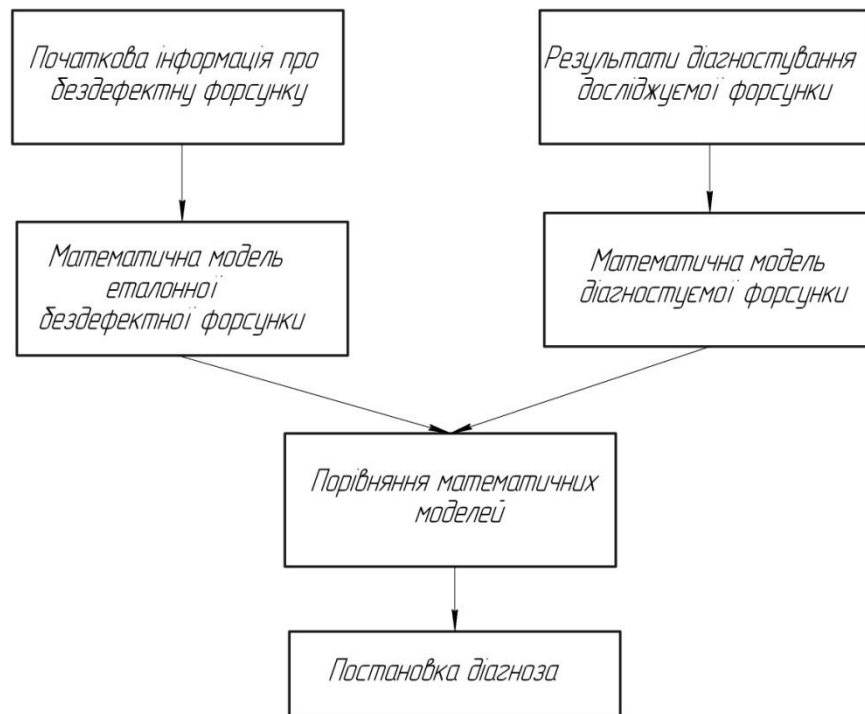


Рис. 4. Схема методу діагностування паливної форсунки

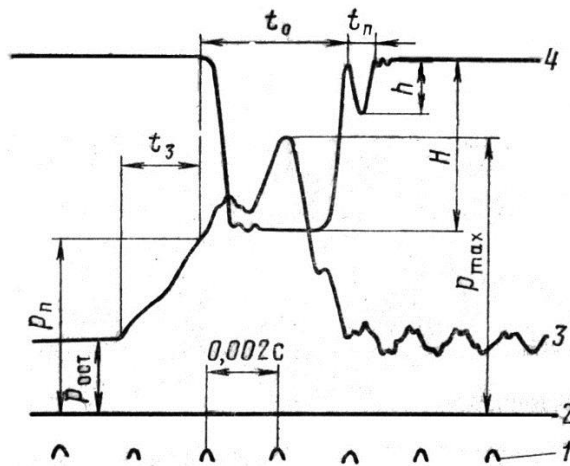
Для створення математичної моделі еталонної форсунки необхідно виконати перетворення залежностей наведених на рисунку 4.16 в табличну функцію з координатними які відповідають значенню величини переміщення голки в залежності від часу початку збільшення тиску.

Найпростішою реалізацією математичної моделі для діагностування роботи паливної форсунки може бути одношарова нейронна мережа схема якої приведена на рис. 5.

Основу такої нейронної мережі складають однотипні елементи – штучні нейрони. На вхід кожного з нейрону поступає набір з n_1 ознак стану паливної форсунки, що належить множині $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$.

Кожен сигнал який потрапляє на вхід нейрона помножується на відповідний ваговий коефіцієнт з множини $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ і далі підсумовується з іншими. Поточний стан нейрона може бути описаний залежністю

$$S = \sum_{i=1}^n X_i W_i \quad (2)$$



1 – відмітка часу, 2 – вісь ординат, 3 – тиск палива в нагнітальному трубопроводі, 4 – підйом голки форсунки.

Рис. 5. Осцилограма роботи еталонної паливної форсунки

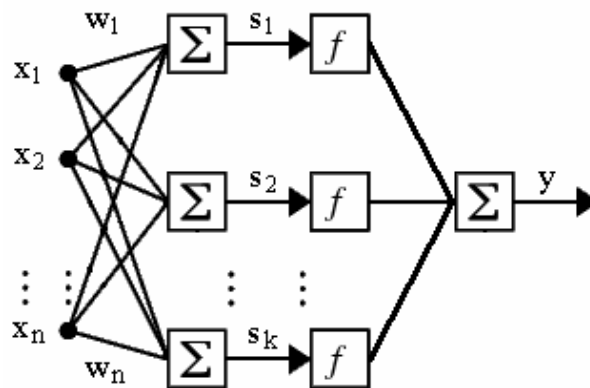


Рис. 6. Схема одношарової нейронної мережі (персептрон)

Вихід нейрона є функцією від стану форсунки

$$Y=f(S) \quad (3)$$

Для визначення коефіцієнтів з множини $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ необхідно виконати навчання нейронної мережі. Для навчання нейронної мережі найкраще в задачах діагностування використати метод зворотного поширення помилки.

Допустимо, що вектор X є образом розпізнаваної демонстраційної карти. Кожна компонента (квадрат) $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ множиться на відповідну компоненту вектора ваги $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$. Результати цих множень сумуються. Якщо сума перевищує поріг P , то вихід нейрона Y рівний одиниці (індикатор запалюється), інакше він - нуль. Як відомо, ця операція компактно записується у векторній формі як $Y = X \cdot W$, а після неї слідує порогова операція. Для навчання мережі образ X подається на вхід і обчислюється вихід Y . Якщо Y правильний, то нічого не змінюється. Проте якщо вихід неправильний, то вага,

надана кожному з входів, що підсилює помилковий результат, для цього вага кожного входу змінюється, щоб зменшити помилку. Щоб побачити, як це здійснюється, допустимо, що демонстраційна карта з цифрою 3 подана на вхід і вихід Y рівний 1 (показуючи непарність). Оскільки це правильна відповідь, то вага не змінюється. Якщо, проте, на вхід подається карта з номером 4 і вихід Y рівний одиниці (непарний), то вага, яка відповідає до одиничним виходам, повинна бути зменшена, оскільки вони прагнуть дати невірний результат. Аналогічно, якщо карта з номером 3 дає нульовий вихід, то ваги, приєднані до одиничних входів, повинні бути збільшені, щоб скоректувати помилку.

Важливе узагальнення алгоритму навчання персептрона, називають правилом дельти, переносить цей метод на безперервні входи і виходи. Тобто алгоритми навчання персептрона може бути сформульовані в узагальненій формі за допомогою введення величини *delta*, яка рівна різниці між необхідним або цільовим виходом T і реальним виходом Y .

Висновки. В результаті проведених робіт було отримано наступне:

Проаналізована надійність роботи тепловозів в цілому і їх обладнання зокрема.

Виявлена низька надійність паливної апаратури, стан якої безпосередньо впливає на експлуатаційні характеристики тепловозів.

Проаналізовані роботи, що досліджують зазначену проблематику.

Запропоновано обладнання для підвищення рівня технологічності при ремонті і післяремонтних перевірках паливних форсунок.

Розглянута можливість удосконалення методів діагностування паливної апаратури на основі нейронної мережі.

За підсумками роботи можна зробити висновок, що удосконалення контролю стану і післяремонтних перевірок паливної апаратури тепловозних дизелів дозволить покращити експлуатаційні характеристики тепловозів через їх економічність, підвищення міжремонтних пробігів, покращення кількісних і якісних показників роботи тепловозного парку.

Список літератури

1. Тартаковский Э. Д. Маршрутная технология технического обслуживания локомотивов с применением диагностики. Совершенствование оборудования подвижного состава. Москва: МИИТ. 1992. Вып. 703. С. 30–33

2. Бабанин А. Б. Научные основы совершенствования технологии контроля, диагностирования и материально-технического обеспечения при техническом обслуживании локомотивов. дис. д-ра техн. наук: 05.22.07. Харьков. 2001. 376 с.

3. Игин В. Н. Анализ структуры и прогнозирования распределения локомотивного парка в зависимости от «возраста» и технического состояния. автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.07. Москва. 1986. 25 с.

4. Капица М. И., Холоша И.В. Рациональная взаимосвязь между затратами на содержание локомотива и его надежностью. Транспорт: збірник наукових праць. Дніпропетровськ. 2001. Вип. 8. С. 62–65.
5. Кузнецов Т. Ф., Крячко В.О., Бобир Д. В. Визначення впливу розсіювання термінів служби деталей та вузлів на систему утримання. Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. Луганськ. 2003. № 9(67). С. 179–182.
6. Теснер П.А.. Образование углерода из углеводородов газовой фазы. Москва: Химия. 1972. 136 с.
7. Nierich G. Анализ надежности локомотивного парка железных дорог Германии. Ein Top-Thema: Verringerte Storanfalligkeit der Triebfahrzeuge. Deine Bahn. 1996. 24, № 4. P. 232–235.
8. Kuhardt P.F. Einsatz des Prozeßsteuerungs und Informationssystem für die Instandhaltung PRINZIP Inspektions und Wartungsplanung. Deine Bahn. 1999. № 4. P. 232–236
9. Грехов Л. В., Иващенко Н. А., Марков В. А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей. Москва: Легион-Автодата. 2005. 344 с.
10. Монтгомери Д. К. Планирование эксперимента и анализ данных: пер. с англ. Ленинград: Судостроение. 1980. 384 с.
11. Зедгинидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. М.: Наука. 1976. 390 с.
12. Володин А.И., Хуторянский Н.М. Расход топлива и электроэнергии в поездной работе локомотивов. Ж.-д. транспорт. 1982. №4. С. 55 -58.
13. Аулін Д. О. Удосконалення технічного обслуговування системи паливоподачі тепловозних дизелів : дис. ...канд. техн. наук: 05.22.07. Сєвєродонецьк, 2019. 189 с.

Сандула Олександр Сергійович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (096) 500-89-48. E-mail: sssandula@gmail.com

ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОННОГО УПРАВЛІННЯ ПАЛИВОПОДАЧІ, ВСТАНОВЛЕНОЇ НА ТЕПЛОВІЗ ЧМЕЗ

Науковий керівник – докт. техн. наук, проф. кафедри експлуатація та ремонт рухомого складу УкрДУЗТ Д.С. Жалкін

Анотація. Одним з основних показників роботи дизельних двигунів тепловозів є паливна економічність, яка характеризується витратою палива або ефективним ККД двигуна. Складність проблеми зниження експлуатаційної витрати палива обумовлена багаторежимністю двигунів маневрових тепловозів. Ця проблема може бути вирішена шляхом установки на двигун електронної системи управління впорскування палива (ЕСУВТ.01). Показано, що установка ЕСУВТ.01 на тепловозі ЧМЕЗ забезпечує зниження експлуатаційної витрати палива на 8 ... 11%..

Ключові слова: тепловоз, дизель, електронна система управління впорскування палива, витрата палива, ефективний ККД.

Вступ. У статті проведені розрахунково-експериментальні дослідження системи електронного управління паливоподачі типу ЕСУВТ.01. для тепловозного дизеля типу К6S310DR. Розрахункова частина роботи включала розрахунок процесу подачі палива досліджуваного дизеля зі штатною і дослідною системами подачі палива, розрахункові дослідження робочого процесу цього дизеля з зазначеними системами подачі палива, а також аналітичні дослідження самої системи електронного управління паливоподачі. Але остаточний висновок про працездатність і ефективність розробленої системи електронного управління паливоподачі можна зробити тільки за результатами проведеного комплексу експериментальних досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Опрацюванню теоретичних і практичних питань, пов'язаних з системами електронного управління паливоподачею присвячене багато робіт. Значний внесок у вирішення проблеми внесли вчені і фахівці ВНІЖТу, ДІІТу, УкрДУЗТу, ОмГУПС і ряду інших організацій.

Реалізувати гнучке управління паливоподачею в залежності від частоти обертання колінчастого вала з оптимальним вибором кута випередження впорскування палива в робочому діапазоні навантажень дизеля дозволяє паливна апаратура з електронною системою керування впорскування палива. Такими електронними системами оснащується паливна апаратура акумуляторного типу - системи Common-Rail фірми R. Bosch, і апаратура розділеного типу, в якій паливний насос високого тиску подає паливо до

форсунок через нагнітальні газопроводи [2-4]. До дизельної паливної апаратури розділеного типу відноситься система типу ЕСУВТ.01, яка встановлюється на дизелях типу Д50 [4] і придатна для встановлення на інших дизелях.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є поліпшення експлуатаційно-технічних характеристик дизель-генераторів тепловозів шляхом створення і вдосконалення систем електронного управління.

Основна частина дослідження. У роботі проведені розрахунково-експериментальні дослідження системи електронного управління паливоподачі типу ЕСУВТ.01. для тепловозного дизеля типу К6С310DR, а також для аналогічних тепловозних дизелів. Розрахункова частина роботи включала розрахунок процесу подачі палива досліджуваного дизеля зі штатною і дослідною системами подачі палива, розрахункові дослідження робочого процесу цього дизеля з зазначеними системами подачі палива, а також аналітичні дослідження самої системи електронного управління паливоподачі. Але остаточний висновок про працездатність і ефективність розробленої системи електронного управління паливоподачі можна зробити тільки за результатами проведеного комплексу експериментальних досліджень.

Експериментальні дослідження тепловозних дизелів, незважаючи на їх трудомісткість і необхідність наявності досить складного експериментального обладнання та вимірювальної апаратури, в переважній кількості випадків є найбільш достовірними і не вимагають додаткової перевірки.

При цьому експериментальні дослідження тепловозних дизелів можуть проводитися в різних умовах - на одноциліндрових установках, на розгорнутому двигуні в стендових умовах, при установці двигуна безпосередньо на тепловоз. Найбільш інформативними і достовірними представляються результати експлуатаційних випробувань тепловозного дизеля, тобто його випробувань у складі силової установки тепловоза при його реальній експлуатації.

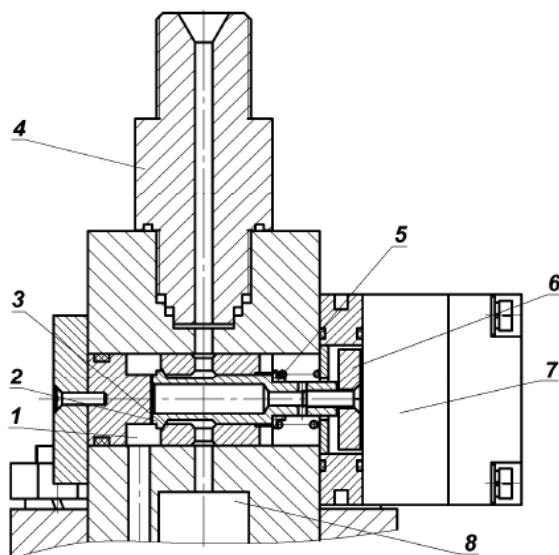
Результати таких досліджень в реальних умовах експлуатації при реальному розподілі швидкісних і навантажувальних режимів дають найбільш повну інформацію про показники тепловозного дизеля і ефективності його використання на залізничному транспорті.

Відзначимо конструктивні особливості розробленої системи електронного управління паливоподачі типу ЕСУВТ.01, яка при експлуатаційних випробуваннях встановлювалася на тепловоз типу ЧМЕЗ [1]. Схема цієї системи управління паливоподачі представлена на рис. 1. Вона включає насосну секцію паливного насоса високого тиску з плунжером, що приводиться від кулачка кулачкового вала (на рис. 1 ці елементи ПНВТ не показані). При русі плунжера паливо витісняється в над плунжерну порожнину 8, в якій встановлено електронно-керований клапан 2. При знаходженні клапана 2 в крайньому лівому положенні над плунжерну порожнину 8 повідомлена з лінією 1 низького тиску ПНВТ.

Електронно-керований клапан 2 з'єднаний з якорем 6 електромагніта 7. В необхідний момент часу на електромагніт 7 подається керуючий сигнал від

електронного блоку управління системи типу ЕСУВТ.01, і якір 6 притягується до електромагніту. При цьому клапан 2 зміщується вправо і своєю кромкою 3 роз'єднує над плунжерну порожнину 8 з лінією 1 низького тиску ПНВТ. Далі паливо під високим тиском витісняється в штуцер 4 паливного насоса, звідки по нагнітальному паливо проводу подається до форсунки, яка впорскує паливо в циліндр дизеля.

Використання клапана 2 (рис.1) для управління фазами початку і закінчення подачі палива дозволяє гнучко керувати паливоподачею. Зокрема, при цьому з'являється можливість реалізації складних законів управління кут випередження впорскування палива відповідно до змін швидкісного і навантажувального режимів роботи дизеля. Інші конструктивні особливості і параметри штатної і експериментальної систем подачі палива. Досліджуваным тепловозним дизелем був дизель типу K6S310DR.



- 1 - лінія низького тиску ТНВД; 2 - клапан; 3 - кромка клапана;
4 - штуцер ПНВТ; 5 - поворотна пружина; 6 - якір; 7 - електромагніт;
8 - над плунжерна порожнина

Рис.1. Конструктивна схема паливного насоса високого тиску з електромагнітним клапаном керування подачею палива

Позитивні результати застосування системи електронного управління паливоподачі типу ЕСУВТ.01 на дизелях тепловозів типу ТЕМ2 і ТЕМ18ДМ, отримані в 2018-2019 р.р., стали підставою для установки і перевірки аналогічної системи на дизелі тепловоза ЧМЕЗ.

Проведено обладнання тепловоза ЧМЕЗ системою типу ЕСУВТ.01, а в 2018-2019 р.р. підконтрольна експлуатація цього тепловоза. Склад системи управління типу ЕСУВТ.01, реалізований на дизелі тепловоза ЧМЕЗ.

Як вже зазначалося вище, основними елементами системи управління типу ЕСУВТ.01 є: ПНВТ з плунжерними парами, які працюють постійно в

режимі максимальної подачі; електромагнітні клапани, встановлені на ПНВТ; форсунки дизеля в штатній комплектації; блок управління; блок живлення; вихідні підсилювачі; набір датчиків частоти обертання і фазової мітки колінчастого вала, температури води, масла і тиску масла; програматор. Основні конструктивні особливості системи подачі палива досліджуваного дизеля з системою типу ЕСУВТ.01 і в штатній комплектації представлені в табл.1.

Таблиця 1

Основні конструктивні особливості досліджуваних систем подачі палива

№п/п	Найменування	Система подачі палива	
		ЕСУВТ.01	Штатна система
1	Тип паливних насосів високого тиску (ПНВТ)	індивідуальний, прямої дії, плунжерний	індивідуальний, прямої дії, плунжерний
2	Привід ПНВТ	з жорстким (кулачковим) приводом плунжера	з жорстким (кулачковим) приводом плунжера
3	Конструктивне виконання плунжера ПНВТ	гладка циліндрична форма але всій довжині без золотникової частини	гладка циліндрична форма зі спіральною кромкою
4	Конструктивне виконання форсунки	закритого типу з гідравлічним управлінням голки	закритого типу з гідравлічним управлінням голки
5	Регулювання подачі палива	тривалістю подачі керуючого сигналу на електромагнітний клапан	переміщенням рейки ТНВД, яка повертає плунжер з косою кромкою щодо відсічного отвори по кінцю подачі
6	Управління кутом випередження впорскування палива	моментом подачі керуючих сигналів на електромагнітний клапан ПНВТ	поворотом спіральної кромки плунжера щодо відсічного отвору гільзи

Система електронного керування паливоподачі типу ЕСУВТ.01, реалізована на тепловозі ЧМЕЗ, виконує наступні функції:

- автоматична підтримка заданої частоти обертання колінчастого вала дизеля;
- автоматичне керування кутом випередження подачі палива в функції від поточної частоти обертання валу дизеля;
- автоматичне регулювання потужності електричної передачі тепловоза;

- автоматичне обмеження струму і напруги тягового генератора;
- управління ослабленням поля тягових двигунів;
- регулювання бортового напруги;
- обмеження струму заряду акумуляторної батареї;
- програмний запуск двигуна;
- реалізація режиму зниженої частоти обертання колінчастого вала дизеля на холостому ході з відключенням частини циліндрів відповідно до порядку роботи дизеля;
- автоматичний перехід зі зниженою частотою обертання колінчастого вала дизеля на частоту, відповідну нульовій позиції контролера машиніста, при включенні гальмівного компресора для швидкого наповнення гальмівної магістралі повітрям;
- обмеження величини подачі палива по заданому закону в залежності від частоти обертання колінчастого вала дизеля;
- відключення подачі палива при досягненні максимальної частоти обертання колінчастого вала;
- відключення подачі палива при зниженні тиску масла нижче заданої величини;
- аварійний запуск дизеля без обмеження подачі палива при пуску;
- індикація основних параметрів роботи дизеля і системи по дисплею на корпусі блоку управління;
- автоматичне зниження потужності дизель-генератора при буксуванні колісних пар тепловозу;
- само діагностика елементів системи з можливістю безпосереднього візуального контролю повідомлень системи машиністом по дисплею на корпусі блоку управління системи електронного управління паливоподачі типу ЕСУВТ.01.

Система електронного керування паливоподачі типу ЕСУВТ.01 забезпечує роботу досліджуваного дизеля і його систем шляхом подачі на електрокеровані клапани насосних секцій ПНВТ сигналів, пропорційно яким змінюється подача палива. За сигналом від перетворювача частоти обертання в блоці управління визначається поточне значення частоти обертання колінчастого вала досліджуваного дизеля і по закладеній в програмі здійснюється коригування керуючого сигналу в бік його зменшення або збільшення в залежності від неузгодженості поточної і заданої частот обертання.

Висновки. В результаті проведеної роботи були отримані наступні висновки:

- проведений аналіз систем електронного управління паливоподачі дизелів які використовуються на тепловозах ЧМЕЗ;
- розроблена система електронного управління паливоподачею з імпульсним керуванням електрогідравлічних клапанів, яка забезпечує реалізацію оптимізованих законів подачі палива і характеристик зміни кута випередження впорскування в тепловозних дизелях.

Список літератури

1. Коссов Е.Е., Шапран Е.Н., Фурман В.В. Совершенствование режимов работы силовых энергетических систем тепловозов. Луганск, Изд-во Восточноукраинского национального университета им. В. Даля. 2006. 280 с.
2. Bosch: Системы управления дизельными двигателями. Москва, Изд-во «За рулем». 2004. 480 с.
3. Diesel-Reiheneinspritzpumpen-Verteilereinspritzpumpen. Technische Unterrichtung, Stuttgart, Robert Bosch GmbH. 2002. 144 p.
4. Игин В.Н., Захватов А.В., Игин Ф.В. Резервы повышения энергоэффективности тепловозов. Локомотив. 2013. No 3. с. 2–3.

Базилевич Владислав Валерійович, другий (магістерський) рівень навчання, група 212-ЛПП-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (066) 997-25-68. E-mail: vladusik.bazilevich@mail.ru

Борисенко А.М. Гончаренко А.В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НАКОПИЧЕННЯ ПРОДУКТІВ ЗНОСУ В МОТОРНОМУ МАСЛІ

Науковий керівник – докт. техн. наук, проф. кафедри експлуатація та ремонт рухомого складу УкрДУЗТ В.Г. Пузир

Анотація. Процес експлуатації тепловозного дизеля пов'язаний з поступовим зносом деталей циліндропоршневої групи і кривошипно-шатунного механізму. Оцінка ступеня зношеності деталей цих груп можлива при застосуванні методу, заснованого на аналізі контролю поточних значень концентрації продуктів зносу. Однією з основних завдань при реалізації цього методу є завдання оцінки кількості металу, зношеного з контрольованих деталей, за результатами аналізу поточних значень концентрації продуктів зносу. У статті приведена методика розрахунку і результати моделювання роботи системи очищення моторного масла дизеля типу Д49.

Ключові слова: дизель, масло, продукти зносу, системи фільтрації.

Вступ. Завдання підвищення надійності роботи тепловозів в процесі експлуатації є однією з найбільш актуальних на сучасному етапі. Дизель є одним з найменш надійних вузлів тепловоза. На його частку припадає понад 40% відмов і непланових ремонтів. Застосування ефективних методів діагностування в процесі експлуатації дозволяє значно підвищити надійність роботи дизеля і, відповідно, знизити експлуатаційні витрати.

Лімітуючими деталями при призначенні міжремонтних термінів є деталі циліндропоршневої групи (ЦПГ) і кривошипно-шатунного механізму (КШМ). Організація періодичного безрозбірного контролю ступеня зносу деталей цих груп створює умови переходу на організацію ремонту за технічним станом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Опрацюванні теоретичних і практичних питань, пов'язаних з діагностуванням, підвищенням надійності ремонтом і експлуатацією локомотивів, присвячене безліч робіт вчених. Значний внесок у вирішення названої проблеми внесли вчені і фахівці ВНІЖТу, ДІТу, УкрДУЗТу, ОмГУПС і ряду інших організацій.

В даний час вимагають опрацювання питання оцінки технічного стану тепловозних дизелів, як лімітують міжремонтні пробіги вузлів і безрозбірного методу діагностування локомотивів при переході на ремонт за технічним станом.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є аналіз можливості підвищення ефективності використання локомотивів за рахунок вдосконалення технології ремонту тепловозних дизелів. Для досягнення встановленої мети необхідно дослідити систему фільтрації моторного масла

дизеля типу Д49, а також дослідити питання відновлення динаміки формування продуктів зносу в моторному маслі.

Основна частина дослідження. Дослідження вмісту забруднюючих частинок в відпрацьованому маслі [1] в лабораторних умовах показали, що основна маса частинок (до 80%) має розмір до 10 мкм. На рис. 1 представлено розподіл розмірів забруднюючих частинок в маслі.

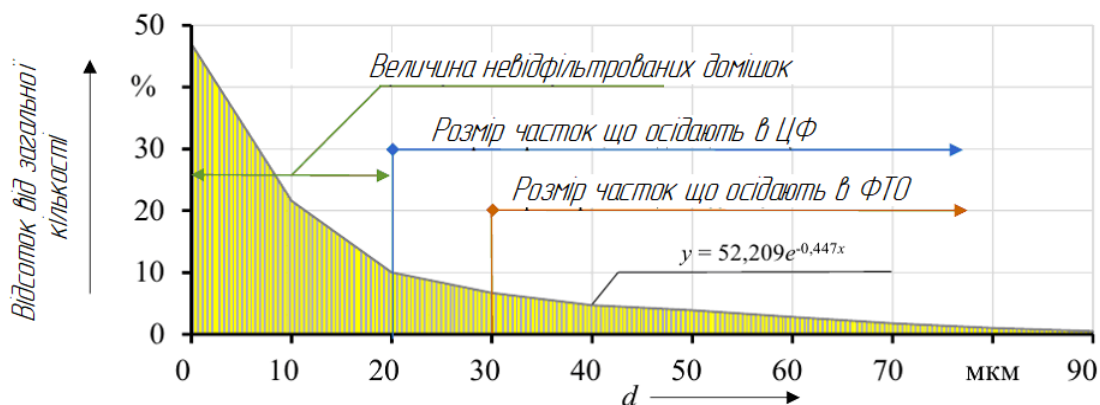


Рис. 1. Розподіл забруднюючих частинок в маслі

Згідно з аналізом бортові засоби очищення здатні затримати тільки до 20% забруднюючих продуктів зносу в маслі.

Кількість продуктів зносу деталей дизеля, яке накопичується в маслі в процесі експлуатації, характеризується концентрацією домішок на тону мастильного матеріалу (г/т). Визначення значення концентрації продуктів зносу в системі мастила дизеля здійснюється за допомогою спектрометрів.

На концентрацію домішок в маслі впливають зовнішні фактори:

- наявність домішок в маслі до початку експлуатації дизеля;
- осадження частинок металу на стінки картера; відсів продуктів зносу в системі очищення; видалення продуктів зносу через камеру згоряння, витоку масла через нещільність; зниження концентрації при додаванні або зміні моторного масла. На рис. 2 представлена схема масообміну домішок в маслі дизеля.

Для дослідження процесу накопичення продуктів зносу в моторному маслі необхідно враховувати:

- інтенсивність надходження продуктів зносу в моторне масло (G_k);
- інтенсивність видалення продуктів зносу з чадом або витоком масла (G_{yg});
- інтенсивність втрат зі зміною масла (G_{cm});
- інтенсивність осадження в системі очищення (G_{ϕ});
- інтенсивність осадження металу на стінки картера і трубопроводу (G_{oc});
- долив моторного масла ($Q_{\text{дол}}$).

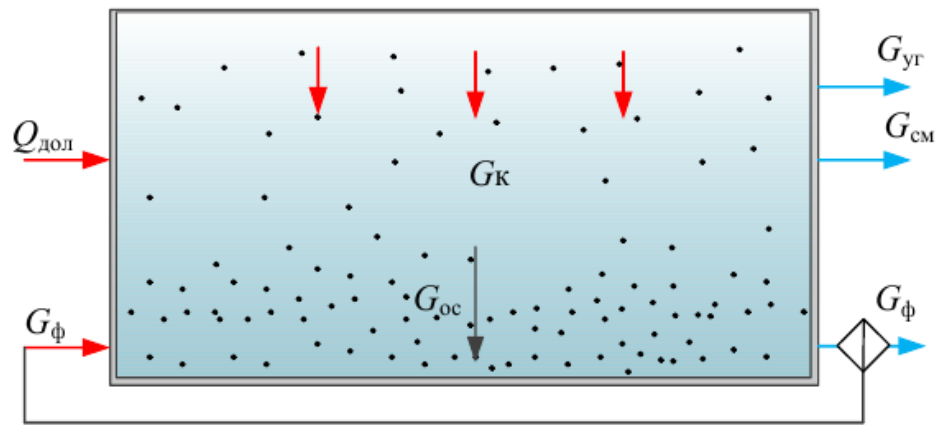


Рис. 2. Схема масообміну в картері дизеля

В процесі роботи дизеля відбувається інтенсивний процес циркуляції масла за системою, на тепловозі серії 2ТЕ116 за одну годину роботи, весь обсяг масла робить більше 50 циклів.

Аналіз схеми масообміну в картері дизеля, дозволить розробити і прийняти наступну модель визначення концентрації моторного масла [2]. Загальна кількість металу за інтервал від початку експлуатації до моменту контролю розраховується за формулою, г:

$$G = G_K + G_{уг} + G_{см} + G_{ф} + G_{ос}, \quad (1)$$

де G_K – кількість металу, що знаходиться в маслі на момент контролю, г;

$G_{уг}$ – кількість металу, втраченого на угар і віднесення масла, г;

$G_{см}$ – кількість металу, втраченого із зміною масла, г;

$G_{ф}$ – кількість металу, затриманого фільтрами, г;

$G_{ос}$ – кількість металу, що осів на стінки картера і трубопроводу, г

Кількість металу, що знаходиться в маслі на момент контролю, г:

$$G_K = K_N (Q_N - q\Delta L), \quad (2)$$

де K – концентрація металу на момент контролю, г / т;

N – номер періодичного контролю концентрації;

Q_N – обсяг масла в системі дизеля, т;

q – швидкість видалення масла з системи, т / км;

ΔL – пробіг локомотива, тис.км.

Пробіг локомотива ΔL визначається його напрацюванням між двома контрольними точками, тис.км:

$$\Delta L = L_N - L_{N-1}. \quad (3)$$

Кількість металу, втраченого при угарі масла необхідно диференціювати по інтервалах доливання масла, г:

$$G_{yT} = K_N + K_j \left(q\Delta L - \frac{(Q_N - Q_{\text{дол}})}{Q_N} \right), \quad (4)$$

де $Q_{\text{дол}}$ – кількість доливання масла за розрахунковий інтервал, т. Кількість металу, втраченого із зміною масла, г,

$$G_{cm} = \sum_{j=1}^N K_N + \left(\frac{G_{\phi}}{\sum_{j=1}^N K_{cp}^i} q\Delta L \right). \quad (5)$$

Кількість метала що осів на стінки картера і трубопровід встановити можливо тільки досвідченим шляхом. Ґрунтуючись на результатах дослідження [3] приймаємо кількість осаду рівним 5% від загального обсягу зносу.

Кількість металу, затриманого фільтрами, г:

$$G_{\phi} = \sum_{i=1}^N \left(\frac{G_{\phi}}{\sum_{i=1}^N K_{cp}^i} \right) \left[\frac{K_N + K_j \frac{(Q_0 - Q_{\text{дол}})}{Q_0}}{2} \right], \quad (6)$$

де G_{ϕ} – кількість металу, затриманого фільтрами за період між контролями, м.

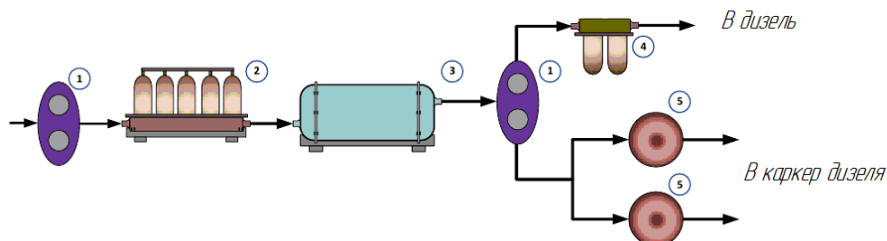
При визначенні кількості продуктів зносу, затриманого фільтрами за період між контролями, врахована схема фільтрації моторного масла дизеля типу Д49 (локомотив 2ТЕ116) (рис. 3) [68]. У табл. 1 наведені параметри фільтруючих елементів, що застосовуються в конструкції фільтрів дизеля типу Д49 [3].

Таблиця 1

Параметри фільтрів очищення масла дизеля типу Д49

Параметри	Значення показника
Повнопотоковий фільтр очищення:	
тип фільтруючого матеріалу	синтетичний матеріал
фільтруючий матеріал	«Нарва-6»
витрата масла через фільтр, Q_1 м ³ /год.	110,0
середньофракційний коефіцієнт відсіву, φ_1	0,145
Фільтр грубої очистки:	
тип фільтра	сітчастий дисковий
витрата масла через фільтр, Q_2 м ³ /год.	105

середньофракційний коефіцієнт відсіву, φ_2	0,05
Відцентровий фільтр:	
тип приводу	механічний
витрата масла через фільтр, Q_3 м ³ /год.	5
середньофракційний коефіцієнт відсіву, φ_3	0,4



1 – масляний насос; 2 – повнопоточний фільтр (ФТОМ);
3 – маслоохолоджувач; 4 – фільтр грубого очищення масла (ФГОМ);
5 – відцентровий фільтр (ЦФ)

Рис. 3. Схема фільтрації моторного масла дизеля типу Д49

Масляний насос нагнітає потік масла з картера в повнопоточний фільтр (ФТОМ), потім потік масла розділяється на два: один у напрямку до деталей, що труться, проходячи через фільтр ФГС, а другий - назад в картер через два паралельно розташованих ЦФ. Згідно зі схемою (рис. 3) і з урахуванням значень середньофракційних коефіцієнтів відсіву фільтрів (табл. 1) складена модель перехідного процесу фільтрації моторного масла дизеля типу Д49 (рис. 4).

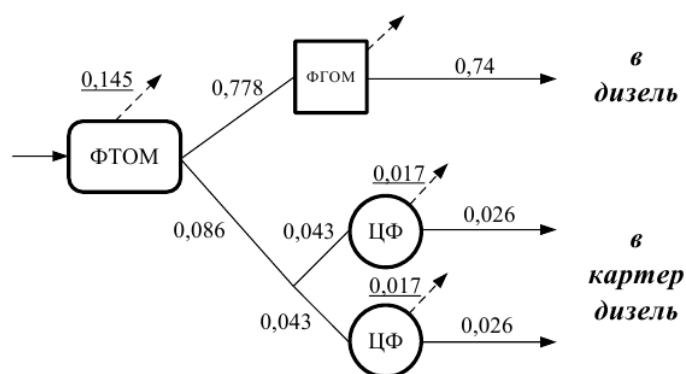


Рис. 4. Модель перехідного процесу фільтрації

На рис. 4 показані всі фільтри масляної системи. Пунктирною лінією відображено осадження частинок зносу в фільтрі, а суцільний - проходження забруднюючих частинок через фільтри. Отримані показники використовуються при розрахунках накопичення продуктів зносу в маслі дизеля.

Висновки. В результаті проведеної роботи були отримані наступні висновки:

- досліджено систему фільтрації моторного масла дизеля типу Д49;
- досліджено питання відновлення динаміки формування продуктів зносу в моторному маслі.

Всі результати, отримані при моделюванні, фіксувалися та складалися в бази даних, які, надалі, використовувалися для навчання штучної нейронної мережі.

Список літератури

1. ГОСТ 20759-90. Техническое диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса методом спектрального анализа масла. М.: Изд-во стандартов, 1991. –24 с.

2. Чанкин, В.В. Динамика изменения концентрации примесей в дизельных маслах. М.: Вестник ВНИИЖТа. 1964. Вып. 6. С. 31–34.

3. Григорьев, И.Б. Износ и долговечность автомобильных двигателей. М.: Машиностроение, 1976. –248 с.

Борисенко Артем Михайлович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (099) 325-75-31. E-mail: artemborisenko52@ gmail.com

Гончаренко Антон Володимирович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (063) 658-11-11. 1986goncharik1111@gmail.com

ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ПРИВОДУ ВОДЯНИХ НАСОСІВ

*Науковий керівник – старший викладач кафедри експлуатація та
ремонт рухомого складу УкрДУЗТ В.В. Рогаль*

Анотація. В даний час на вітчизняних залізницях більшість відмов рухомого складу пов'язана з відсутністю заходів з діагностики технічного стану обладнання, а облік експлуатаційних показників проводиться вручну шляхом проведення виписок з типових форм звітності по локомотивному господарству. Тільки через погіршення в роботі охолоджувального пристрою і відсутності моніторингу реального стану справ надлишкові витрати можуть становити 6 – 7 т дизельного палива в рік на одну секцію тепловоза. У статті проводиться огляд і аналіз відомих способів (об'єктивних і суб'єктивних) визначення кількісної складової зниження ефективності роботи охолоджувального пристрою, вказані їх переваги та недоліки.

Ключові слова: система охолодження, система автоматизованого вимірювання, технічний стан тепловоза, теплотехнічний процес.

Вступ. Існуючі методи дозволяють виявляти стан охолоджувальних пристроїв яких вже набагато гірше допустимих значень або трудомісткість діагностичних заходів невиправдано висока. Таким чином, на даний момент відсутні достовірні та оперативні засоби контролю, і для діагностики теплорозсіючої здатності охолоджувального пристрою тепловоза в умовах його роботи в експлуатації необхідна розробка спеціальних методів і засобів вимірювання, які враховують роботу дизеля на змінних режимах зі значною часткою перехідних процесів. У статті також наводяться рекомендації щодо створення комплексного методу визначення залишкового запасу теплорозсіючої здатності з використанням сучасних і доступних засобів діагностування основних параметрів роботи тепловоза в режимі реального часу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження [3] показують, що при випуску тепловоза з поточного ремонту регламентований запас 15% ТРС охолоджувального пристрою системи охолодження (далі - ОУ) [4] в ряді випадків витрачається раніше, ніж настане черговий плановий поточний ремонт тепловоза, на якому передбачено відновлення ТРС. В результаті може статися перегрів охолоджуючої рідини (ОЖ) під час руху тепловоза [5], а також збільшиться витрата палива тепловозом через більш інтенсивну роботу вентиляційних установок (ПУ) [6]. Сумарні втрати можуть досягати 6 – 7 т дизельного палива в рік на одну секцію магістрального тепловоза. Підтримання

необхідного рівня ТРС ОУ тепловозів в експлуатації дозволить знизити непродуктивні витрати дизельного палива [7] .

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є створення адаптивної системи охолодження тепловозного дизеля, з поліпшеними порівняно зі штатною системою, характеристиками на режимах пуску, роботі на холостому ході, малих і середніх навантажень дизеля, що забезпечує циркуляцію теплоносія після зупинки прогрітого двигуна на основі результатів моделювання процесів теплообміну в системі охолодження.

Основна частина дослідження. Сучасна експлуатація рухомого складу на залізничному транспорті вимагає безперервної кількісної оцінки технічного стану вузлів і агрегатів. В даний час збір та обробка даних для такого аналізу виробляються переважно вручну - шляхом проведення виписок з типових форм звітності по локомотивному господарству, таких як журнали форми ТУ-152 і ТУ-28 [1] локомотивних депо, а також інших джерел інформації. Процес збору та обробки результатів досить трудомісткий і займає багато часу. При цьому якість отриманої інформації залишається на відносно низькому рівні.

Для підтримки системи охолодження дизеля тепловоза в технічно справному стані передбачено виконання робіт по відновленню теплорозсіючої здатності (далі - ТРС) теплообмінного обладнання при проведенні планових видів технічних обслуговування (ТО) і поточних ремонтів (ТР) тепловозів. Наприклад, для вантажних тепловозів серії 2ТЕ116 роботи по демонтажу та відновлення ТРС теплообмінного обладнання передбачені на поточному ремонті в обсязі ТР-2 [2].

Причина, за якими відбувається погіршення ТРС ОУ, різні. Найпоширеніша з них - забруднення поверхні теплообміну секцій водоповітряного радіатора з боку ОЖ. Хоча технологія ремонту секцій радіаторів передбачає повне відновлення ТРС при поточних ремонтах в локомотивних депо, однак мають місце випадки, коли обсяг і якість ремонту недостатні. Докладний аналіз причин погіршення роботи ОУ приведений в роботі [8]. Оскільки причини погіршення ТРС ОУ в експлуатації носять випадковий характер, а також залежать від обсягу і якості ремонту, то для їх виявлення необхідно вести контроль ТРС ОУ як при роботі тепловозів в експлуатації, так і при випуску з поточних ремонтів в локомотивному депо. На вітчизняних транспортних засобах застосовуються суб'єктивний і об'єктивний способи контролю ТРС ОУ двигунів внутрішнього згоряння. Розглянемо їх особливості.

Суб'єктивні методи контролю:

1 Органолептичний. Спосіб заснований на суб'єктивному сприйнятті людиною фізичних параметрів процесів з допомогою органів почуттів. При діагностиці елементів ОУ тепловозів найбільшого поширення знайшли візуальний і тактильний методи. Візуальний метод використовується при оцінці: - процентного співвідношення несправних секцій водоповітряного радіатора різного типу, а також кількості ремонтних секцій у блоках радіаторів; - площі застрягання передніх кромek пластин, що охолоджують секцій; - рівня

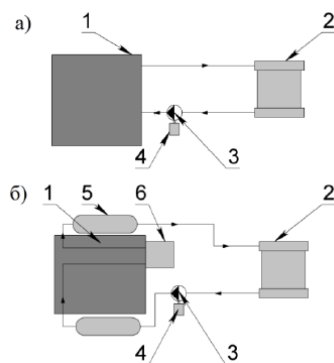
забруднення поверхні охолодження з боку повітря; - достатності відкриття верхніх і бічних жалюзі; - наявності не демонтованих матеріалів утеплювачів щитів і площі перекриття ними вільного фронту радіаторів; - наявності течії в елементах водяній СО; - герметичності закриття оглядових люків ОУ тощо. Спосіб відрізняється простотою і доступністю. Однак має цілий ряд недоліків: а) немає можливості виявляти стан секцій радіаторів з внутрішньої сторони поверхні охолодження; б) не може бути дана об'єктивна кількісна оцінка поточного стану ОУ, в результаті чого неможливо зробити прогноз про допустимість або доцільності подальшої експлуатації тепловоза в цілому.

2. Тактильний. Спосіб характеризується простотою і доступністю. Заснований на ефекті швидшого охолодження води в трубках радіаторів через зменшення або припинення її течії. Зниження витрати обумовлено, як правило, забрудненням внутрішніх порожнин або закупоркою перетину окремих охолоджуючих трубок. В результаті температура води в трубках і повітря на зовнішній поверхні охолоджуючих пластин у секцій нижче (на 3-5°C), ніж у секцій з нормальною витратою води. Різниця температур між сусідніми секціями можна швидко визначити, дотиком до них руки. Спосіб широко поширений, але йому притаманний той же недолік, що й візуальному: спосіб не дозволяє давати кількісну оцінку поточного стану ОУ і, як наслідок цього, прогнозувати допустимість або недоцільність подальшої експлуатації тепловоза. Крім того, спосіб дозволяє оцінити стан тільки секцій водоповітряного радіатора, але не дозволяє виявляти дефекти інших елементів ОУ.

3 Термографічний і тепловізійний. Різниця з попереднім способом полягає в тому, що замість суб'єктивної оцінки «на дотик» використовуються інструментальні засоби, що дають кількісну оцінку температури або термічного стану секцій радіатора: термограф або тепловізор. Результати оцінки стану при використанні цих коштів практично ідентичні і відрізняються тільки якістю обробки отриманої інформації. Очевидно, що дані, отримані за допомогою термографа, більш детально і точно відображають стан секцій водоповітряного радіатора. Однак для порівняльного аналізу стану сусідніх секцій в блоці радіатора досить використання тепловізійного методу. Перевагою є те, що використання цих засобів вимірювання повністю виключає людський фактор, а також дозволяє виявляти погіршення стану секцій водоповітряних радіаторів. До недоліків цих коштів можна віднести наступні: - потрібне застосування дорогої апаратури і висококваліфікованого персоналу для її обслуговування; - використовувана апаратура дуже чутлива до коефіцієнта відбиття поверхні теплового випромінювання, який, в свою чергу, залежить від ракурсу експозиції при термографуванні, наявності застрягання охолоджуючих пластин, наявності плям масла або інших забруднень на поверхні експозиції, стану і колірної гами поверхні та ін. Виділення і облік цих особливостей досить трудомісткі і вимагають великих витрат часу і певної кваліфікації персоналу.

Особливості роботи тепловізійного контролю можливо здійснити при пропонуванні системи охолодження, представленої на рис.1.

Циркуляція води після зупинки дизельного двигуна дозволяє уникнути закипання води, після зупинки дизельного двигуна його елементи (зокрема турбокомпресор) мають температуру, яка перевищує 100°C .



а) Гарячий контур; б) Холодний контур; 1 Дизель; 2 - Секції радіатора; 3 - Водяний насос; 4 - Електродвигун; 5 - Водомасляний теплообмінник; 6 - Охолоджувач наддувочного повітря

Рис.1. Компонування обладнання системи охолодження з індивідуальним приводом системи охолодження

Нижче наведені термограми, на рис. 2–5, дизеля, встановленого в лабораторії, який прогрівався до 60°C (подальше нагрівання привило б до викривлення привалочних площин). Товщиною стінок можна знехтувати, так як вони зі сталі і товщина не перевищує 3см, що за дослідженнями не вносить відчутної похибки (менше 3%).



Рис. 2. Термограма розподілу температур при прогріванні дизельного двигуна (температура води 24°C)

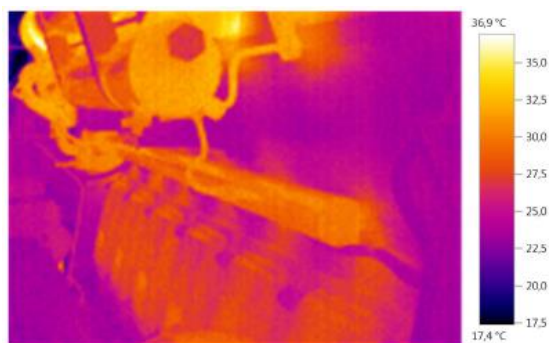


Рис. 3. Термограма розподілу температур при прогріванні дизельного двигуна (температура води 36,9°C)

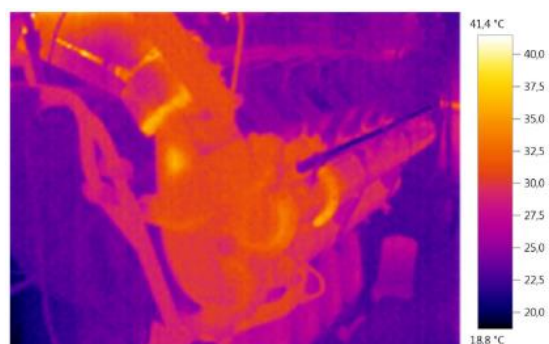


Рис.4. Термограма розподілу температур при прогріванні дизельного двигуна (температура води 41,4°C)



Рис.5. Термограма розподілу температур при прогріванні дизельного двигуна (температура води 39°C)

На термограмах видно різницю температур при температурах води 24, 35, 39°C. Температура блоку дизеля, при 60°C температури води, становить 30 - 32° С, тоді як в експлуатації найхолодніші його частини має температуру 70°C.

Можливість підтримування температурного діапазону 80 - 85°C незалежно від частоти обертання колінчастого вала дизеля.

Температурний діапазон 80 - 85°C рекомендований заводом-виготовлювачем так як при ньому механічні втрати мають найменше значення і

витрата палива, в свою чергу при такій температурі на номінальному режимі забезпечується мінімальний викид оксидів азоту.

Так як індивідуальний привід водяних насосів - це програмована система, в такому випадку можливе забезпечення різних температурних режимів при одній і тій же частоті обертання колінчастого вала.

При прогріванні дизельного двигуна можливо забезпечити номінальний режим роботи насосів при закритих жалюзі, що дозволить прискорити час прогріву двигуна до 60°C, після чого перевести насоси на мінімальну продуктивність (якщо такі умови дозволяє температура навколишнього середовища), так як різниця температур між повітрям в дизельному приміщенні і водою починає досягати такого значення при якій природна конвекція буде відводити теплоти більше, ніж додає навантаження на привід водяних насосів, тим самим мінімізувавши час прогріву дизеля тепловоза.

Висновки. В результаті проведених досліджень в роботі були отримані наступні результати:

1. Показано вплив зміни технічного стану системи охолодження тепловоза на витрату палива в експлуатації, вказана основна причина погіршення стану системи - забруднення поверхні теплообміну секцій водоповітряного радіатора з боку охолоджуючої рідини. Відзначено важливість підтримки справного технічного стану цих систем тепловозів в експлуатації.

2. Наведено огляд і аналіз відомих способів, методів і засобів вимірювання параметрів, використовуваних для контролю теплотехнічного стану охолоджувальних пристроїв тепловозів. Виявлено їх переваги та недоліки.

3. Надано рекомендації щодо використання кожного із способів, методів і засобів вимірювання параметрів для контролю теплотехнічного стану охолоджувальних пристроїв при роботі тепловозів в експлуатації і при виконанні технічних обслуговувань і поточних ремонтів в сервісному локомотивному депо.

4. Показано, що всі розглянуті інструментальні методи контролю теплотехнічного стану охолоджувальних пристроїв тепловозів можуть бути використані при роботі дизеля на сталих режимах (під навантаженням, на холостому ході). При цьому на кожному режимі роботи потрібен якийсь час для стабілізації теплотехнічного стану дизеля і системи охолодження.

Список літератури

1. Альбом форм первинної документації по локомотивному господарству. Укрзалізниця. К. 1999. 155 с.
2. Руководство по техническому обслуживанию и текущему ремонту тепловозов 2ТЭ116. Департамент локомотивного хозяйства. Укрзалізниця. К. 2004. 387 с.
3. Горин В. И. Охлаждающее устройство для современных тепловозов. Локомотив. 2013. № 7. С. 27 – 29.

4. ГОСТ 31187 – 2003, п. 3.7.1. Тепловозы магистральные. Общие технические требования. 12 с.

5. Гогричиани Г. В., Горин А. В. Метод расчета вероятности перегрева теплоносителей систем охлаждения тепловозных дизелей. Вестник ВНИИЖТ. 2013. № 1. С. 60 – 66.

6. Горин А.В. К вопросу оценки вентиляторной мощности магистральных тепловозов и рекомендации по ее сокращению. Железнодорожный транспорт на современном этапе развития: сб. трудов молодых ученых ОАО «ВНИИЖТ». М.: Интекст. 2013. С. 167 – 172.

7. Горин В. И. Резервы экономии топлива при эксплуатации тепловозов серии 2ТЭ116. Локомотив. 2012. № 6. С. 18 – 19.

8. Перминов В. А. Оценка состояния теплообменных аппаратов системы охлаждения тепловозных дизелей в эксплуатации. автореферат дис. ... канд. техн. наук. М. 1988. 23 с.

Дорощенко Олександр Валерійович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (096) 812-21-79. E-mail: S.doroschenko2@gmail.com

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ДІАГНОСТИКИ ТЕПЛОВОЗНИХ ДИЗЕЛІВ

Науковий керівник – ст.викладач кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу УкрДУЗТ В. В. Рогаль

Анотація. Стаття присвячена актуальній темі підвищення надійності роботи локомотивів, попередження відмов їх окремих вузлів і агрегатів і забезпечення на цій основі безпеки руху поїздів. Розглянуто способи визначення параметрів робочого процесу тепловозного дизеля безпосередньо в експлуатації, виявлення несправностей в пристроях подачі палива і газорозподілу. Наведено результати моніторингу технічного стану дизеля, оцінена економічна ефективність системи контролю та діагностики.

Ключові слова: тепловози, дизель, розділений моніторинг, робочий процес, техніко-економічна ефективність

Вступ. Залізничний транспорт є одним із видів транспорту, основна задача якого забезпечувати безперебійну роботу по перевезенню вантажів та пасажирів. На сьогодні парк тепловозів Укрзалізниці гранично зношений, майже всі тепловози вичерпали ресурс, стан дизелів, інших вузлів та агрегатів залишають бажати кращого. В останні роки зниження їх потужності, паливної економічності і надійності негативно позначається на якісних і кількісних показниках експлуатаційної роботи та собівартості перевезень.

Головне завдання, яке вирішується сьогодні за допомогою нового обладнання для діагностування: вивчення параметрів робочого процесу тепловозного дизеля безпосередньо в експлуатації, виявлення несправностей в пристроях подачі палива і газорозподілу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним з основних напрямків в забезпеченні надійності транспортних дизелів є розвиток методів і засобів діагностування, якому присвячені роботи багатьох вчених, зокрема роботи А.Е. Сімсона, А.З. Хомича, Н.А. Фуфрянського, Е.Д. Тартаковського та інших провідних вчених.

У публікаціях останнього часу серйозна увага приділяється проблемі підвищення надійності роботи локомотивів, попередження відмов окремих вузлів і агрегатів і забезпечення на цій основі безпеки руху поїздів. Особливу увагу у вирішенні даної проблеми відводиться вдосконаленню діючої системи планово-попереджувального ремонту, поступового переходу до збільшення міжремонтних пробігів на основі статистичних даних про процеси зносу і прогнозування його розвитку. Це вимагає широкого використання різних

методів і засобів технічного діагностування, переходу до ремонту локомотива по його фактичному технічному стану, що поряд із забезпеченням більш надійної роботи механізмів, скоротить загальний рівень матеріальних і трудових витрат на ремонти [8-10].

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є узагальнення наявного галузевого досвіду, розробка рекомендацій і оцінка економічної ефективності поетапного переходу локомотивного господарства мережі залізниці Укрзалізниці. Основними завданнями для цього служать:

- оцінка технічного стану та ефективності роботи локомотивних дизелів;
- аналіз впливу на якість роботи паливної апаратури тепловозних дизелів;
- розгляд можливості зменшення експлуатаційної витрати палива тепловозними дизелями.

Основна частина дослідження. Сьогодні відомо, що існують дві основні схеми діагностики робочого процесу дизеля - стаціонарні і переносні системи.

Стаціонарні системи, існуючі в даний час, спроектовані як єдині програмно-апаратні комплекси, що базуються на базових комп'ютерах промислового виконання. Програмне забезпечення в таких системах працює в режимі реального часу, що вимагає певних навичок випробувачів.

Незважаючи на очевидну перевагу - отримання моментального результату діагностики, системи такого класу мають ряд хронічних недоліків, на які вказують практично у всіх локомотивних депо. Головний недолік, який підтверджується усіма, - це наявність великої кількості кабельних ліній, що пов'язують комп'ютер і датчики. Наявність одночасного знімання сигналів з багатьох датчиків, наприклад з 10 однакових датчиків циліндрового тиску дизеля типу Д100, вимагає попередньої додаткової індивідуального калібрування самих датчиків. Ніхто не дає гарантії точної ідентичною роботи всіх датчиків, що автоматично тягне значні похибки в сам вимірювальний процес.

Крім того, з самого початку закладається висока вартість діагностичних систем, що припускає необхідність установки комп'ютерів промислового виконання за ціною в 3-4 рази дорожче аналогічних побутових, рівних по продуктивності. Для будь-якої компанії-оператора промислового транспорту це, безсумнівно, невиправдані витрати. Одним з аргументів недостатньо широкого використання систем моніторингу ДВЗ в локомотивному господарстві була їх складність і висока вартість. Використання систем оперативного моніторингу дизеля тепловоза в міжремонтний період в даний час не проводиться через, по-перше, відсутність відповідних приладів і обладнання, по-друге, нерентабельність виконання трудомістких процесів. Навчання роботі зі стаціонарними системами вимагає тривалого часу.

Переносні системи моніторингу двигунів, що застосовуються в даний час, базуються на основі ноутбуку з використанням плат АЦП. Ці системи відрізняються підвищеною надійністю і більш короткими кабельними трасами, які прокладаються тільки на момент індиціювання. Однак наявність дорогих специфічних формувань сигналів і власне самих ноутбуків як невід'ємних

компонентів систем, що не дозволяють знизити загальну вартість подібної діагностики. Радикальне вирішення питання вартості систем моніторингу, їх доступності для проведення поточного технічного обслуговування в локомотивних депо можливо тільки з появою систем так званого розділеного моніторингу, до яких відноситься СМДд. [1, 2, 3].

Система розділеного моніторингу означає, що збір і попередній розрахунок основних параметрів проводиться на окремому пристрої (модуль реального часу МРВ), а повний розрахунок, аналіз, друк графіків і таблиць звіту на будь-якому комп'ютері, у зовнішньому програмному забезпеченні. З систем повністю виключені кабельні траси, а програмне забезпечення встановлюється на будь-який ПК користувача і працює під управлінням ОС Windows. Для діагностики дизеля не потрібно його попередня підготовка, оскільки в цих системах застосовується індивідуальний, що пройшов тривале тестування, алгоритм синхронізації даних.

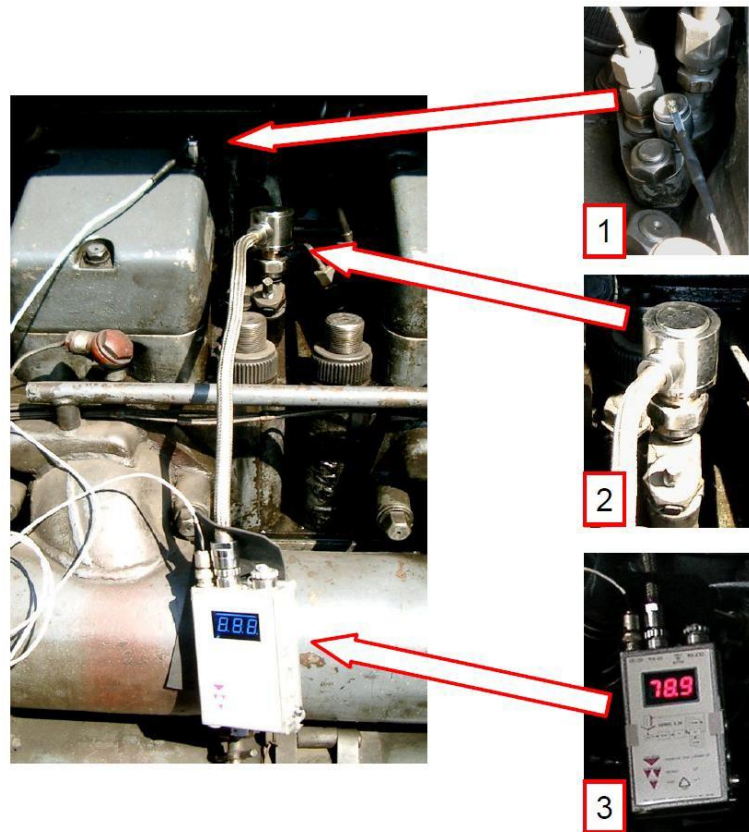
Система з розділеним моніторингом відрізняється:

- високою мобільністю;
- простотою в експлуатації;
- невисокою вартістю;
- широкою сферою застосування для різних типів і серій транспортних двигунів;
- обмеженим обсягом інформації в момент діагностування;
- повним розрахунком робочого процесу тільки на зовнішньому комп'ютері;
- короткою зв'язком переносного приладу і датчиків;
- автономним живленням до 10 годин безперервної роботи;
- застосуванням адаптованих програм Windows ПО на CD.

До досліджуваних параметрах, перш за все, відносяться енергетичні фактори, характеристики теплової та механічної напруженості, фази подачі палива і газорозподілу, а так само загальна оцінка технічного стану двигуна внутрішнього згоряння і залишковий ресурс. Така детальна інформація по кожному циліндру дає можливість точного контролю потужності дизеля. Саме прилади розділеного збору і подальшої незалежної обробки інформації дозволяють легко проводити якісне технічне обслуговування дизеля і не допускати розвиток дефектів, що призводять до підвищеної витрати палива, а також до аварій.

В системі використаний унікальний високоефективний алгоритм «безфазової синхронізації» - визначення «мертвих» точок (ВМТ і НМТ), а також подальша синхронізація отриманих даних без використання різних датчиків, що встановлюються на маховику двигуна. Параметри робочого процесу конкретного циліндра тепловозного дизеля визначаються за трьома інформаційних каналах:

- процес і фази згоряння палива;
- процеси і фази вприскування палива по ПНВТ та форсункам;
- фази газорозподілу випускного і впускного клапанів.



1 - Вібродатчик VS-20 на корпусі форсунки (визначення дійсних фаз подачі палива), і на правому болті кришки циліндрів (визначення фаз газорозподілу);
2 - Датчик тиску PS-16 на індикаторному крані; 3 - Модуль збору даних.

Рис.1 Застосування системи СМДд для діагностики дизеля Д49

Основним вимірювальним елементом системи є неохолоджуваний датчик об'ємного типу PS-16 тиску газів в циліндрі дизеля. Дані використовуються для подальшого розрахунку індикаторної потужності циліндра і визначення основних параметрів робочого процесу. [4, 5].

Вібродатчик VS-20 є допоміжним датчиком системи. Аналіз віброімпульсів різних вузлів паливної апаратури і механізму газорозподілу дизеля дозволяє визначити параметри подачі палива і газорозподілу.

Великою перевагою системи є те, що діагностування параметрів подачі палива і газообміну відбувається без безпосереднього впровадження додаткових датчиків в паливну систему високого тиску і механізм газорозподілу.

У табл. 1 представлені повні відомості про параметри, контрольовані системою СМДд.

Результати випробувань системи СМДд показали, що в більшості випадків при установці вібродатчика на форсунку (дизелі типу Д49) з достатньою точністю записується вібродіаграма роботи клапанів, а також

визначаються фази газорозподілу. Це дозволяє істотно спростити процес зняття показань роботи дизеля.

Таблиця 1

Параметри робочого процесу дизеля		
Параметри	Основні	Додаткові
Середній індикаторний тиск	+	
Циліндрова індикаторна потужність	+	
Частота обертання колінчастого вала двигуна	+	
Максимальний тиск стиснення	+	
Максимальний тиск згоряння	+	
Тиск на лінії розширення	+	
Кут, який відповідає максимальному тиску згоряння	+	
Максимальна швидкість наростання тиску при згорянні (жорсткість процесу)	+	
Ступінь підвищення тиску	+	
Тиск початку згоряння	+	
Кут випередження початку згоряння	+	
Дійсний кут початку подачі палива	+	
Кут тривалості подачі палива		+
Оцінка технічного стану форсунки		+
Визначення фаз газорозподілу		
- випускного клапана		+
- впускного клапана		+
Оцінка технічного стану механізму газорозподілу		+
Тиск в будь-якій точці діаграми		+
Кут і час затримки запалення палива		+

Для наочності представлений найбільш докладний приклад результатів діагностики дизеля тепловоза ЧМЕЗ і подальшого його регулювання. Діагностування проводилося на тепловозі, встановленому на пункті реостатних випробувань, на режимі 0ПКМ - холостого ходу. [6, 7]. Зведений звіт діагностики циліндрів дизеля до регулювання представлений на (рис. 2 а).

За результатами первинної оцінки основних параметрів роботи дизеля було виявлено наступне:

- Циліндри № 2 і 5 мали завищені показники максимального тиску згоряння P_z на 0ПКМ-х.х..

- Циліндр № 4 мав занижене значення P_z на даному режимі.

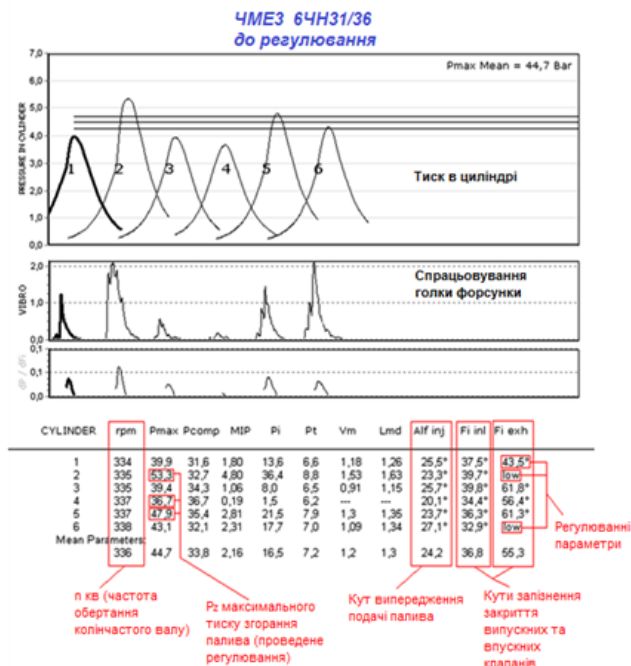
Виконане наступне регулювання:

- Вихід рейок ПНВТ на циліндрах № 2 і 5 зменшений на величину 1 мм, при діючій нормі 34 мм.

• Вихід рейок ПНВТ від норми збільшений на циліндрі № 4 на величину 1 мм.

Після регулювання виходу рейок ПНВТ на даних циліндрах виконане повторне діагностування (рис. 2 б).

а)



б)

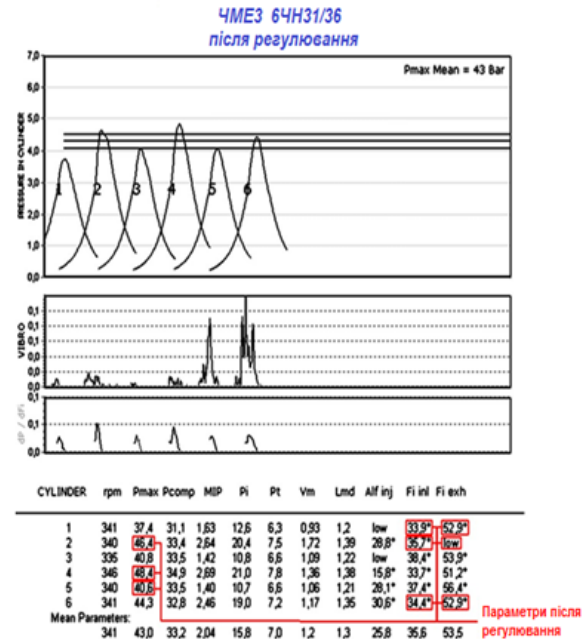


Рис.2 Зведений звіт діагностики циліндрів дизеля тепловоза ЧМЕЗ

За його результатами було встановлено наступне:

1. Величина Pz на циліндрі № 2 стала 4,59 МПа, до регулювання становила 5,33 МПа.

2. Величина Pz на циліндрі № 5 стала 4,36 МПа, до регулювання становила 4,79 МПа.

3. Величина Pz на циліндрі № 4 стала 4,74 МПа, до регулювання становила 3,67 МПа.

Кут випередження подачі палива по всіх циліндрах піддавався регулюванню тому знаходився в межах допуску.

Так як фази газорозподілу по запізнювання закриття впускних і випускних клапанів не відповідали паспортним даним, справили регулювання клапанів циліндрів № 1, 2 і 6. До регулювання значення кута запізнювання закриття випускних клапанів циліндра № 1 становило 44° п.к.в. (при нормі 55° п.к.в.), а запізнювання закриття впускних 340 п.к.в. (при нормі 350 п.к.в.); також на циліндрах № 2 і 6 був відсутній сигнал закриття випускних клапанів, що свідчило про їх нечіткої роботі. Після перевірки і регулювання теплових зазорів за даними клапанів справили діагностування, яке дало наступні результати (див. рисунок 5.4):

1. Значення кута запізнювання закриття випускних клапанів циліндра № 1 склало $52,9^0$ п.к.в. (при нормі 55^0 п.к.в.); кута запізнювання закриття впускних клапанів - $33,9^0$ п.к.в. (практично залишилося без зміни).

2. Сигнал закриття випускних клапанів циліндра № 2 не було зафіксовано; значення кута запізнювання впускних клапанів склало $35,7^0$ п.к.в. ..

3. Значення кута запізнювання закриття випускних клапанів циліндра № 6 склало $52,9^0$ п.к.в., а впускних - $34,4^0$ п.к.в., що відповідає нормі.

Після проведених регулювань тепловоз пройшов реостатні випробування, в процесі яких на максимальній (8ПКМ) потужність тягового генератора відповідала нормативним вимогам - 825 кВт. Вихлоп дизеля в нормі, робота - стійка.

Техніко-економічна ефективність від застосування нової систем контролю та діагностики відображено в наступному:

- виключення ризику виникнення аварійних ситуацій і суттєве підвищення рівня технічного обслуговування силових установок локомотивів, завдяки своєчасному моніторингу і контролю робочого процесу;

- збільшення економічності робочого процесу дизеля, за рахунок точного регулювання паливної апаратури і механізму газорозподілу;

- збільшення міжремонтних періодів і скорочення витрат на технічне обслуговування локомотивних дизелів, за рахунок розрахунку і забезпечення рівномірного розподілу навантаження між циліндрами;

- зниження токсичності випускних газів дизелів (до 20%);

- підвищення тягових показників і ефективності роботи локомотива в експлуатації за рахунок поліпшення якості роботи дизеля.

Висновки. Як показав аналіз використовувана система контролю і діагностування в цілому забезпечує надійну роботу тягових засобів і підтримання їх в працездатному стані, але залишається досить витратною складовою собівартості перевезень і потребує вдосконалення. Комплексна система контролю і діагностики дозволяє здійснити оцінку технічного стану та ефективності роботи локомотивних дизелів за показниками робочого процесу, параметрами подачі палива і фаз газорозподілу, що сприяє зниженню числа відмов елементів паливної апаратури і механізму газорозподілу в 1,5 - 2 рази, зменшення експлуатаційної витрати палива тепловозних дизелями на 3 - 5%.

Список літератури

1. Посилання: <http://www.leutert.com/maritime-division/en/products.php> (дата звернення: 12.10.2020).

2. Володин А.И. Разработка методов и технических средств диагностирования топливной аппаратуры дизелей типа ПД1М на основе анализа выбросов: отчет №589 о НИР (заключительный). Омск: ОмИИТ. 1988. 53 с.

3. Посилання: <http://www.edial.ru/articles/edial-sposobi-diag-diz-dvig> (дата звернення: 12.10.2020).

4. Сковородников Е.И. Диагностирование топливной аппаратуры тепловозных дизелей по анализу движения иглы форсунки. Известия Транссиба. Омск: ОмГУПС. 2013. № 4 (16). С. 35-39.
5. Коньков А.Ю. Средства и метод диагностирования дизелей по индикаторной диаграмме рабочего процесса. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС. 1997. 147 с.
6. Володин А.И., Четвергов В.А. Опыт разработки и внедрения технических средств для оценки качества ремонта и настройки ДГУ тепловозов при реостатных испытаниях. М.: Транспорт. 1986. 51 с.
7. Хомич А.З., Жалкин С.Г., Симсон А.Э., Тартаковский Э.Д. Диагностика и регулировка тепловозов М.: Транспорт. 1977. 222 с.
8. Бервинов. В.И. Техническое диагностирование и неразрушающий контроль деталей и узлов локомотивов. М.: УМЦ ЖДТ. 2008. 332 с.
9. Кравченко В.М., Ищенко А.А., Сидоров В.А., Буцукин. В.В. Эксплуатация и обслуживание машин. Донецк. 2014. 532 с.
10. Черемисин В.Т. Роль информационных технологий в обеспечении надежности локомотива. Локомотив. 2017. № 9 С. 2-4.

Душко Владислав Віталійович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (099) 303-88-30. E-mail: wladislawdushko@gmail.com

Добролюба Олександр Сергійович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (095) 327-31-39. E-mail: @gmail.com

МОБІЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ

Науковий керівник - канд. техн. наук, професор кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу УкрДУЗТ С.Г. Жалкін

Анотація. Дослідження відносяться до галузі енергетики та енергоефективності й спрямовані на вирішення важливої науково-практичної проблеми зменшення витрат паливно-мастильних матеріалів та підвищення екологічної безпеки, збереження моторесурсу та збільшення часу корисної роботи маневрових тепловозів, які працюють на віддалених від основного депо залізничних станціях.

Ключові слова: тепловоз, технічне обслуговування, діагностика, станція, автобус, майстерня, екіпірувальник.

Метою статті є обґрунтування доцільності створення на залізниці в умовах локомотивних депо центру (відділення) зі очистки та регенерації дизельної оливи.

Об'єкт дослідження – процес відновлення якості оливи.

Предмет дослідження – центр (відділення) зі регенерації дизельної оливи.

Аналіз невирішених питань проблеми. На підприємствах залізничного транспорту збереглися системи збору відпрацьованої дизельної оливи, однак її утилізація з точки зору екології та економіки вкрай незадовільна. Відпрацьована олива використовується для змащення рейок в кривих ділянках колії, що вкрай неефективно, частину оливи спалюють в котельнях замість мазуту, або використовують в гідросистемах навантажувально-розвантажувальних машинах та інше.

Постановка проблеми. Основні ремонтні витрати на протязі життєвого циклу тепловозів складаються з витрат на поточні ремонти (ПР) та технічні обслуговування (ТО), усунення відмов та утримання ремонтної бази й займають 14 % узагальненої сумарної вартості життєвого циклу.

Пересувні ремонтні майстерні, які застосовуються у агропромисловому комплексі, житлово-комунальному господарстві при ремонті залізничних колій та колій міського транспорту та ін., мають вузькоспеціалізоване призначення й за своїм оснащенням не придатні для виконання ТО-2 тепловозів.

Визначення мети та задачі дослідження. Актуальність проблеми визначається у зменшенні часу непродуктивних простоїв тепловозів, які мають відмови та виконання технічних обслуговувань кваліфікованим ремонтним

персоналом, а не тільки локомотивною бригадою (при роботі однією особою – тільки машиністом), що виключає нерентабельні переїзди тепловозів, працюючих на віддалених станціях, для усунення відмов у основному депо, підвищення якості технічних обслуговувань.

Ціль дослідження – сформулювати вимоги та запропонувати нову технологію та конструкцію пересувної майстерні для виконання технічних обслуговувань ТО-2 маневрових тепловозів, який працюють на віддалених станціях, яка не має недоліків серійних пересувних майстерень, [2].

Виклад основного матеріалу дослідження.

Визначена кількість маневрових локомотивів в залежності від розмірів маневрової роботи на кожній станції, які обслуговує дане депо, як правило, коректується з урахуванням безперервних технологій, де маневровий тепловоз забезпечує основний процес, хоча час його роботи може бути незначним.

Кількість маневрових локомотивів N_e^M визначається розмірами маневрової роботи на кожній станції, що розташовані на ділянці, які обслуговуються данним депо, за формулою

$$N_e^M = \sum_{i=1}^m \frac{\sum_{j=1}^c n_{ij} t_{ij}^e}{1440} - (t_{бр} + t_{ек} + t_{тв}) \quad (1)$$

де n_{ij} - кількість вагонів, яка переробляється на і-й станції за j-м видом маневрової роботи;

t_{ij}^e - розрахункова норма часу для переробки одного вагона за j-м видом маневрової роботи на і-й станції, хв.;

$t_{бр}$ - час на заміну локомотивної бригади за добу, хв.;

$t_{ек}$ - час екіпірування локомотива, віднесеного до доби, хв.;

$t_{тв}$ - технологічні втрати під час виконання маневрової роботи, хв.;

i - кількість станцій, де працюють маневрові локомотиви;

c - кількість видів маневрової роботи на станції.

Суму $t_{бр} + t_{ек} + t_{тв}$ для тепловозів і електровозів приймають рівною 30хв. за добу. Найбільш точно кількість маневрових локомотивів може бути розрахована за графіками технологічного процесу маневрової роботи відповідної станції.

Добову програму ТО-2 маневрових тепловозів [3], можливо визначити,

$$N_{ТО-2}^{доб.} = \frac{N_e}{t_{ТО-2}} - N_{рем}, \quad (2)$$

де N_e – експлуатаційний парк тепловозів;

$t_{ТО-2}$ – періодичність виконання ТО-2;

$N_{рем}$ – кількість ремонтів та обслуговувань більш вищого порядку за добу.

Система технічного діагностування тепловоза як складного об'єкта має інформаційне, технічне і математичне забезпечення. Технічне забезпечення являє собою сукупність засобів діагностування, що складаються із пристроїв одержання й опрацювання діагностичної інформації (діагностичні прилади, датчики, сигналізатори і таке інше). Майже всі складові технології діагностування вже розроблені в попередні роки, але треба їх адаптувати для виконання ТО-2, [3].

Середній час відновлювального ремонту складається з трьох основних складових,

$$T_B = T'_B + T''_B + T'''_B, \quad (3)$$

де T'_B - середній час, що витрачається на аналіз причин відмов і пошук елементів, що відмовили;

T''_B - середній час, що витрачається на ліквідацію наслідків відмови і відновлення працездатності;

T'''_B - середній час на регулювання після відновлення.

Застосування діагностики дозволяє скоротити усі три складові T_B , особливо T'_B . Відношення середнього часу відновлення T_B до напрацювання на відмову T можна представити коефіцієнтом використання δ ,

$$\delta = \frac{T_B}{T}, \text{ тоді коефіцієнт готовності } K_r = \frac{1}{1+\delta}, \quad (4)$$

і коефіцієнт простою,

$$K_{\Pi} = 1 - K_r = \frac{\delta}{1+\delta}, \quad (5)$$

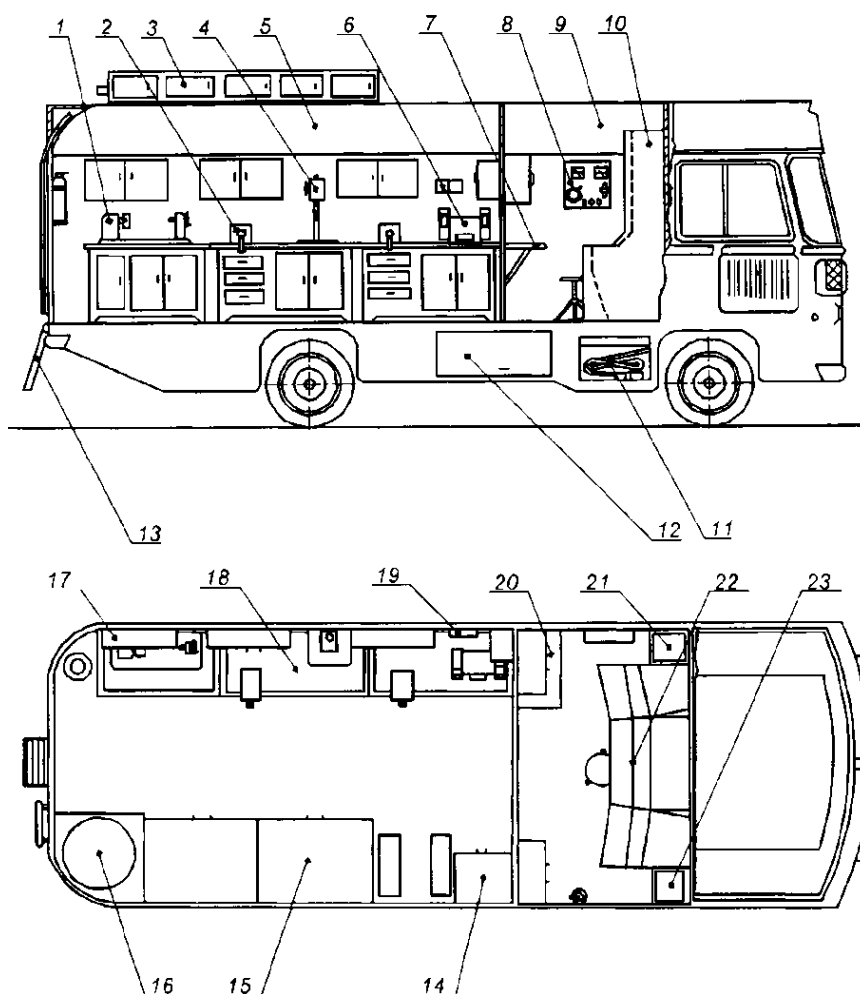
де $\frac{1}{\delta}$ – показник працездатності.

Виготовлення пересувної майстерні для діагностування та виконання ТО-2 тепловозам ЧМЕЗ пропонується на базі автобуса ПАЗ-4234 із дизельним двигуном потужністю 100 кВт (136 к.с.), швидкістю пересування 95 км/год з витратою палива 25 л/100 км та нормою екологічної безпеки EURO-4, рис.1.

Автобус переобладнано на два відсіки. Перший відсік (9,10) - пункт діагностування; другий відсік (5) - засоби для проведення ТО-2. У другому відсіку (5) встановлено щит, на якому розміщені амперметр, вольтметр, реостат для підвищення або пониження напруги і рубильник для виключення всієї системи. У відсіку діагностики 9 розміщено пульт діагностування 10, на якій розміщені прилади і устаткування для діагностування головного генератора, системи збудження, реле переходів, заземлення, боксування та їх регулювання без зняття з тепловоза. Додатково розміщені секундомір, барометр, термометр,

дифманометр, тахометр годинного типу. Також маютьсся ряд переносних приладів для діагностування дизеля, перевірок та регулювань термореле охолоджуючої води та оливи, електронний ендоскоп для діагностування стану якірних підшипників електричних машин та клапанів дизеля, [4].

Для діагностування електричних ланцюгів є спеціалізований набір приладів для відшукування корпусних замикань і нагріву деталей апаратів, вимірювання тиску охолоджуючого повітря тягових двигунів, стандартне обладнання для перевірки стану акумуляторної батареї, перевірки роботи АЛСН переносним шлейфом та інше.



- 1 - токарний верстат; 2 - лещата настільні; 3 - стелажі для зберігання мастила;
 4 - свердлильний верстат; 5 - відсік виконання ТО-2; 6 - точильний верстат; 7 –
 відкидний стіл; 8 - щит управління; 9 - відсік діагностики; 10 - пульт діагностики; 11 -
 розетка зовнішньої мережі; 12 - кабелі підключення до тепловозу; 13 - відкидна площадка та
 сходинка; 14 - шафа для одягу; 15 - шафа для ЗІП; 16 - ємність з дистильованою водою; 17 -
 шафа з інструментом та приладами; 18 - верстак слюсарний; 19 - аптечка; 20 - шафи для
 діагностичних приладів; 21 - випрямляч; 22 - прилади для діагностування; 23 -
 трансформатор

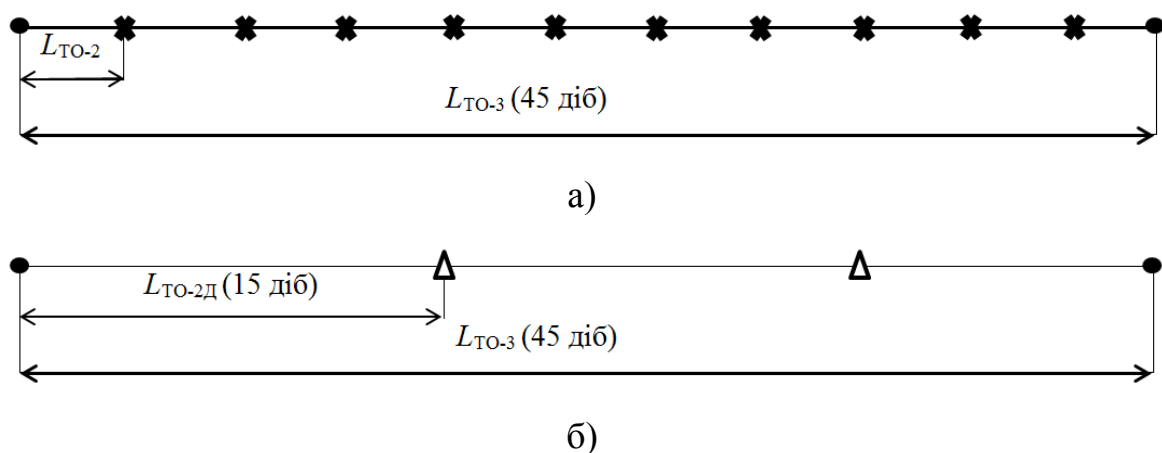
Рис.1. Пересувна майстерня для виконання ТО-2

У відсіку 5 пересувної установки розміщено устаткування та інструмент, для виконання ТО-2. Необхідні запчастини розміщено в шафах, передбачено бачок 16 з дистильованою водою для акумуляторних батарей (ємністю 50 дм³). На спеціально обладнаних стелажах розміщені каністри з оськовою та з компресорною оливою (ємністю 20 дм³), мастила, гальмівні колодки. Запасні частини набираються залежно від замовлення або на підставі обробки статичної інформації по найчастіше змінюваних деталях дизеля і його допоміжних систем, автогальмівного та електричного устаткування та електричних машин, екіпажної частини, [5].

До складу бригади по виконанню ТО-2 входить чотири людини; п'ятий член бригади, який виконуватиме ті ж роботи – водій автобуса. Усі робітничі бригади повинні мати не нижче за четвертий слюсарний розряд і великий досвід роботи. Керує роботами майстер (бригадир), який одночасно є оператором на пульті управління діагностичним центром. Робоче місце оснащується діагностичними картами і інструментами, таблицею граничних станів оцінюваних елементів тепловоза, затвердженою інструкцією по безпечним прийомам роботи і пожежної безпеки.

Але крім технічного обслуговування ТО-2 тепловозам потрібне екіпірування паливом, оливою, мастилами, водою та інше. Для комплексного обслуговування тепловозів, які працюють на віддалених станціях, пропонується пересувний екіпірувальник.

Періодичність ТО-2 маневрових тепловозів, які виконуються пересувною майстернею з діагностуванням, можливо змінити з урахуванням прикріпленого засобу роботи локомотивних бригад. Застосування пересувних майстерень з діагностуванням тепловозів, які укомплектовані кваліфікованими слюсарями, мають потрібне для ремонту обладнання та запасні частини, дозволяє зменшити кількість ТО-2 й запропонувати нову схему періодичності обслуговувань ТО-2Д тепловозам, які працюють на віддалених від депо станціях, рис.2.



а) діюча схема періодичності ТО-2;
б) пропонуєма схема періодичності ТО-2Д.

Рис.2. Схема періодичності обслуговувань ТО-2 та ТО-2Д

Нова схема періодичності обслуговувань ТО-2Д дозволяє скоротити кількість обслуговувань ТО-2 на 9-10 одиниць, що за трудомісткістю дорівнює витратам ТО-3 у період роботи тепловоза до поточного ремонту № 1 (ПР-1; 8,5 місяця). До поточного ремонту № 3 (ПР-3; 30 місяців) кількість ТО-2 скорочується на 30-35 обслуговувань, що за трудомісткістю відповідає трьом обслуговуванням в обсязі ТО-3, [5]. Це повністю компенсує додаткові витрати часу на діагностування (простій на ТО-2Д збільшується приблизно на 50 % в порівнянні з ТО-2). Економічний ефект розраховується виходячи з місцевих умов (кількість N_e , відстані до віддалених станцій та інші).

Висновки з дослідження і перспектива подальшого розвитку у даному напрямку. Впровадження пересувної установки (майстерні) ТО-2 з діагностуванням маневрових тепловозів та пересувного екіпірувальника дає можливість заощадити час розміну тепловозів, паливно-мастильні матеріали, розвантажити ділянки повернення тепловозів на розмін, підвищити екологічну безпеку, поліпшити якість ремонту і виробництва ТО-2 шляхом діагностування вузлів і агрегатів тепловоза і впровадження нових технологій по виконанню ТО-2Д, скоротити кількість тепловозів, що експлуатуються.

Значно скорочується витрата палива при переїзді тепловоза, наприклад, тепловозом ЧМЕ-3 витрати палива складає 80л/100км проти 25л/100км пересувної майстерні, зберігається моторесурс тепловоза, [6].

Звільнений підмінний тепловоз та стійло на ПТО, яке буде для ТО-2 маневрових тепловозів не завантажене, можна використовувати для інших цілей.

Список літератури

1. Положення про планово-попереджувальну систему ремонту і технічного обслуговування та тягового моторвагонного рухомого складу (електровозів, тепловозів, електро та дизель-поїздів) [Текст] : наказ УЗ №429–Цод від 15.10.2015р. – К. : Укрзалізниця, 2015. – 27 с.
2. Разработка технологии технического обслуживания ТО-3 тепловозов ЧМЕЗ с использованием передвижной станции обслуживания на базе пассажирского вагона. Отчет по НИР. – Харьков: ХИИТ, 1990.
3. Бабанін, О. Організація та технологія локомотивів / Конспект лекцій. [Текст] / О.Б.Бабанін, С.Г.Жалкін. – Харків: укрДУЗТ, 2017. – 54с.
4. Хомич, А. Диагностика и регулировка тепловозов / Монографія. [Текст] / А.З.Хомич, С.Г.Жалкин, А.Э.Симсон, Э.Д.Тартаковский. - М.: Транспорт, 1977. - 222 с.
5. Правила технічного обслуговування і поточних ремонтів тепловозів серії ЧМЕЗ, ЧМЕЗТ, ЧМЕЗЕ, [Текст] 10586700.94209 Затверджено наказом Укрзалізниці №367-Ц від 24.06.2009р. Київ.

6. Аналіз використання паливно-енергетичних ресурсів на залізничному транспорті України за 2016 рік [Текст] – Київ: ПАТ «Укрзалізниця». – 2017. – 144 с.

Шеремета Євгеній Петрович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (057) 730-10-16.

Палєєв Володимр Олександрович, другий (магістерський) рівень навчання, група 212-ЛЛГ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (097)618-81-81 E-mail: vpaleev12@gmail.com

Ясковець Анатолій Вячеславович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (057) 730-10-16.

ВТРАТИ ПОТУЖНОСТІ В ВУЗЛАХ І АГРЕГАТАХ ЯК ПОКАЗНИК ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ

Науковий керівник – докт. техн. наук, професор кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу УкрДУЗТ О.Б. Бабанін

Анотація. В статті розглядається можливість використання показника енергетичної ефективності локомотива для оцінки якості ремонту і використання потужності (енергоефективності) електровоза. Даний показник розраховується для електровозів, які пройшли поточний ремонт ТР-З або ремонт аналогічного обсягу, на основі прогнозованих додаткових втрат потужності в лімітуючих вузлах і агрегатах електровоза, що визначаються з урахуванням їх технічних параметрів і характеристик, отриманих в результаті виконаного ремонту. Застосування запропонованого показника в якості показника ефективності використання електровозів дозволить впливати на поліпшення їх технічного стану за рахунок управління якістю ремонту і використанням потужності.

Ключові слова: *якість ремонту, ефективність використання локомотива, показник енергетичної ефективності, втрати потужності.*

Вступ. В даний час помітно зростає значення експлуатаційної надійності тягового рухомого складу, на що безпосередньо впливає зростання швидкостей, збільшення вагових норм і підвищення вимог, що відносяться до безпеки руху поїздів.

На експлуатаційну надійність локомотивів істотно впливає своєчасне і якісне технічне обслуговування і ремонт, якість яких, в свою чергу, залежить від рівня технологічної готовності локомотиворемонтного виробництва. Особливо актуальною проблема ремонту стає при оновленні локомотивного парку, коли на зміну старим машинам приходять локомотиви нових серій з сучасними системами управління, електричною апаратурою і новими конструкціями механічної частини і тягового приводу

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження надійності і працездатності тягового рухомого складу магістральних залізниць, систем і технологій його технічного обслуговування і ремонту проводилися науковими колективами ВНИИЖТу, ОмГУПСу, ДПТУ, УкрДУЗТу і інші. Дані по відмовах в експлуатації і неплановим ремонтах магістральних локомотивів показують, що зберігається високий відсоток несправностей електричної апаратури, тепловозних дизелів, тягових електродвигунів (ТЕД), деталей і вузлів колісно-моторних блоків (КМБ).

Визначення мети та завдання дослідження. Метою дослідження є проаналізувати можливість поліпшення експлуатаційних показників і підвищення ефективності використання магістральних локомотивів через вдосконалення технологій і забезпечення якості виконання технологічних процесів їх технічного обслуговування і ремонту. Для цього необхідно розглянути можливість використання показника енергетичної ефективності локомотива для оцінки якості ремонту і використання потужності рухомого складу.

Основна частина дослідження. Для оцінки якості експлуатаційної діяльності підрозділів локомотивного господарства прийнята система показників, що характеризують якість праці працівників локомотивних депо і ефективність використання локомотивів. Показники ефективності використання локомотивів служать для планування обсягу і оцінки якості виконуваної ними роботи [1] і діляться на кількісні і якісні.

До кількісних показників ефективності роботи локомотивного парку відносять [1]:

- пробіг локомотива в локомотиво-кілометрах;
- час роботи локомотива в локомотиво-годинах;
- обсяг перевезень в тонно-кілометрах брутто.

Найчастіше роботу локомотивів вимірюють в тонно-кілометрах. Тонно-кілометр – вимірювач, що відображає виконану роботу локомотивами депо з перевезення вантажів і пасажирів. Показник тонно-кілометрів брутто є основною оцінкою виконання плану за обсягом роботи локомотивного депо. За його значенням проводиться розрахунок фінансування, норм витрати палива і енергії, визначається середня вага поїзда брутто і продуктивність локомотива, ведеться розрахунок потреби локомотивів для вантажного руху при плануванні.

Однак наведені вище показники не дозволяють в повній мірі відобразити ефективність використання локомотивного парку і провести аналіз його роботи за певний період часу.

До другої групи показників відносяться якісні показники, які, в свою чергу, розширюють можливості отримати більш точну оцінку роботи локомотивів [1].

Умовно можна виділити три групи показників якості використання локомотивів:

- за часом використання;
- по використанню потужності (енергоефективності);
- по продуктивності.

Крім цього до якісних показників слід віднести і загальний відсоток несправних локомотивів [1], який відображає технічний стан локомотивного парку і якість ремонту і технічного обслуговування локомотивів. Загальний відсоток несправних локомотивів визначається як відношення фронту ремонту локомотивів до парку локомотивів і виражається у відсотках.

Для того щоб знизити відсоток локомотивів, що знаходяться в несправному стані, необхідно проводити ряд заходів, спрямованих на:

- поліпшення технічного стану локомотивів;
- підвищення їх експлуатаційної надійності;
- скорочення простоїв в ремонті;
- впровадження діагностичного варіанту організації ремонтного виробництва та підвищення професійної культури локомотивних бригад і ремонтних працівників.

Ще одним показником якості ремонту може служити коефіцієнт ефективності технічного обслуговування і ремонту локомотива, який визначається як відношення часу перебування локомотива на всіх видах технічного обслуговування і ремонту, включаючи непланові ремонти, за деякий період експлуатації до часу знаходження локомотива в експлуатується парку за той же період [2].

Якісний ремонт тягового рухомого складу є найважливішим фактором надійності і безпеки перевізного процесу на залізничному транспорті [3] і багато в чому визначає ефективність використання локомотивів. У зв'язку з реформуванням ПАТ «Укрзалізниця» ремонт рухомого складу, що належить холдингу, здійснюється заводами-виробниками і сервісними локомотивними депо. Основне завдання цих підприємств – забезпечення необхідних показників технічної готовності локомотивів холдингу при економічно виправданому рівні фінансових витрат.

Якість ремонту характеризується технічними, технологічними, економічними показниками, одним з яких є енергоефективність (використання потужності) відремонтованого локомотива. Проводити оцінку використання потужності локомотива можна за коефіцієнтом корисної дії (ККД), який є величиною, що характеризує досконалість процесів перетворення, перетворення або передачі енергії, і визначається як відношення кількості енергії, відданої локомотивом для виконання перевізної роботи за певний період експлуатації, до кількості енергії, отриманої при згорянні палива або з контактної мережі (на електрифікованих ділянках колії), витраченої локомотивом за той же період [4]. Для зменшення витрати електроенергії і палива необхідно, щоб локомотив працював в зоні високих значень ККД [5].

Коефіцієнт корисної дії електровоза при роботі тягових двигунів на повній потужності при швидкості, відповідної тривалого режиму роботи, і при номінальній напрузі на струмоприймачі повинен бути не менше [6] 0,860 на змінному струмі і 0,875 на постійному струмі.

Зниження ККД відбувається через зростання втрат потужності в тягових двигунах, в перетворювачах, включаючи трансформатори, згладжують реактори, збудники при незалежному або змішаному збудженні; втрат потужності при споживанні електроенергії допоміжними машинами та іншими навантаженнями ланцюгів власних потреб, обумовлених погіршенням їх технічного стану.

Втрати енергії при її перетворенні на електрорухомому складі, які багато в чому визначаються технічним станом деталей, вузлів і агрегатів, також впливають на витрату енергії. Тому необхідно шукати резерви зниження втрат

потужності за рахунок проведення якісного ремонту вузлів і агрегатів рухомого складу, що поліпшує їх технічні характеристики. Втрати – різниця між споживаною потужністю і корисною потужністю будь-якої системи або пристрої [7, 8], в нашому випадку - локомотива.

Був обраний і обґрунтований показник енергоефективності ($ПЕЛ_{ел}$), який визначається на основі технологічних параметрів вузлів і агрегатів, одержуваних під час ремонту і фіксуються в звітній документації та електронному паспорті електровоза. Для визначення показника енергоефективності електровоза враховуються тільки ті технічні характеристики і технологічні параметри вузлів і агрегатів, які визначаються під час його ремонту або діагностування після ремонту. Втрати, пов'язані з режимами експлуатації, до уваги не беруться.

Запропонована методика визначення показника енергоефективності локомотива для оцінки якості ремонту електровозів ($ПЕЛ_{ел}$). Об'єктом застосування зазначеної методики були магістральні вантажні і пасажирські електровози постійного і змінного струму, що експлуатуються на мережі залізниць. У методиці встановлено загальний порядок визначення показника для оцінки якості ремонту електровоза з точки зору енергоефективності. Показник енергетичної ефективності - це абсолютна, питома або відносна величина споживання або втрат енергетичних ресурсів для продукції будь-якого призначення або технологічного процесу [4].

Розрахунок показника енергоефективності виконується для електровоза, який пройшов поточний ремонт ТР-3 або аналогічного обсягу і готового для пред'явлення приймальнику. Для розрахунку $ПЕЛ_{ел}$ використовувалася велика кількість (100-150 для однієї секції) параметрів, що вимірюються в процесі ремонту електровоза. Такий підхід не дозволяє говорити про можливість практичного застосування запропонованої методики, а математичний розрахунок, ускладнений великою кількістю параметрів, що вводяться, істотно ускладнює автоматизацію процесу визначення показника енергоефективності локомотива.

В сучасних електровозах на так звані власні потреби (живлення допоміжного обладнання, перетворювачів та ін.) Витрачається на постійному струмі 15 - 20%, а на змінному струмі 25 - 30% від загальної кількості використовуваної електричної енергії. Основна частина (70 - 85%) електричної енергії, споживаної електровозом, доводиться на тягові електродвигуни і перетворюється в колісно-моторних блоках в механічну енергію обертання колісних пар і тягове зусилля для пересування складу поїзда.

Таким чином, для забезпечення балансу між трудомісткістю ремонту і точністю розрахунку $ПЕЛ_{ел}$ досить враховувати додаткові втрати потужності, пов'язані з параметрами після ремонту наступних вузлів і агрегатів електровозів: моторно-осьових підшипників, зубчастої передачі, колісних пар, тягових електродвигунів (швидкісні характеристики).

Як показник енергоефективності електровоза приймається відношення експериментально-розрахункового коефіцієнта корисної дії, отриманого з

урахуванням прогнозованих додаткових втрат потужності в вузлах і агрегатах електровоза, що визначаються на основі їх технічних параметрів в результаті виконаного ремонту, до контрольно-розрахункового ККД, прийнятому за паспортними даними електровоза даної серії [9]

$$ПЕЛ_{ел} = \frac{\eta_{EP}}{\eta_{KP}}, \quad (1)$$

де η_{EP} – експериментально-розрахунковий ККД (визначений на підставі післяремонтних параметрів вузлів і агрегатів, які вибираються з ремонтної документації);

η_{KP} – контрольно-розрахунковий ККД (прийнятий за паспортними даними електровозів даної серії).

При виконанні ремонту в складальних одиницях, вузлах і агрегатах електровоза можуть з'явитися додаткові втрати потужності, зумовлені відхиленням їх технічних параметрів і характеристик від заводських значень, встановлених в конструкторській документації, що знижує його ККД. Додаткові втрати потужності залежать від встановлених в ремонтній документації допусків на технічні параметри і характеристики агрегатів і вузлів: чим більше допуски, тим значнішими можуть бути втрати потужності. Значення експериментально-розрахункового ККД електровоза після ремонту

$$\eta_{EP} = \eta_{KP} - \frac{\sum \Delta P_i}{P_{ел}}, \quad (2)$$

де ΔP_i – прогнозовані додаткові втрати потужності в i -му вузлі електровоза, що визначаються на підставі технічних параметрів і характеристик цього вузла після виконаного ремонту, внесених в ремонтну документацію;

$P_{ел}$ – потужність тривалого режиму на валах тягових електродвигунів електровоза розглянутої серії.

Для даної серії електровоза необхідно визначити сумарні прогнозовані додаткові втрати потужності, коли всі допуски на ремонт окремих вузлів і агрегатів, встановлені в нормативній документації, дотримані, але при цьому втрати в кожному вузлі або агрегаті максимальні

$$\Delta P_{max} = \sum_i \Delta P_i^{max}. \quad (3)$$

При такому рівні додаткових втрат експериментально-розрахунковий ККД η_{EP} і показник енергоефективності ПЕЛ_{ел} матимуть мінімальні значення:

$$\eta_{EP}^{min} = \eta_{KP} - \frac{\Delta P_{max}}{P_{ел}}, \quad (4)$$

$$ПЕЛ_{ел}^{\min} = \frac{\eta_{EP}^{\min}}{\eta_{KP}}. \quad (5)$$

Для кожної серії електровозів значення $ПЕЛ_{ел}^{\min}$ матиме своє значення, обумовлене конструкційними особливостями.

Для оцінки якості ремонту отримане в результаті розрахунку значення показника енергоефективності $ПЕЛ_{ел}$ порівнюється з $ПЕЛ_{ел}^{\min}$ для даної серії електровозів. Коли $ПЕЛ_{ел}$ менше, ніж, якість ремонту з точки зору енергоефективності вважається незадовільним. В цьому випадку необхідне проведення додаткових ремонтних робіт по вузлах, які мають найбільші прогнозовані додаткові втрати потужності.

Використовувані для визначення $ПЕЛ_{ел}$ прогнозовані додаткові втрати потужності, що залежать від якості ремонту, розраховуються за технічними параметрами вузлів і агрегатів електровоза.

Вихідними даними для визначення приросту втрат потужності в вище перерахованих вузлах в залежності від їх технічного стану при виході електровоза з ремонту є радіальні зазори в моторно-осьових підшипниках, загальні бічні зазори в зубчастих передачах, швидкісні характеристики колісно-моторних блоків і діаметри бандажів коліс, зафіксовані в паспорті електровоза після проведення ремонтних робіт.

Втрати потужності в моторно-осьовому підшипнику визначаються з використанням регресійних рівнянь.

$$\Delta P_{МОП}(\Delta_j^{МОП}) = 4,5(\Delta_j^{МОП})^2 - 26\Delta_j^{МОП} + 16, \quad (6)$$

де $\Delta_j^{МОП}$ – радіальний зазор в j -му моторно-осьовому підшипнику.

Втрати потужності в зубчастій передачі також розраховуються за регресійними рівняннями [10].

Для електровозів постійного струму це рівняння має наступний вигляд

$$\Delta P_{ЗП}(\Delta_j^{ЗП}) = 0,25\Delta_j^{ЗП} + 1,65, \quad (7)$$

де $\Delta_j^{ЗП}$ – бічний зазор в j -му зубчастому зачепленні.

Для визначення приросту втрат потужності в МОП і зубчастих передачах в залежності від їх технічних параметрів, отриманих в результаті ремонту, знаходимо різницю між мінімально можливими втратами потужності і прогнозованими фактичними втратами після ремонту

$$\Delta P_{io} = P_{i\phi} - P_{i\min}, \quad (8)$$

де мінімальні втрати потужності у вузлі P_{imin} визначаються по формулам (6) і (7) при відповідних мінімальних значеннях Δj згідно з нормативною документацією.

Приріст втрат потужності через різницю діаметрів бандажів коліс

$$\Delta P_{KPi} = N_{max} - N_i, \quad (9)$$

де N_{max} – максимальна потужність, що видається на одну колісну пару з максимально можливим діаметром колеса (нове), кВт;

N_i – потужність, що видається на i -у колісну пару зі зменшеним діаметром коліс у зв'язку із зносом або механічною обробкою бандажів після ремонту, кВт.

При цьому

$$N_i = \frac{2\pi M_i n}{60}, \quad (10)$$

де n – частота обертання колісної пари, об/хв;

M_i – крутний момент на колесі, кН·м.

$$M_i = FR_{ki}, \quad (11)$$

де F – тягове зусилля на осі колісної пари, кН;

R_{ki} – усереднений радіус бандажа i -ої колісної пари, м.

Прогнозовані додаткові втрати потужності через різницю швидкісних характеристик КМБ визначаються за формулою

$$\Delta P_i = \frac{P_{el}}{K_{oc} \cdot K_{сек}} \cdot \frac{0,5x_i}{100}, \quad (12)$$

де P_{el} – потужність тривалого режиму на валах тягових двигунів електровоза, кВт;

K_{oc} – кількість осей для секції електровоза;

$K_{сек}$ – кількість секції електровоза.

За результатами енергетичного паспорта локомотива в сервісних локомотивних депо (на підставі отриманих даних розрахунку ПЕЛ_{ел} для електровозів можна зробити висновок про те, що уточнена методика визначення ПЕЛ_{ел} працездатна і дозволяє оцінювати якість ремонту з точки зору енергоефективності.

Для ефективного управління і забезпечення якості технічного обслуговування і ремонту необхідно визначати оптимальний графік контролю енергоефективності, що мінімізує загальні витрати в одиницю часу, пов'язані з проведенням діагностування, ремонту і роботою устаткування, технічні

характеристики якого, знаходяться в зоні граничних значень допустимого діапазону.

Висновки. При проведенні аналізу були зроблені висновки, що застосування ПЕЛ_{ел} як показник ефективності використання електровозів дозволить впливати на поліпшення їх технічного стану за рахунок управління якістю ремонту і використанням потужності за допомогою зниження додаткових втрат, пов'язаних з неоптимальними значеннями технічних характеристик лімітуючих вузлів і агрегатів після ремонту. Крім того, при подальшому накопиченні і систематизації даних про динаміку зміни показника енергоефективності з'являється можливість проводити порівняльну оцінку ПЕЛ_{ел} з фактичними даними енергоефективності локомотивів в експлуатації для визначення причин перевитрати електроенергії та вжиття заходів щодо їх усунення. Запропонований підхід може бути використаний для оцінки якості ремонту окремих лімітують вузлів механічного обладнання і для прогнозування їх залишкового ресурсу на підставі даних про зміни показника енергоефективності.

Список літератури

1. Феоктистов В. П. Электрические железные дороги. Учебник. МИИТ. М., 2006. 269 с.
2. Pokazateli ispol'zovaniya lokomotivov. Terminy i opredeleniya, GOST R 56046-2014. (Indicators of the use of locomotives. Terms and definitions). Moscow: FGUP Standartinform, 2014. 24 p.
3. Smirnov VA Target indicators for assessing the quality of technological solutions for enterprises repairing rolling stock [Celevye pokazateli ocenki kachestva tekhnologicheskikh reshenij predpriyatij po remontu podvizhnogo sostava] Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka - Scientific problems of transport in Siberia and the Far East / SGUVT. Novosibirsk, 2013. № 1 pp. 32 - 38.
4. Energoberezhenie. Normativno-metodicheskoe obespechenie. Osnovnye polozheniya. GOST R 51387-99 (Energy saving. Normative and methodological support. Basic Provisions) / Moscow: GosStandar, 1999. 16 p.
5. Osipov S. I., Osipov S. S., Feoktistov V. P. Teoriya ehlektricheskoy tyagi (Theory of electric traction) / Moscow: Educational met. center at the railroad transport, 2006. 436 p.
6. Муравьев Д.В. Анализ потерь мощности в электромагнитных контакторах типа МК электровозов постоянного и переменного тока. Екатеринбург. Уральский гос. ун-т путей сообщения. 2016. № 1. С. 46 – 52.
7. Шантаренко С. Г. Качество ремонта и энергоэффективность электровозов. Ростов-на-Дону. 2015. №1. С. 46 – 52.
8. Шантаренко С.Г., Капустян М.Ф. Оценка потерь мощности в узлах экипажной части электровозов. Омск.: Омский гос. ун-т путей сообщения. 2015. № 3. С. 62 – 68.

9. Бочаров В.И., Золотарев П.А. Магистральные электровозы. Электрические машины и трансформаторное оборудование электровозов. М.: Машиностроение. 1968. 444 с.

10. Браун Р. Исследование операций. Модели и применение. М.: Мир. 1981. 677 с.

Нізомов Рустамбек Шухранбек Угли, другий (магістерський) рівень навчання, група 213-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (099) 687-59-57. E-mail: nizomov9@ukr.net

Гребцов Р. Ю., Щербаков Є.І., Полосенко Д.Д.

АНАЛІЗ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПНЕВМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОВОЗІВ

*Науковий керівник – канд. техн. наук, доцент кафедри експлуатації
та ремонту рухомого складу УкрДУЗТ А. Л. Сумцов*

Анотація. У роботі були проаналізовані надійність функціонування пневматичної системи тепловозів з використанням методу Парето з послідовним визначенням вузлів, що потребують додаткової уваги в процесі експлуатації. Визначено розподіл відмов компресорів локомотивів по складових вузлах та місяцях року. Застосування методу Парето дозволило виявити основні вузли та пори року в яких необхідно додаткове діагностування їхнього стану.

Ключові слова: тепловози, пневматична система, метод Парето, надійність, компресори локомотивів.

Вступ. Залізничний транспорт відіграє важливу роль у розвитку країни. Зокрема в нашій країні на нього припадає 82 % вантажних і майже 50 % пасажирських перевезень, які здійснюються усіма видами транспорту. За обсягами вантажних перевезень українська залізниця займає четверте місце на Євразійському континенті, поступаючись лише залізницям Китаю, Росії та Індії [1].

Значний об'єм перевезень вантажного руху припадає на тепловози серії 2ТЕ116. Вони є основними в перевезеннях на Донецькій, Південній, Одеській та Придніпровській залізницях. Більшість з локомотивів цієї серії випущені в 80-ті роки ХХ-го століття та вичерпали ресурс призначений заводом виробником і потребують модернізації або заміни на нові локомотиви. Нажаль недостатні темпи фінансування протягом останніх десятиліть не дають змогу говорити про глобальне оновлення парку. Тому своєчасний аналіз роботи устаткування є важливим напрямком пошуку раціонального шляху забезпечення надійності функціонування цих тепловозів. Основною проблемою, що виникає під час аналізу є вибір вузлів яким необхідно приділити основну увагу при впровадженні заходів з підвищення надійності локомотива.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Визначенню надійності рухомого складу присвячено багато праць [2 - 8]. Серед найбільш фундаментальних слід виділити [3 - 6]. Основну увагу в них приділяють саме визначенню числових оцінок надійності. В роботах [7, 8] запропоновано застосування оцінки надійності вузлів на базі принципу Парето. Використання такого підходу дозволяє зменшити трудомісткість розрахунків при виборі напрямку підвищення надійності.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є оцінка надійності пневматичної системи та вибір методу її підвищення.

Для цього потрібно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати відмови вузлів пневматичної системи тепловозів;
- використовуючи метод Парето визначити вузли на які припадає більшість відмов;
- обрати напрямки та заходи для підвищення надійності пневматичної системи.

Основна частина дослідження.

Під час проходження переддипломної практики були зібрані статистичні дані щодо надійності пневматичної системи та компресорів тепловозів (таблиця 1 та 2).

Таблиця 1

Розподіл пошкоджень пневматичної системи за устаткуванням

№	Вузол	Кількість відмов	Кількість відмов з накопиченням	Відсоток відмов	Відсоток відмов з накопиченням
1	Компресор	26	26	40	40
2	Кінцеві крани	20	46	31	71
3	З'єднувальні рукава	10	56	15	86
4	Трубопроводи	5	61	8	94
5	Інше устаткування	4	65	6	100
6	Всього	65		100	

Таблиця 2

Розподіл пошкоджень компресора за вузлами

№	Вузол	Кількість відмов	Кількість відмов з накопиченням	Відсоток відмов	Відсоток відмов з накопиченням
1	Сальник	10	10	37	38
2	Підшипник	9	19	35	73
3	Кільця	2	21	8	81
4	Поршень	2	23	8	88
5	Клапан	1	24	4	92
6	Гільза	1	25	4	96
7	Клапана коробка	1	26	4	100
8	Всього	26		100	

Для аналізу виявлених пошкоджень та вибору з них тих що потребують найбільшої уваги при виборі напрямків вдосконалення технології ремонту скористаємося принципом Парето.

Принцип Парето або Закон Парето - емпіричне правило, яке стверджує, що для багатьох явищ 80 відсотків наслідків спричинені 20 відсотками причин. Ця ідея знайшла застосування у багатьох галузях. Наприклад, 20% злочинців скоюють 80 % злочинів, 20 % водіїв створюють 80 % аварій, 20% покупців дають 80 % прибутків. Принцип був відкритий Джозефом Мозесом Юраном, а названий ім'ям італійського економіста Вільфредо Парето, який спостеріг, що 80 % власності в Італії належить 20 % її населення. Останнім часом цей принцип використовують для якісної оцінки технічного стану вузлів та агрегатів локомотивів [7, 8]

Основний задачі використання закону Парето:

- представлення інформації про фактори (причини), що впливають на зміни характеристики в наочному вигляді;
- ранжування причин та розподіл пріоритетів у подальших діях;
- оцінка результативності та ефективності запропонованих дій;
- визначення області першочергових заходів.

Діаграма Парето - графічне відображення принципу Парето, кумулятивна залежність розподілу дефектів вузлів електромоторів, інструмент аналізу, що показує в порядку зменшення «вклад» окремого фактора. Діаграма Парето дозволяє виявляти та відображати першочергові проблеми та розподіляти зусилля з метою їх ефективного рішення; встановить основні фактори, з яких треба почати діяти. З її допомогою легко визначити проблемні моменти й поставити відповідні завдання для їхнього розв'язку. Таким чином, діаграма – це інструмент, за допомогою якого виявляються саме ті причини, з усунення яких і потрібно почати для вирішення виникаючих проблем.

Діаграма Парето представлена у вигляді стовпців, розташування яких йде по спадній лінії ліворуч праворуч. Це означає, що найважливіші причини, на які й варто звернути увагу, перебувають ліворуч.

Зібрані статистичні дані таблиць 1 та 2, з урахуванням графу для кількості та накопиченої суми дефектів, відсотків від їх загальної кількості та сумарного відсотка використаємо для побудови діаграми Парето.

Для побудови діаграм Парето на осі абсциси позначають назву дефектів, на лівій осі ординат - кількість дефектів, а на правій – накопичений відсоток. Будуємо діаграму, де кожному дефекту відповідає свій стовпчик гістограми, вертикальна сторона якого дорівнює кількості дефектів. Дефекти розташовуємо в порядку зменшення. Якщо при побудові діаграм ми отримуємо, що ряд стовпчиків мають однакову висоту, це означає їх однакові внесок в утворення дефектів. Далі будуємо криву накопиченого відсотка. Дана крива носить назву кривої Парето, вона відображає в загальному випадку накопичене вплив всіх причин утворення дефектів.

Далі на рівні 80% проводять горизонтальну лінію до перетину з кумулятивною кривою і з точки перетину опускаємо перпендикуляр до

горизонтальної осі. У результаті отримаємо дві області дефектів, які розташовані на лівому від перпендикуляра, є значимими, а справа незначні (рис. 1).

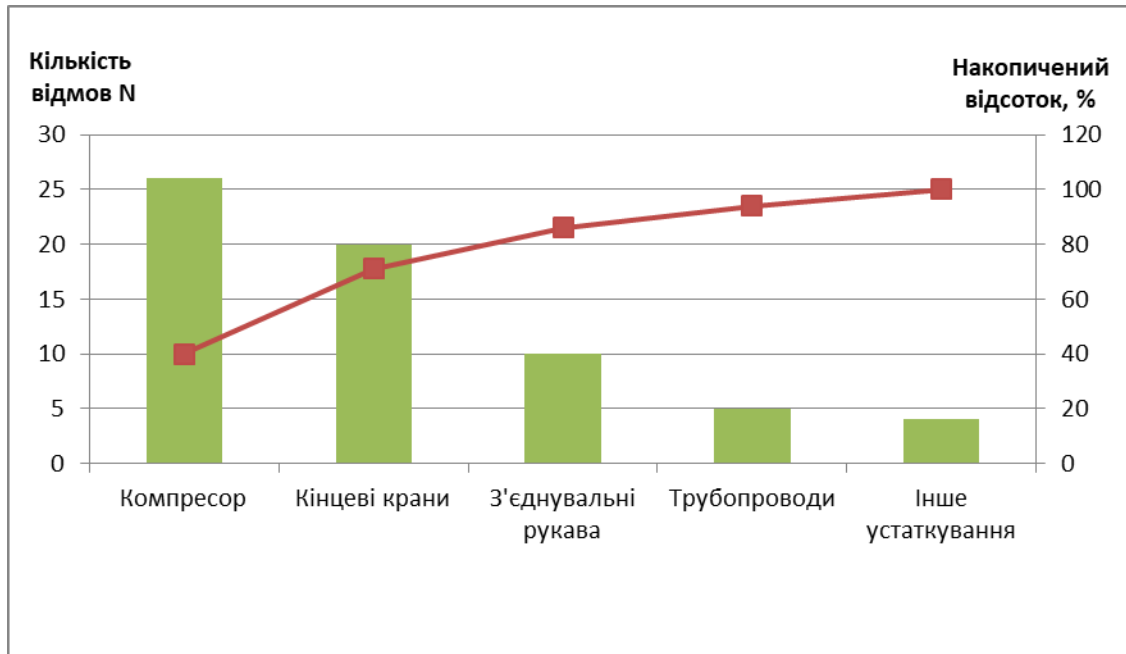


Рис.1. Діаграма Парето для відмов вузлів пневматичної системи

Аналізуючи побудовані діаграми основну увагу при впровадженні заходів з підвищення надійності необхідно приділити компресору, кінцевим кранам та з'єднувальним рукавам.

Аналогічним чином проаналізуємо надійність роботи компресора. Згруповані статистичні дані приведені в таблиці 2, а побудована діаграма на рис. 2.

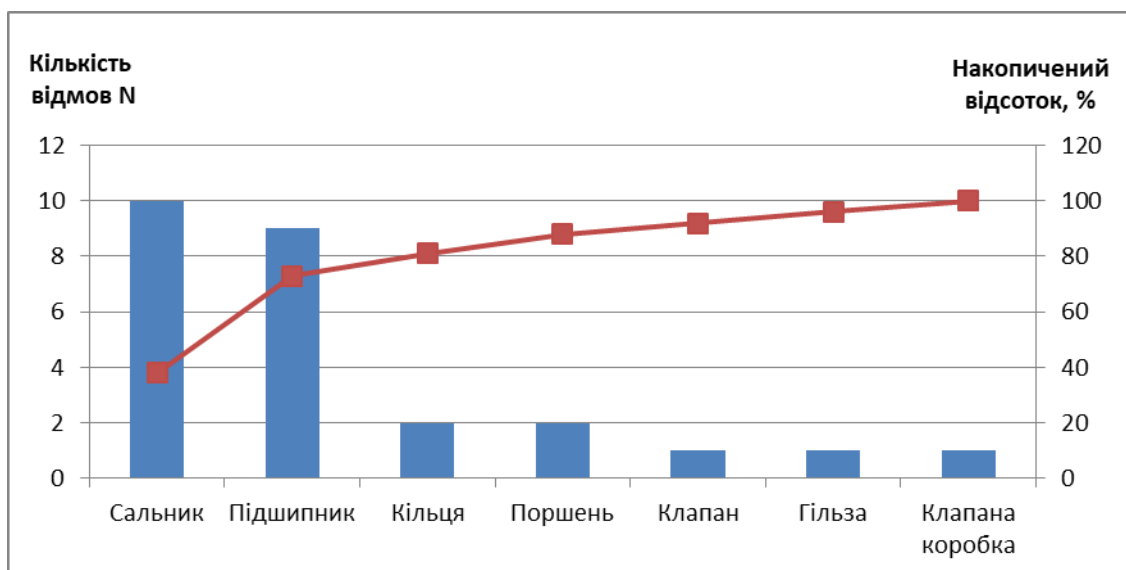


Рис. 2. Діаграма Парето для відмов вузлів компресора

З побудованої діаграми Парето наочно видно, що в області ризику виникли такі дефекти як відмова сальника, підшипника, регулятора та поршневих кілець. Сумарно на них припадає 83% відмов компресорів. Таке положення обумовлено причинами, виявляти які для подальшого вивчення та налагодження можна за допомогою інших інструментів якості.

Проаналізуємо розподіл відмов по місяцям року. Кількість відмов компресора n_K та пневматичної системи в цілому $n_{ПС}$ приведені в таблиці 3 та на діаграмах рис. 3 і 4.

Таблиця 3

Кількість та відсоток відмов від сезону експлуатації

Показники	Місяць											
	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
n_K , ЛОК	2	3	0	1	1	2	1	5	4	5	1	1
i_K , %	7,7	11,5	0	3,8	3,8	7,7	3,8	19,3	15,5	19,3	3,8	3,8
$n_{ПС}$, ЛОК	2	2	2	3	5	2	2	5	4	5	4	3
i_K , %	6,2	7,7	3,1	6,2	9,2	6,2	4,6	15,3	12,3	15,3	7,7	6,2

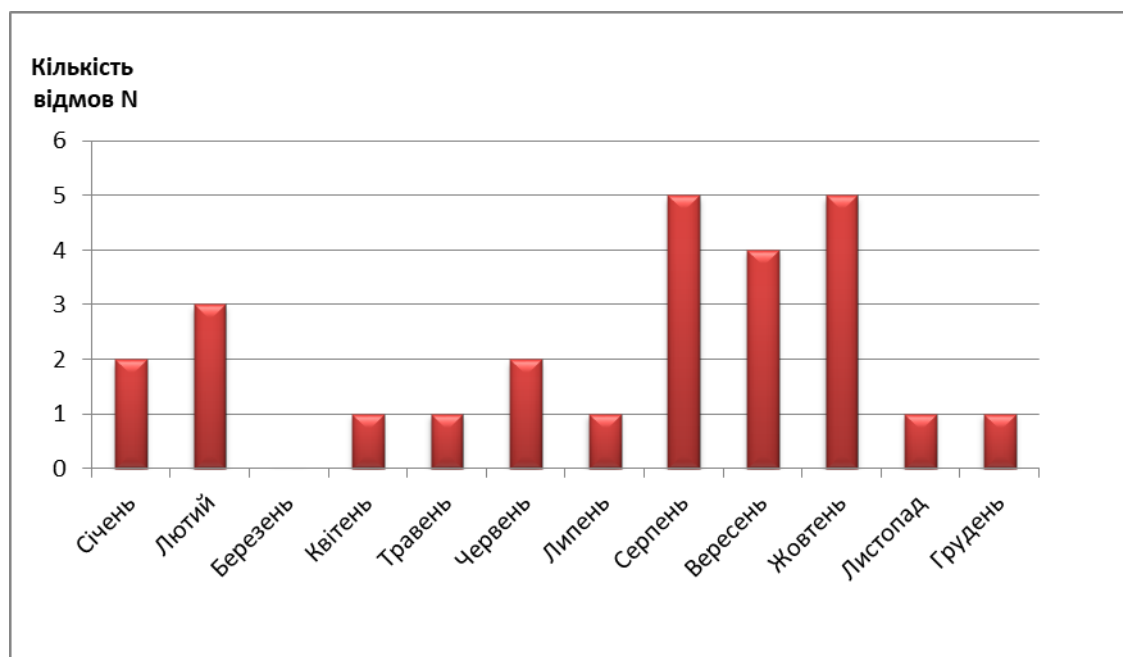


Рис.3. Розподіл відмов компресорів по місяцях

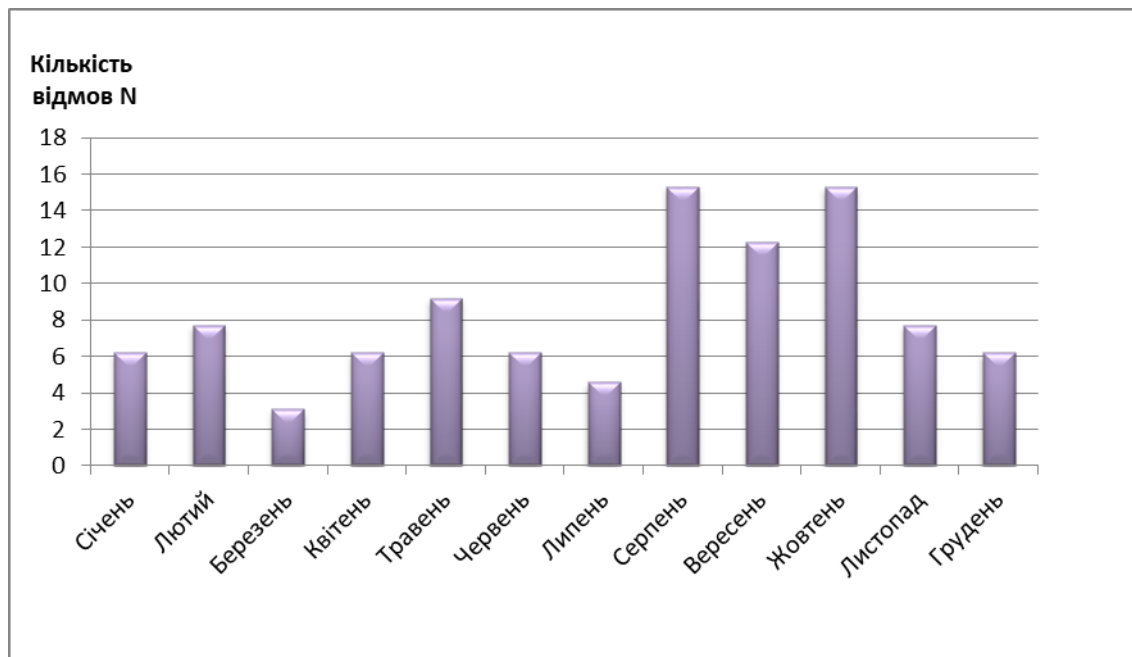


Рис.4 Розподіл відмов устаткування пневматичної системи по місяцях

Таким чином необхідне впровадження сучасних методів діагностування стану компресорів які би дозволили своєчасно виявляти зародження дефектів або порушення в роботі.

Серед основних параметрів, які можна ефективно використовувати діагностування стану підшипника є його температур. В більшості випадків використання зовнішнє кільце підшипника нерухомо встановлено і тому має нижчу робочу температуру, ніж внутрішнє кільце. Це може привести до зменшення внутрішнього зазору в підшипнику. Коли існує велика різниця в робочих температурах між внутрішнім і зовнішнім кільцями підшипника, рекомендується створення більш вільних радіальних зазорів, які дозволять компенсувати теплове розширення компонентів підшипника. Тому необхідно завжди звертати особливу увагу на різницю робочих температур і напрямок теплового потоку в підшипниковому вузлі. Мною пропонується використання тепловізійного обстеження компресорів підчас проведення ТО-2 локомотивів. Це дозволить дискретно моніторити стан підшипника. Додатково, в осінній період, необхідно проводити вібродіагностування стану підшипника. Такий комплекс заходів дозволить знизити кількість відмов.

Для підвищення надійності кінцевих кранів та іншої запорної арматури локомотива необхідно підвищити якість стиснутого повітря за рахунок зменшення його вологості та кількості твердих часток. Пропонується окрім штатної системи осушки повітря використовувати додатковий елемент – циклонний сепаратор. Завдяки циклонним сепараторам зі стисненого повітря віддаляється близько 99% твердих часток і рідкого конденсату. Це суттєво знижує навантаження на системи подальшого очищення стисненого повітря [9].

Висновки. В результаті проведених досліджень в роботі були отримані наступні результати.

1. Проаналізовані дані щодо надійності пневматичної системи локомотивів.
2. Використовуючи метод Парето визначено, що найбільшу увагу в експлуатації необхідно приділити контролю стану компресора, з'єднувальних рукавів та кінцевих кранів.
3. Проведений аналіз відмов компресорів вияв необхідність підвищення надійності функціонування сальників та підшипників.
4. Таким чином, за підсумками роботи можна зробити висновок, що основними напрямками для збільшення надійності компресорів тепловозів необхідно розглянути ті, що направлені на збільшення строку служби сальника та підшипників і впровадження сучасних приладів діагностування для своєчасного виявлення дефектів цих вузлів.
5. Запропоновані заходи з діагностування стану підшипників компресора та встановлення сепаратора повітря дозволять суттєво підвищити надійність пневматичної системи.

Список літератури

1. Про нас. URL: <https://www.uz.gov.ua/about/>
2. Ромський В.В., Сумцов А.Л. Модель визначення надійності дизельного рухомого складу при експлуатації його в приміському русі. Збірник наукових праць УкрДАЗТ, 2013, вип. 141. С. 126 – 130.
3. Четвергов Виталий Алексеевич, Балагин Дмитрий Владимирович, & Балагин Олег Владимирович (2014). Анализ факторов, определяющих надежность тепловозов на различных стадиях жизненного цикла. Известия Транссиба, (4 (20)), 72-79.
4. Четвергов, В. А. Надежность локомотивов : Учеб. для студентов вузов ж.-д. трансп. / В. А. Четвергов, А. Д. Пузанков; Под ред. В. А. Четвергова. М. : Маршрут, 2003. - 413 с.
5. Горский, А.В., Воробьев А.А. Надежность электроподвижного состава. Москва: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2005. 303 с.
6. Кочерга, В.Г. Надежность тепловозов : учеб, пособие. Хабаровск: ДВГУПС, 2012. 66 с.
7. Буйносов А.П., Мишин Я.А. Анализ причин отказов узлов электровозов на основе закона Парето и диаграммы Исикавы. Вестник транспорта Поволжья 2013. № 3 (39) С. 35 – 39.
8. Воробьев А.А., Скребков А.В., Карпов В.А. Анализ Парето для контроля качества деталей подвижного состава. Мир транспорта. 2012. № 5. С. 24 – 26.
9. Циклонные сепараторы URL: <https://air-part.ru/category/ciklonnye-separatory/>

Гребцов Руслан Юрійович, другий (магістерський) рівень навчання, група 212-ЛЛГ-319
Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (050) 037-73-08.
E-mail: ruslan.grebtsov@gmail.com

Щербаков Євген Ігорович, другий (магістерський) рівень навчання, група 212-ЛЛГ-319
Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (099) 981-63-17.
E-mail: pokerface40112@gmail.com

Полосенко Данило Дмитрович, перший (бакалаврський) рівень навчання, група 131-ЛЛГ-Д18
Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (066) 553-52-55.
E-mail: dany.polosenko@gmail.com

ЗАХОДИ ПО ЗБІЛЬШЕННЮ НАДІЙНОСТІ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Науковий керівник – канд. техн. наук, доцент кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу УкрДУЗТ А. Л. Сумцов

Анотація. У роботі були проаналізовані дані щодо надійності тягових двигунів тепловозів. Виявлено основні причини їх відмов. Запропоновано до використання бортову систему вимірювання опору ізоляції. Розроблено та запропоновано до впровадження бортову систему вимірювання температури колісно-моторних блоків, яка дозволяє вимірювати температуру основних вузлів та має можливість розширення функціоналу за рахунок використання додаткових датчиків в залежності від умов та потреб.

Ключові слова: тягові електродвигуни, надійність, діагностування, бортові системи, тепловози.

Вступ. Тягові електродвигуни (ТЕД) відіграють важливу роль в функціонуванні тепловоза вони безпосередньо створюють обертальний момент, який за допомогою тягового редуктора призводить до обертання колісної пари. Вони експлуатуються в складних умовах значних динамічних навантажень, низької якості охолоджуючого повітря (високий ступінь запиленості та вологості), постійного перепаду температур та інших факторів. Сукупність цих причин призводить до передчасних відмов.

Управління рухом транспортних засобів пов'язане з регулюванням у широких межах параметрів режимів навантаження тягових приводів: потужності, тягового моменту і частоти обертання. Тому робота тягової передачі характеризується непостійністю за величиною і в часі показників, що визначають навантаження її конструктивних елементів. До сказаного слід додати, що тягова передача повинна забезпечувати безвідмовну роботу тягового привода в широкому діапазоні швидкості руху (від нуля в момент рушання – до конструкційної), а також у разі зміни напрямку руху і режимів роботи електрорухомого складу – тяга і електричне гальмування [1]. Для підвищення надійності тягових двигунів в експлуатації необхідне впровадження сучасних досягнень науки та техніки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемам конструкції та надійності тягового приводу локомотивів присвячено багато наукових та навчальних праць. Серед останніх слід відмітити праці [1-6]. Більшість локомотивів залізниць України мають тяговий привід постійного струму тому для впровадження необхідний вибір саме заходів підвищення надійності двигунів постійного струму та враховувати можливість впровадження таких заходів на існуючому парку локомотивів для отримання максимального ефекту

з урахуванням старіння локомотивного парку та складної ситуації з його оновлення [7]. Тому вивчення даної проблеми є своєчасною і актуальною.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є вибір заходів для підвищення надійності тягових двигунів в експлуатації.

Для цього потрібно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати надійність тягових електродвигунів в експлуатації;
- вибрати та розробити пристрої для бортового діагностування виявлених причин відмов тягових двигунів;
- зробити висновки.

Основна частина дослідження. Найбільш часто ТЕД потрапляють в ремонт внаслідок пошкодження ізоляції або низького її опору, порушення режимів комутації (виникнення кругового вогню або іскріння по колектору), пошкодження якірних підшипників (Рис.1). Тому основну увагу треба приділити своєчасному діагностуванню виникнення цих несправностей.

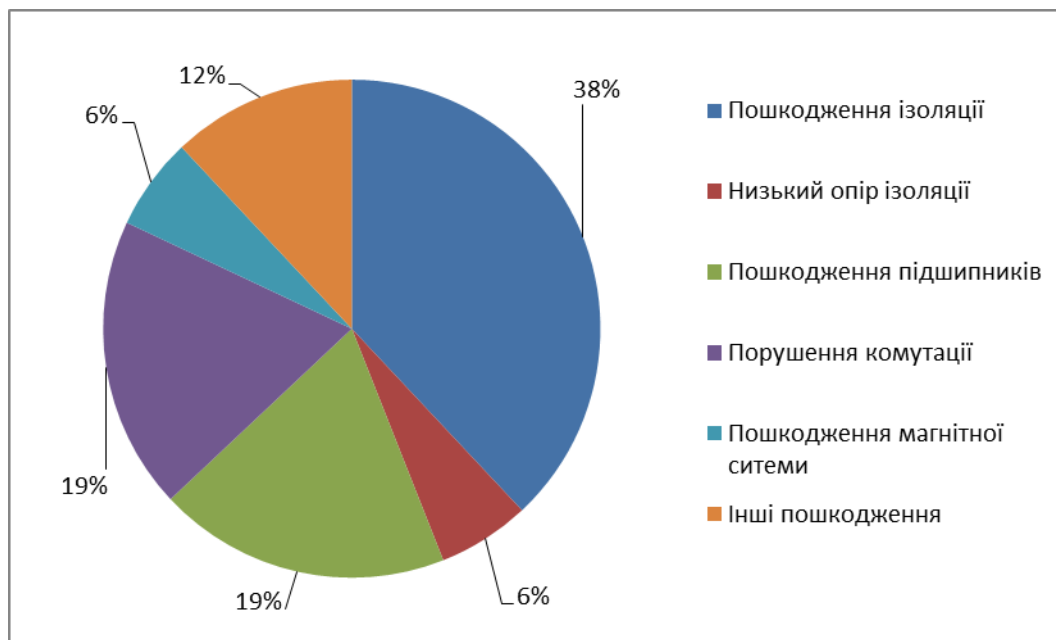
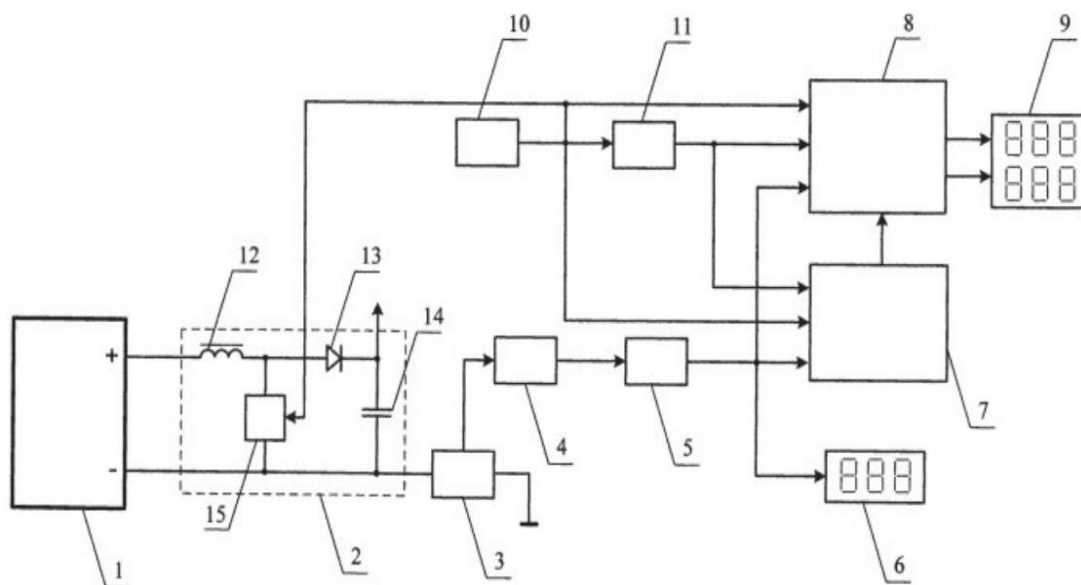


Рис.1. Розподіл відмов по причинах

Виявлені відмови ізоляції тягових двигунів та електричних кіл потребують особливої уваги. Для зменшення можливості їх виникнення необхідне застосування обладнання як для діагностування стану ізоляції так і для її ремонту.

Основною причиною виходу з ладу ТЕД є зниження електричного опору ізоляції його обмоток внаслідок перегріву і впливу чинників навколишнього середовища. Актуальним є питання бортової реєстрації опору ізоляції. Електричний опір ізоляції обмоток можна реєструвати під час роботи ТЕД. Існують пристрої безперервної діагностики стану ізоляції силових ланцюгів, в тому числі з виведенням інформації на пульт управління тягової одиниці [8]. Схема пристрою представлена на рис. 2.



1 - джерело живлення; 2 - блок формування імпульсного напруги; 3 - датчик струму; 4 - аналогово-цифровий перетворювач; 5-блок обчислення опору ізоляції; 6 - індикатор поточного опору ізоляції; 7 -модуль пам'яті; 8 - блок обчислення прогнозованих параметрів; 9 - індикатор; 10 - вібратор періодичних імпульсів; 11 - мультивибратор.

Рис. 2. Пристрій для вимірювання опору ізоляції в експлуатації

Пристрій призначений для безперервного контролю та прогнозування стану (опору) і вологості ізоляції силових ланцюгів по реєстрації значень струму витoku. Безперервний контроль електричного опору і вологості ізоляції обмоток ТЕД дозволить прогнозувати пробою ізоляції і відповідно до отриманої інформації приймати рішення щодо подальшої експлуатації ТЕД [8].

Для оцінки технічного стану підшипникових вузлів колісно-моторних блоків необхідно організовувати контроль рівня осьового масла в змазуючих пристроях, температури вкладишів моторно-осьових підшипників і букс, а також вібрації під час роботи.

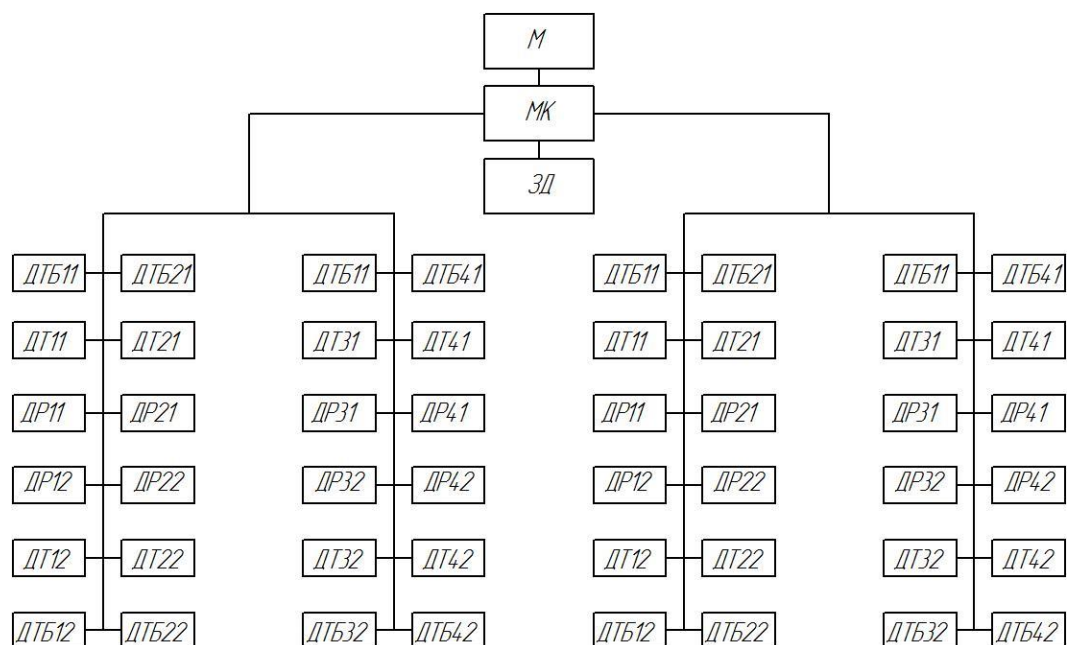
Вимірювання рівня рідин, в тому числі і масла, в різних сферах діяльності здійснюють за допомогою поплавкових, теплових, ультразвукових або ємнісних датчиків. Для вимірювання рівня масла в змащувальних пристроях МОП доцільно використовувати теплові, ультразвукові або ємнісні датчики, так як при негативних температурах нижче $-40 \dots -55^{\circ} \text{C}$ відбувається застигання осьового масла, що призведе до виведення з ладу будь-якого поплавкового датчика через зависання поплавка в в'язкому середовищі [8].

Контроль температури вкладишів або мастила МОП можливо здійснювати за допомогою монтування в них термодатчиків, при цьому інтервал реєстрованих температур датчиків повинен входити в робочий інтервал температури вкладишів МОП - $0-70^{\circ} \text{C}$.

Відповідальним вузлом рухомого складу є буксових вузол. Основні несправності буксових вузлів супроводжуються надмірним підвищенням температури, реєстрація якої дозволить оцінити їх технічний стан. Робоча температура буксового вузла повинна перевищувати температуру навколишнього середовища не більше ніж на 25-30 ° С, при цьому максимально допустима температура становить 80 ° С. Тому для вимірювання температури буксових вузлів доцільно застосовувати датчики з верхньою межею до 100 - 120° С, мають захист від запиленості, забруднення, впливу вологості і знакозмінних температурних впливів.

Враховуючи вище наведені вимоги було розроблено функціональну схему пристрою контролю стану колісно-моторного блоку тепловозів ТЕМ7, яка представлена на рис. 3.

Розроблена система дозволяє фіксувати значення параметрів буксових вузлів та моторно осьових підшипників. Вона може бути розширена за рахунок додавання датчиків контролю температури моторно якірних підшипників.



М – монітор; МК – мікропроцесорний блок обробки інформації; ЗД – блок зовнішніх додаткових датчиків; ДТБ11 – ДТБ42 – датчики контролю температури буксових вузлів; ДТ11 – ДТ42 – датчики контролю температури моторно осьових підшипників; ДР11 – ДР42 – датчики контролю рівня мастила

Рис. 3. Схема системи контролю стану колісно-моторного блоку

Дані що отримуються з датчиків передаються до головного мікропроцесора де оброблюються та зберігаються та передаються до монітору стану, який встановлюється в кабіні машиніста. Така система дозволяє контролювати стан температури всіх важливих вузлів колісно-моторного блоку та безпосередньо тягового двигуна.

У випадку необхідності дана система може бути доукомплектована додатковими датчиками контролю нагрівання обмоток полюсів, датчиками параметрів охолоджуючого повітря (вологість, температура та тиск повітря) та іншими, які приєднуються до системи через блок зовнішніх датчиків (ЗД).

При встановленні нових бортових систем діагностування треба враховувати, що для локомотивної бригади необхідно виводити постійно лише найважливішу інформацію, а іншу лише за прямим запитом з пульта керування. Проте для забезпечення виявлення закономірностей відмов та порушень в експлуатації необхідне фіксування та збереження в пам'яті великого об'єму інформації з послідуною її обробкою у відповідному відділі локомотивного депо.

Обидві розглянуті системи можуть бути використані як окремі, так і у складі бортових систем діагностування локомотива. Їх використання з впровадженням заходів щодо підвищення якості ремонту дозволить забезпечити високий рівень надійності тепловозів.

Висновки. В результаті проведених досліджень в роботі були отримані наступні результати.

1. Проаналізовано причини відмов тягових електродвигунів тепловозів.
2. Ґрунтуючись на аналізі причин відмов обрано пристрій для бортового діагностування стану ізоляції тягових електродвигунів.
3. Розроблено бортову систему теплового діагностування колісно-моторного блоку, яка дозволяє контролювати температуру найбільш важливих точок та може бути розширена за рахунок встановлення додаткових датчиків для контролю температури, вологості, тиску та інших параметрів.

Таким чином, за підсумками роботи можна зробити висновок, що запропоновані пристрої дозволять збільшити надійність тягових електродвигунів в експлуатації.

Список літератури

1. . Гетьман Г.К., Голік С.М.: Тягові передачі електрорухомого складу: Навчальний посібник. / Г. К. Гетьман, С. М. Голік. – Дніпро: Вид-во ПФ «Стандарт-Сервіс», 2020.- 260 с
2. О. М. Харламова, П. О. Харламов Застосування системи тягового електропривода з імпульсним керуванням на моторвагонному рухомому складі. Тези доповідей II Всеукраїнської конференції «Вагони нового покоління: із ХХ в ХХІ сторіччя». Харків, 2019. С. 60-61.
3. Четвергов Виталий Алексеевич, Балагин Дмитрий Владимирович, & Балагин Олег Владимирович (2014). Анализ факторов, определяющих надежность тепловозов на различных стадиях жизненного цикла. Известия Транссиба, (4 (20)), 72-79.
4. Белан, Д. Ю., & Лузин, В. М. (2010). Повышение надежности работы коллекторно-щеточного узла тяговых электродвигателей. Известия Транссиба, (4 (4)), 6-11.

5. Повышение надежности работы тяговых электродвигателей локомотивов за счет применения электроискровой обработки коллекторных пластин / Ю.В. Титов, Д.Ю. Белан, Г.Б. Тодер, А.О. Отрадна // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2019. – Т. 21, № 1. – С. 16–24.

6. Клименко Ю.И., Перфильев К.С., Евсеев В.Ю., Чупин Я.В., Усовершенствованный тяговый привод тепловозов с коллекторными двигателями. Локомотив, 2019 С. 18 – 21.

7. Ю.В. Єжов, Ю.С. Павленко, С.М. Полулях Шляхи оновлення парку тепловозів в Україні. Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад», 2020. Вип. 20. С. 14 – 26. URL: <https://ukrndiv.com.ua/wp-content/uploads/2020/06/14-26.pdf>

8. Давыдов Ю.А., Пляскин А.К., Кушнирук А.С. Контроль фактического технического состояния локомотивов на основе диагностики. Современные технологии. Системный анализ. Моделирование, 2018. (3 (59)), с 38-47. (2018). URL: [https://stsam.irgups.ru/2018.3\(59\).38-47](https://stsam.irgups.ru/2018.3(59).38-47).

Мухопад Артур Миколайович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (093) 766-46-06. E-mail: archiman1984@gmail.com

Корінь Андрій Іванович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (098)425-21-48. E-mail: andriykorin0987@meta.ua

Лінійчук Євген Олександрович, перший (бакалаврський) рівень навчання, група 131-ЛЛГ-Д18 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (066) 045-25-41. E-mail: liniychuk99@gmail.com

Мелюшев А.В., Бобров Є.П., Татарінов І.Є.

УДОСКОНАЛЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ХІММОТОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОЗІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ

*Науковий керівник – канд. техн. наук, старший викладач кафедри
експлуатація та ремонт рухомого складу УкрДУЗТ Д.О. Аулін*

Анотація. Проаналізовані існуючі методи визначення зміни ефективності показників роботи тепловозних дизель-генераторних установок при проведенні експлуатаційних випробувань хімотологічних заходів підвищення ефективності тепловозів в експлуатації. Запропоновано застосування сучасного вимірювального комплексу для оцінки зміни показників роботи силової установки тепловоза з підвищеною точністю.

Вступ. Як відомо, в великій мірі техніко-економічні показники роботи тепловозів залежать від якості дизельного палива та моторної оливи. Поліпшення яких-небудь експлуатаційних властивостей дизельного палива зміною їхнього хімічного складу вимагає величезних витрат, у той же час зміна тих або інших властивостей дизельного палива можливо введенням у нього присадок, що дають такий же або більший ефект як зміна технології виробництва. Нафтопереробні підприємства всіх розвинених країн додають у моторні палива різні присадки (введення миючих присадок обов'язково), на світовому ринку є порядку 1000 присадок. У США споживання присадок до моторних палив перевищує 100000 т у рік. Виробники присадок рекламують переваги, забезпечувані присадками, не розкриваючи, у більшості випадків, їхнього состава.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз патентної літератури показує, що більша частина запропонованих присадок незастосовна, тому що їхнє використання збільшує токсичність відпрацьованих газів, погіршує властивості палив, значно підвищує вартість палива. Ряд популярних присадок, у цей час заборонений по екологічним (містять свинець, барій, марганець) і експлуатаційним міркуванням [1-3].

Результати і висновки проведених аналітичних досліджень дозволили сформулювати наступну концепцію: найбільш реалістичним, швидким і економічним шляхом поліпшення якості палив, що забезпечують підвищення експлуатаційних і екологічних характеристик рухомого складу є введення в паливо ефективною багатофункціональною присадки. Особливо приваблива універсальна присадка до моторних палив [4].

Особливим етапом при прийнятті рішення про застосування певної присадки до дизельного палива є етап проведення експлуатаційних

випробувань. Експлуатаційні випробування хімотологічних заходів підвищення ефективності роботи тепловозних дизель-генераторів полягають у фіксації зміни показників роботи тепловоза в експлуатації (аналіз облікових форм ТХО-5, ТХО-11) та оцінки якості протікання робочого процесу в циліндрах тепловозного дизеля при реостатних випробуваннях [5].

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є удосконалення засобів випробувань хімотологічних енергозберігаючих заходів. Для цього потрібно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати існуючі технології та засоби визначення показників роботи тепловозних дизелів.
- визначити основні напрямків удосконалення засобів визначення ефективності хімотологічних енергозберігаючих заходів..
- запропонувати та обґрунтувати нові технічні рішення визначення показників роботи тепловозних дизелів..

Основна частина дослідження. Як відомо ефективні показники двигуна внутрішнього згоряння визначається якістю протікання процесів у циліндрі двигуна. На ці процеси впливають багато параметрів.

Тому що двигун внутрішнього згоряння є складним об'єктом, то при визначенні показників його роботи враховуються тільки найбільш істотні фактори. Як правило розглядаються такі процеси, які залежать від стану основних систем і механізмів двигуна і які можна виміряти. До них можна віднести такі процеси двигуна, як тиск у циліндрі, тиск у паливопроводі високого тиску та інші [6].

У цей час при визначенні показників роботи дизельних двигунів найбільш актуальним є прямий, або непрямий аналіз робочих процесів що відбуваються в циліндропоршневої частини двигуна.

Традиційне непряме визначення якості протікання термогазодінамічних процесів у циліндрі дизеля проводиться із застосуванням максиметрів, вимірників температури, спеціального механічного вимірювального інструмента. До недоліків даних підходів варто віднести досить великі трудовитрати, неможливість визначення деяких параметрів без часткового розбирання двигуна.

При проведенні реостатних випробувань перевіряється якість протікання робочого процесу в окремих циліндрах дизеля. На номінальному режимі роботи заміряється температура випускних газів і максимальний тиск, що розвивається в циліндрі при згорянні палива. Як засоби виміри застосовуються максиметр і термодизельний комплекс.

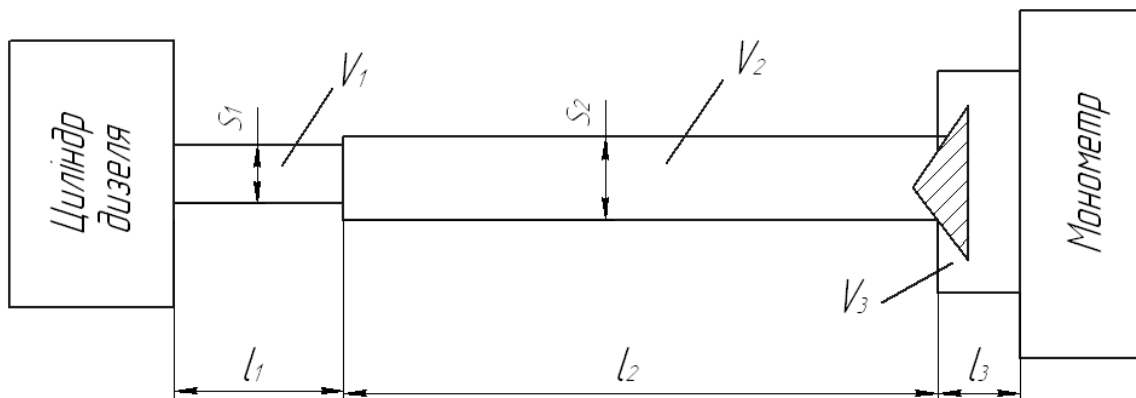


Рисунок 1- Вимірювання тиску в циліндрі максиметром

При вимірюванні максиметром тиск у циліндрі передається через пружний стовп газу по індикаторному каналу і фіксується манометром. Індикаторний канал у свою чергу складається із трьох частин (рисунок 1): каналу індикаторного крана, каналу від прийомного штуцера максиметра до зворотного клапана і внутрішньої порожнини за зворотним клапаном. Всі три ділянки заповнені пружним газом і утворюють коливальну систему, що володіє одним ступенем свободи [7].

Частота вільних коливань такої системи згідно може бути підрахована по вираженню

$$f_0 = \frac{W}{2\pi \sqrt{\frac{2}{\pi} l \left(\frac{2}{\pi} + \frac{V}{S} \right)}} \quad (1)$$

де W - швидкість поширення звуку в каналі;

l - довжина каналу;

V – об'єм внутрішньої порожнини;

S - площа поперечного перерізу каналу.

Власна частота коливань пружного стовпа дорівнює 300 Гц при $S = \frac{S_1 + S_2}{2}$; $l = l_1 + l_2 + l_3$; $V = V_1 + V_2 + V_3$; $W = 500 \text{ м/с}$ (при $t=400-500^\circ\text{C}$).

Величина періоду вільних коливань газу в індикаторному каналі (у перекладі на градуси кута повороту колінчатого вала) при частоті його обертання.

$$T^0 = 6 \frac{n}{f_0} \text{ град. п. к. в.} \quad (2)$$

Розглядаючи тиск у кожному окремому циліндрі як функцію від кута повороту кривошипа, величину тиску, що може зафіксувати максиметр, можна виразити наступною залежністю

$$P_{CP} = \frac{1}{T^0} \int_{\varphi_{\max} - \frac{T^0}{2}}^{\varphi_{\max} + \frac{T^0}{2}} P(\varphi) d\varphi, \quad (3)$$

де $\varphi_{\max}$ - кут повороту кривошипа, що відповідає максимальному тиску в циліндрі за робочий цикл.

Гранична відносна погрішність амплітуди в динамічному режимі вимірів максиметром

$$\delta P_{\max} = \frac{P_{\max} - P_{CP}}{P_{\max}}, \quad (4)$$

де $\delta P_{\max}$ - істинна величина максимального тиску в циліндрі за робочий цикл.

З виражень (3) і (4) треба, що динамічна погрішність виміру тиску максиметром визначається характером протікання робочого процесу за час T .

У свою чергу, $P_{(\varphi)}$ залежить від параметрів технічного стану дизеля: лінійної величини камери стиснення, кута випередження впорску і циклової подачі палива, якості роботи форсунок, ступеня очищення і зарядки циліндрів повітрям.

Для встановлення кількісних взаємозв'язків між $\delta P_{\max}$ і окремими параметрами технічного стану дизеля, що характеризують функцію $P_{(\varphi)}$, використовувався метод чисельного моделювання робочого процесу.. Як об'єкт дослідження був обраний тепловозний дизель К6S130DR. Період затримки запалення при варіюванні зазначених параметрів визначався по формулі, запропонованої В. С. Семеновим [3]

$$\tau_i = \frac{665}{\sqrt[3]{(c_m P_B)^2 T_B}}, \quad (5)$$

де c_m - середня швидкість поршня; P_B і T_B - тиск і температура в циліндрі в момент подачі палива.

З результатів розрахунків можна зробити висновок, що максимальний тиск робочого циклу, який фіксує максиметр, можна замірити з похибкою від 6 до 16,6%.

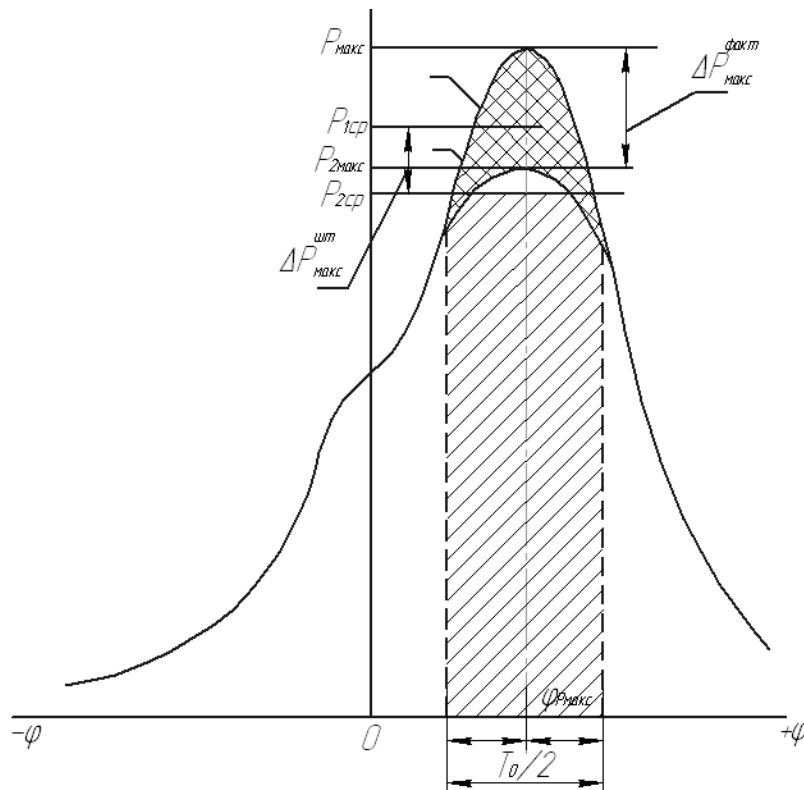


Рисунок 2 – Похибка вимірювання тиску максиметром

З розвитком радіоелектроніки і електронно-обчислювальної техніки з'явилися нові можливості для визначення теплотехнічних параметрів, наприклад мікропроцесорний вимірювач максимального тиску згоряння в циліндрах дизеля. Даний прилад скорочує час виміру максимального тиску згоряння і тиску стиснення, має більш високу точність, у порівнянні з максиметром. Більш сучасний апарат, наприклад електронний максиметр додатково дозволяє робити вимір середнього за часом тиску в циліндрі.

Прилад за результатами вимірів обчислює середній індикаторний тиск. Подальший розвиток і вдосконалювання персональних комп'ютерів, систем обробки сигналів, високотемпературних датчиків тиску дозволило робити вимір і відображення індикаторної діаграми двигуна з використанням персональних ЕОМ. Даний підхід дозволяє одержати індикаторну діаграму двигуна в електронному вигляді, що підвищує точність її обробки при наступному аналізі [8].

Розглянемо структурну схему вимірювального комплексу (рисунок 3). Сигнали з датчика кута повороту колінчатого вала і датчика тиску в циліндрі надходять на блок живлення і перетворення сигналів. Залежно від виконання, у даний блок найчастіше входить джерело живлення і підсилювач сигналів датчиків. Зустрічається застосування різноманітних датчиків положення колінчатого вала. Найбільш типовим рішенням є застосування датчика магнітного потоку або фотоелектричного датчика. БППС пов'язаний з комп'ютером [9,10].

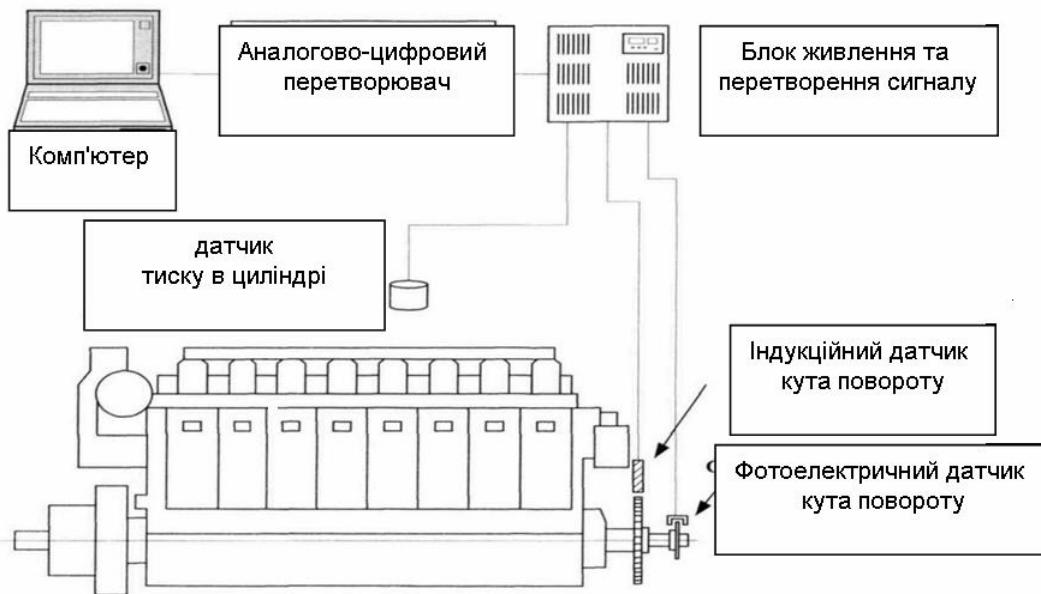


Рисунок 3 – Структурна схема вимірювального комплексу



Рисунок 4 – Загальний вигляд БППС фірми AVL у складі комплексу

Висновки. Запропонована система дозволяє при відносно невеликих витратах одержати якісний пристрій. Його надійність визначається наявністю малого кількості електронних елементів. При необхідності до БППС можливо підключення і інших вимірювальних пристроїв, таких як: датчики тиску повітря в системі повітропостачання, датчика тахометра ротора турбокомпресора та інш. Застосування комплексу дає можливість підвищити якість як при випробуваннях тепловозів так і при діагностуванні на технічному обслуговуванні та ремонті.

Список літератури

1. Митусова Т.Н. Современное состояние производства дизельных топлив. Научно-технический журнал. Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2009. №9. С 6-16.
2. Митусова Т.Н., Полина Е.В., Калинина М.В. Современные дизельные топлива и присадки к ним. Москва: Техника. 2002. 64 с.3. Тартаковский Е.Д., Аулин Д.О., Андросов Д.С. Визначення ефективності хімотологічних заходів підвищення ефективності тепловозів в експлуатації. Сборник научных трудов "Вестник НТУ "ХПИ": Нові рішення в сучасних технологіях. 2011. №34. С. 67–71. - ISSN 2079-5459.
4. Аулін Д.О. Удосконалення технології експлуатаційних випробувань хімотологічних заходів підвищення ефективності тепловозів. Енерго- та ресурсозберігаючі технології при експлуатації машин та устаткування. Матеріали 3-ої міжвузівської науково-технічної конференції викладачів, молодих вчених та студентів. Донецьк. 2011. С.122.
5. Данилов А.М. Применение присадок к топливу. Москва: Мир 2005. 288 с.
6. Грехов Л. В., Иващенко Н. А., Марков В. А. Топливная аппаратура и системы управления дизелів. Москва: Легион-Автодата. 2005. 344 с.
7. Хомич А.З. Топливная эффективность и вспомогательные режимы тепловозных дизелей. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Транспорт. 1987. 271 с.
8. Тартаковський Е. Д., Аулін Д.О. Испытания технологии безразборной очистки топливной аппаратуры и цилиндро-поршневой группы тепловозных дизелів. Сборник материалов II Международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию начала отечественного тепловозостроения. Санкт-Петербург: ПГУПС. 2014. С.162-165.
9. Папок К.К., Випер А.Б. Нагары, лаковые отложения и осадки в автомобильных двигателях. Москва: Машгиз. 1956. 256 с.
10. Розробка дослідного зразка пристрою для обробки дизельного палива та технології обробки дизельного палива для покращення умов роботи паливної апаратури тепловозних дизелів (№ ДР 0111U007697): науково-дослідна робота. Харків: УкрДАЗТ. 2011 р.

Мелюшев Андрій Ігорович, другий (магістерський) рівень навчання, група 212-ЛЛГ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (099) 520-22-62. E-mail: melyushevandrey@gmail.com

Бобров Євген Петрович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (067) 886-65-90. E-mail: war07011998@gmail.com

Татарінов Іван Євгенович, другий (магістерський) рівень навчання, група 213-ЛЛГ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (095) 008-07-77. E-mail: azims158@gmail.com.

УПРАВЛІННЯ ЗАХОДАМИ З РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ У ЛОКОМОТИВНОМУ ГОСПОДАРСТВІ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ

*Науковий керівник – канд. техн. наук, старший викладач кафедри
експлуатація та ремонт рухомого складу УкрДУЗТ Д.О. Аулін*

Анотація. Стаття присвячена вирішенню однієї з найбільш важливих для України проблем - ресурсозбереження за рахунок вдосконалення систем управління ресурсами, їх структури і більш раціонального використання внутрішніх резервів у відповідних проектах інтенсифікації виробництва і праці в локомотивному господарстві залізничного транспорту України.

Вступ. Одним з головних напрямків державної економічної політики України, що визначений на законодавчому рівні, є ресурсозбереження. Особливо важливою проблема ресурсозбереження стає в нових економічних умовах господарювання, які визначаються ринковим середовищем, де відмічається значне збільшення цін практично на усі ресурси при обмеженні їх обсягів виробництва або оновлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний стан господарювання в галузі локомотивного господарства визначається як кризовий [1]. Об'єктивна необхідність подолання кризових явищ на транспорті, стабілізація роботи підприємств локомотивного господарства і подальший її розвиток потребують пошуку нових форм і методів господарювання, оптимізації організаційних і функціональних структур інтенсифікації виробництва, методів управління, розробки ефективних проектів та організаційних засобів реконструкції, технічного переозброєння підприємств, формування нової ринкової поведінки [2,3]. Тому спрямованість підприємств локомотивного господарства на підвищення економічної ефективності, що обумовлена переходом до ринкових умов господарювання повинна базуватися на новій системній концепції ресурсозбереження, системі наукових положень управління проектами та розвитку виробництва. Оскільки залізничний транспорт виконує важливу соціальну роль, то при розгляді більшості окремих факторів господарської діяльності використовувати тільки традиційний економічний підхід не достатньо, тим більше, що надання послуг можливе тільки при повному функціонуванні підсистем залізничного транспорту [4-6].

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є впровадження та управління заходами і засобами ресурсозбереження для забезпечення ефективного використання ресурсів в локомотивному господарстві. Для цього потрібно вирішити наступні завдання:

- дослідження процесів локомотивного господарства стосовно перетворення та використання ресурсів як однієї із категорій формування наукової концепції управління проектами ресурсозбереження.

- дослідження основних показників ресурсної динаміки, оцінка рівня та резервів ресурсовикористання і формування на цій основі основних напрямків його оптимізації.

- реалізації проектів розвитку виробництва, орієнтованих на раціональне використання матеріальних, енергетичних, трудових, інформаційних та фінансових ресурсів.

Основна частина дослідження. Недостатність, а в багатьох напрямках відсутність наукового опрацювання означених питань є одним з головних чинників відставання експлуатаційних показників вітчизняного залізничного транспорту від світового рівня. При цьому на підприємствах локомотивного господарства мають місце приховані значні резерви, використання яких не потребує пошуку нових джерел ресурсів. Значне скорочення невиробничих витрат та споживання ресурсів може бути досягнуто за рахунок вдосконалення на методологічній основі організаційного управління ресурсами, оптимізації структури ресурсних потоків на виробництві [7].

Зниження рівня експлуатаційних витрат можуть бути отримані шляхом удосконалення технології технічного обслуговування та ремонту; створення відповідного інформаційного, нормативного, технологічного і організаційного забезпечення на основі відповідної концепції з урахуванням різних стратегій реалізації у проектах ресурсозбереження.

Для подальшого підвищення ефективності роботи залізничного транспорту, його конкурентоздатності на ринку транспортних послуг необхідно приділяти значну увагу інформатизації галузі на базі сучасних засобів зв'язку й обчислювальної техніки.

Проблема автоматизації й інформатизації для галузі не нова. Залізничний транспорт країни практично цілком оснащений низовими засобами автоматики - автоблокуванням, електричною і диспетчерською централізацією, диспетчерським контролем. Десятиліттями розроблялися і впроваджувалися елементи і підсистеми автоматизованої системи управління (АСУ ЗТ) [8].

Разом з тим АСУ ЗТ не стала комплексною автоматизованою системою управління. Практично із самого початку вона будувалася за принципом окремих локальних систем, не зв'язаних між собою, що було обумовлено як суб'єктивними, так і об'єктивними причинами, у тому числі обмеженими потужністю і продуктивністю ЕОМ. Проте це дало можливість створити автоматизовані системи оперативного управління перевезеннями, а також різні автоматизовані робочі місця.

Однак задачі, що стоять перед галуззю в період корінного реформування економіки країни, вимагають принципово нових рішень. Їх суть полягає у реорганізації всього комплексу діяльності електричного транспорту на основі широкого використання інформаційних технологій, у створенні автоматизованих інформаційно-керуючих систем, що підвищують ефективність

функціонування його виробничих, економічних, фінансових і соціальних структур [9,10].

Проблемами АСУ на залізничному транспорті займаються багато розроблювачів. У цій роботі беруть участь галузеві науково-дослідні і проектно-конструкторські організації, навчальні інститути й ін. Важлива роль у цьому процесі належить Українському університету залізничного транспорту.

Відповідно до усталеної термінології під інформаційною технологією розуміють сукупність процесів збору, передачі, переробки, збереження і доведення до користувачів інформації, реалізованих за допомогою сучасних програмних засобів.

Інформаційна система управління проектом — організаційно-технологічний комплекс методичних, технічних, програмних і інформаційних засобів, спрямований на підтримку і підвищення ефективності процесів управління проектом.

З введенням стандартів обміну даними між системами, поширенням мережних і Web технологій відкрилися нові можливості для подальшого розвитку систем підтримки процесів управління проектами і їх ефективного використання в локомотивному господарстві.

Згідно до цих стандартів функціональна структура управління проектами містить у собі дев'ять розділів:

1) управління координацією (Project Integration Management); 2) управління цілями (Project Scope Management); 3) часом (Project Time Management); 4) вартістю (Project Cost Management); 5) якістю (Project Quality Management); 6) управління людськими ресурсами (Project Human Resource Management); 7) управління комунікаціями (Project Communication Management); 8) управління ризиками (Project Risk Management); 9) управління постачаннями (Project Procurement Management) [11].

Усі ці функції тісно переплетені між собою в процесі управління проектом, причому у кожному проекті (фазі проекту) обов'язково присутні п'ять груп процесів:

1). Процеси ініціації (Initiating Processes) - ухвалення рішення про початок проекту чи його фази.

2). Процеси планування (Planning Processes) - визначення робочих схем досягнення цілей проекту.

3). Процеси виконання (Executing Processes) - координація людей і інших ресурсів під час виконання проекту.

4). Процеси управління (Controlling Processes) - спостереження і вимір результатів виконання проекту і внесення необхідних корективів.

5). Процеси завершення (Closing Processes) - оформлення завершення проекту чи його фази.

На підприємствах локомотивного господарства з метою раціонального споживання ресурсів доцільно використовувати інтегровані інформаційні системи підтримки прийняття оптимальних рішень серед альтернативних варіантів.

Система підтримки прийняття рішень - поєднання комплексу програмних засобів, імітаційних, статистичних і аналітичних моделей процесів і робіт з проекту для підготовки рішень по його реалізації [12].

Метою інформаційної системи підтримки прийняття рішень є організація і управління прийняттям рішень при розробці і реалізації проектів на основі сучасних технологій обробки інформації. Основними функціями цих систем є : збір, передача і збереження даних; змістовна обробка даних у процесі рішення функціональних задач управління проектами; представлення інформації у формі, зручній для прийняття рішень; доведення прийнятих рішень до виконавців.

Основними функціональними елементами інтегрованої інформаційної системи підтримки прийняття рішень на стадії виконання проекту є: модуль календарно - мережного планування і контролю робіт проекту; модуль ведення бухгалтерії проекту; модуль фінансового контролю і прогнозування.

Найважливішим компонентом інтегрованих інформаційних систем підтримки прийняття рішень є системи управління базами даних (СУБД). Їх основними функціями є підтримка цілісності, захищеності, архівації і синхронізації даних в умовах багатокористувацької роботи.

Освоєння систем управління проектами пов'язане з необхідністю впровадження і використання нових управлінських технологій.

Дослідження і вибір програмного забезпечення для систем управління проектами ресурсозбереження в локомотивному господарстві [13].

Методологія оцінки й аналізу програмного забезпечення припускає зіставлення його функціональних можливостей з функціями, виконуваними керуючим проектом і його командою. При оцінці ПЗ розглядається наступне:

- загальна інформація про ПЗ та системна архітектура і користувацький інтерфейс: архітектурні системи, простота освоєння і використання, оцінка керівництва користувача і системи допомоги;
- функціональність та обмеження: існуючі границі по елементах, підтримуваних системою, таким як кількості робіт, ресурсів в одному проекті і т.д.;
- маркетингова інформація: цінова політика, технічна підтримка, навчання, користувацька база, інформація про фірму виробника.

На основі аналізу літератури при виборі ПЗ для управління проектами ресурсозбереження в локомотивному господарстві можна виділити наступні три групи критеріїв:

1) операційні критерії, що відносяться до функціональних можливостей ПЗ, таким як розрахунок розкладу, витрат і відстеження виконання робіт; графік Ганта, облік ймовірнісної оцінки тривалості робіт; облік впливу наявності і кількості ресурсів на тривалість робіт; аналіз «витрати - час»; визначення прямих витрат і накладних витрат, визначення категорій вартості, таких як трудові ресурси, матеріали і т.п.; планування й інвентаризація вартості матеріалів, підтримка структури статей витрат; бюджетування і визначення

грошових потоків для розрахованого розкладу та визначення бюджетних обмежень у часі;

2) кількість різних ресурсів для однієї роботи або для одного проекту; кількість різних ресурсів для декількох одночасно відкритих проектів; облік поновлюваних ресурсів (трудові ресурси); облік ресурсів, що витрачаються, (матеріали) та вирівнювання ресурсів; планування з урахуванням альтернативних ресурсів, заданих пріоритетів робіт на використання ресурсів та заданим графіком доступності ресурсів; призначення ресурсів у випадку, коли вони необхідні одночасно для декількох проектів; змінювана ставка ресурсів (наприклад, понаднормові); нерівномірне використання ресурсів протягом роботи; аналіз «що - якщо»;

3) визначення організаційної структури (ОС) і максимальне число її рівнів; логічна перевірка ОС на цілісність; визначення бюджетної вартості запланованих робіт (BCWS) для всіх рівнів ОС і СРР, а також облік планової вартості виконаних робіт (BCWP) для усіх рівнів ОС і СРР; облік фактичної вартості виконаних робіт (ACWP) для всіх рівнів ОС і СРР, розрахунок відхилень за витратами і розбіжностей за розкладом для усіх рівнів ОС і СРР за конкретний період і зростаючим підсумком; прогнозування вартості по завершенню на основі фактичного виконання і фактичних витрат; порівняння фактичного стану з різними цільовими показниками; контроль використання матеріалів, ресурсів і фактичних витрат на них.

Оцінка програмного забезпечення проводиться за різними методиками, зокрема за баловою моделлю та за критеріями групи, пов'язаними з витратами життєвого циклу ПЗ, визначається за допомогою відомих методик.

Характеристика основного програмного забезпечення з управління проектами, що пропонується на ринку.

Прийняті різні підходи до класифікації програмного забезпечення для управління проектами, зокрема за вартістю (на дороге ПЗ - більше 1000\$, і недороге), за кількістю підтримуваних функцій.

На українському та на російському ринках представлена також велика кількість ПЗ для складання кошторисної документації.

У залежності від ролі організації у проекті, внутрішньо-фірмового стандарту управління проектами і номенклатури використовуваних ресурсів може бути застосований один з 3-х варіантів процедур передачі ресурсів з кошторису у графік: 1) повний перелік ресурсів з розцінками (у поточному або базовому рівні цін); 2) структура витрат (основна заробітна плата, матеріали, витрати на експлуатацію машин і механізмів, заробітна плата машиністів, накладні витрати, планові накопичення) і фізичні обсяги робіт; 3) структура витрат і обмежена кількість ресурсів (без цін), використання яких необхідно планувати і контролювати.

Якщо організація — генеральний підрядник і не веде своїх власних робіт, а виключно координує діяльність субпідрядних організацій, для неї, швидше за все, становлять інтерес або «критичні» ресурси і витрати, або тільки витрати по проекту без визначення конкретних видів ресурсів. «Критичними» називають

ресурси, що значно впливають на вартість проекту, або ресурси, що поставляються генпідрядником. Субпідрядникові потрібна інформація з усіх видів ресурсів [14].

Крім основних процесів планування, на цьому етапі також присутні допоміжні. Вони зв'язані з оцінкою ризиків і плануванням якості, організаційної структури, комунікацій і постачань у проекті.

Вибір програмного продукту з відомих на ринку ПЗ для вирішення проблеми ресурсозбереження в локомотивному господарстві, насамперед, проводиться на основі перерахованих критеріїв та сформульованих задач, які буде потрібно вирішувати в системі управління проектами, проаналізувати характер діяльності організації з погляду можливості і доцільності застосування проектної форми планування і управління. При цьому необхідно ясно представляти яка діяльність може плануватися у виді проектів, наскільки детально необхідно планувати і контролювати проекти.

Доцільно заздалегідь визначити основні вимоги до розмірності проектів і детальності планування, організаційної структури управління і звітності. Крім того, на вибір пакета можуть вплинути специфічні вимоги управління в конкретній предметній області, зокрема залізничному транспорті. Наприклад, спеціальні вимоги до звітності, необхідність розрахунку додаткових показників або інтеграція системи з іншими додатками або нормативними базами даних і т.п.

Аналіз відповідності програмного забезпечення різних фірм свідчить, що для підприємств локомотивного господарства доцільно використовувати систему управління проектами Microsoft Project, яка стала додатком до Microsoft Office. Останньою версією системи є 32-бітна MS Project Manager, в якому значна увага приділяється використанню сучасних стандартів, що дозволяють ефективно інтегрувати пакет з іншими додатками. Наприклад, підтримка стандартів ODBC і OLE 2.0 спрощує задачі інтеграції бізнес-додатків. MS Project надає, крім звичайних засобів допомоги, також можливість покрокової розробки проекту (Create Your First Project і Cue Cards) і інтелектуальні підказки (Answer Wizard). Серед переваг пакету слід зазначити можливість мати одночасно до шести планів для кожного проекту, що дозволяє підвищити ефективність аналізу. Додаткові можливості Project також включають імпорт/експорт даних у форматах ASCII, CSV, Excel, Lotus 1-2-3, dBASE і FoxPro, засоби запису макрокоманд, Visual Basic.

Висновки. Інформатизація та удосконалювання управління в локомотивному господарстві потребують на основі наукових розробок серйозної модернізації мережі телекомунікацій. І це задача величезної масштабності і складності.

Чималі вкладення в інформатизацію галузі, розвиток мереж зв'язку і передачі даних виправдані тільки в тому випадку, коли вдається скоротити експлуатаційні, витрати, підвищити прибутковість і поліпшити якісні показники роботи електричного транспорту на основі комплексного удосконалювання всієї організації перевезень. Тому сьогодні в умовах дефіциту

інвестиційних коштів повинна бути поставлена задача підсилити практичну спрямованість роботи в області інформаційних технологій.

Досвід впровадження на підприємствах залізничного транспорту інформаційних технологій свідчить, що їх наукове, технологічне та фінансове забезпечення ще не достатнє.

Список літератури

1. Вегер Л. Л. Обновление машинных парков. проблема эффективности. Москва: Наука. 1990. 115 с.
- 2 Радченко А. И., Кудрин А.П. Оптимизация сроков службы и управление себестоимостью ремонта авиационной техники при применении нормативного метода планирования и учета затрат. Киев: Общество «Знание». 1987. 19 с.
3. Cantos P., Pastor J., Serrano L. Efficiency Measures and Output Specification: The Case of European Railways. J. of Transport and Statistics. 2000. №4. P. 61–68.
4. Hughes M. Cost and capacity drive high speed train design. Railway Gazette International. 2010. № 5. P. 37–39.
5. Правила технічного обслуговування та поточного ремонту тепловозів ТЕП70. ЦТ-0065: затв. наказом Укрзалізниці № 53-Ц від 27.02.2003. Київ: Укрзалізниця. 2003. 273 с.
6. Правила технічного обслуговування і поточних ремонтів тепловозів 2ТЕ116. ЦТ-0043 від 30.01.02. Режим доступу: http://wmzdoroga.at.ua/load/knigi/ct_0043_pravila_tekhnichnogo_obsługovuvannja_ta_potocnikh_remonti_v_teplovoziv_2t3116/1-1-0-241.
7. Правила технічного обслуговування і поточних ремонтів тепловозів ЧМЕЗ. ЦТ-0187: затв. наказом Укрзалізниці № 367-Ц від 24.06.09. Київ: ТОВ «Інпрес». 2010. 280 с.
8. Положення про планово-попереджувальну систему ремонту і технічного обслуговування тягового та моторвагонного рухомого складу (електровозів, тепловозів, електро та дизель-поїздів): затверджено і введено в дію наказом Укрзалізниці № 429-Ц від 15 травня 2015р. Київ: Поліграфсервіс. 2015. 16 с.
9. Тартаковский Э. Д. Маршрутная технология технического обслуживания локомотивов с применением диагностики. Совершенствование оборудования подвижного состава. Москва: МИИТ. 1992. Вып. 703. С. 30–33.
10. Бабанин А. Б. Научные основы совершенствования технологии контроля, диагностирования и материально-технического обеспечения при техническом обслуживании локомотивов. дис. д-ра техн. наук: 05.22.07. Харьков. 2001. 376 с.
11. Игин В. Н. Анализ структуры и прогнозирования распределения локомотивного парка в зависимости от «возраста» и технического состояния. автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.07. Москва. 1986. 25 с.

12. Капица М. И., Холоша И.В. Рациональная взаимосвязь между затратами на содержание локомотива и его надежностью. Транспорт: збірник наукових праць. Дніпропетровськ. 2001. Вип. 8. С. 62–65.

13. Кузнецов Т. Ф., Крячко В.О., Бобир Д. В. Визначення впливу розсіювання термінів служби деталей та вузлів на систему утримання. Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. Луганськ. 2003. № 9(67). С. 179–182.

14. Nierich G. Анализ надежности локомотивного парка железных дорог Германии. Ein Top-Thema: Verringerte Storanfalligkeit der Triebfahrzeuge. Deine Bahn. 1996. 24, № 4. P. 232–235.

Пиріг Володимир Ігорович, другий (магістерський) рівень навчання, група 213-ЛЛГ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (099) 062-07-54. E-mail: vperog1@gmail.com.

Іванченко Віктор Ігорович, другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (066) 695-20-97. E-mail: lvvvvfvrtgg@gmail.com.

Парфанович Назарій Романович, другий (магістерський) рівень навчання, група 213-ЛЛГ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (099) 193-33-17. E-mail: junka260596@gmail.com.

*Магістри В.М. Гранкін, А.Є. Прокопов В.В.
Погорілий, Є.В. Пустовіт, С.А. Сапронов,
студент В.А. Кучеренко (113-ОКСКРП-Д20)*

ПРОЦЕДУРА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИПРОБУВАНЬ МОДЕРНІЗОВАНИХ ЛОКОМОТИВІВ

*Науковий керівник – канд. техн. наук, доцент кафедри експлуатації та
ремонт рухомого складу УкрДУЗТ А.М. Зінківський*

***Анотація.** В статті проаналізований технічний стан парку тягового рухомого складу залізниць України й запропоновані варіанти виходу з існуючої ситуації. Розглянуте питання необхідності, черговості й порядку проведення деяких видів випробувань локомотивів при виконанні їх модернізації для заміни застарілих. Запропонована вдосконалена процедура проведення експлуатаційних випробувань. Це дозволить виконати оцінку технічного стану випробуваного локомотива, згідно із поставленою замовником випробувань метою, по більш вузькому переліку контрольних параметрів роботи, що дасть можливість скоротити час і витрати на проведення експлуатаційних випробувань, а так само й на модернізацію техніки в цілому.*

***Ключові слова:** відновлення парку тепловозів, модернізація локомотивів, експлуатаційні випробування, процедура проведення експлуатаційних випробувань, номенклатура контрольних параметрів.*

Вступ. Фактори збільшення обсягів перевезень і потреби локомотивів, а також природні процеси старіння й зношування визначають необхідність відновлення парку тягового рухомого складу (ТРС) на залізницях України. Прогресуюче старіння парку тепловозів і неможливість його швидкого відновлення, а також значне скорочення фінансування на придбання дизельного рухомого состава, викликає змушену необхідність у проведенні капітальних ремонтів для модернізації [1].

Для зниження вартості впроваджуваного модернізованого ТРС необхідно зменшити витрати на приймальні випробування за рахунок удосконалення методів і моделей їх проведення. Раціоналізація масиву контрольних параметрів, які контролюються в ході випробувань, дасть можливість скоротити обсяги робіт і вартість їх проведення.

Проведення експлуатаційних випробувань пов'язане з необхідністю обґрунтування допуску локомотивів до експлуатації на магістральних залізницях, по параметрам надійності й економічності. Випробування також виконують для порівняння з рухомим составом, модернізація якого була

виконана або передбачається заміна [2 - 4]. Експлуатаційні випробування на надійність проводяться, як правило, після приймальних випробувань на настановній партії продукції. Вони можуть включатися до складу комплексних випробувань на надійність.

Для вдосконалення експлуатаційних випробувань запропоноване застосування математичного моделювання процесу їх проведення [2 - 4]. При побудові математичної моделі експлуатаційних випробувань модернізованого рухомого состава, головними завданнями є:

1. Визначення оптимального числа параметрів для спостереження й визначення технічних характеристик роботи ТРС у справному стані протягом заданого періоду часу й для подальшого використання для визначення надійності об'єкта.

2. Можливість прогнозування результату випробувань нового або модернізованого рухомого складу до їхнього закінчення, з метою виявлення й усунення «слабких місць» у вузлах і системах випробуваної одиниці [2 - 4] за допомогою розробленої моделі.

3. Прогнозування надійності – відображення тенденцій зміни раніше оціненої надійності об'єктів-аналогів або їх складових частин з урахуванням зміни конструкції й умов експлуатації.

4. Математичне моделювання окремих типів експлуатаційних випробувань із метою визначення раціональної номенклатури показників роботи ТРС і можливості прогнозу результату випробувань [5, 6].

Для проведення експлуатаційних випробувань складається план (основні вимоги), який є основою моделі: обсяг випробувань; зміст випробувань і ознаки їх закінчення; порядок проведення випробувань; методи скорочення потрібного обсягу експерименту на підставі обліку апіорної інформації; вирішальне правило (висновки й рекомендації).

У результаті зіставлення завдань, розв'язуваних при експлуатаційних випробуваннях, процедура їх проведення була вдосконалена й викладена у вигляді логічно-послідовного процесу визначення етапів і порядку проведення випробувань із урахуванням вибору контрольних параметрів роботи модернізованих локомотивів.

Розроблена процедура заглиблено розглядає питання мети й суті проведення експлуатаційних випробувань згідно з вимогами замовника, установлення порядку проведення, збору інформації, з визначенням її обсягів і пріоритетів оцінки результатів. Згідно з етапами процедури проведення експлуатаційних випробувань виконуються такі роботи:

- аналіз даних випробуваного ТРС, зазначених у технічній документації, визначення мети для визначення фактичних параметрів його роботи в межах, обкреслених замовником;
- визначення типу експлуатаційних випробувань на основі розробленої класифікації для звуження кола обумовлених параметрів роботи випробуваного об'єкта;

- вибір критеріїв оцінки й номенклатури контрольних показників залежно від мети проведення експлуатаційних випробувань і визначення впливу обраних показників на результати аналізу випробувань і можливості скорочення їх вартості;
- побудова математичної моделі експлуатаційних випробувань залежно від типу, певного по класифікації, для збору, аналізу й обробки інформації по випробуваннях;
- визначення обмежень по номенклатурі контрольних показників випробувань і складених критерію оцінки, які визначають припустимі значення показників;
- виконання дослідницьких поїздок на полігоні випробувань із дотриманням умов експлуатації відповідно до експлуатаційної документації;
- розрахунки результатів для оцінки економічної ефективності локомотива, формування висновків і рекомендацій щодо доцільності введення даного локомотива в експлуатацію й застосування даного методу експлуатаційних випробувань.

Удосконалення даного методу для одержання вичерпної інформації при проведенні експлуатаційних випробувань модернізованого ТРС, представляється послідовністю необхідних процесів і полягає у визначенні номенклатури показників, що входять у критерій порівняння.

Список літератури

1. Трихунков М.Ф. Комплексна оцінка ефективності транспортного виробництва/ М.Ф. Трихунков / *Залізничний транспорт*. - 1994. - № 3. - С. 56-61.
2. Васильєв Ф.П. Методи оптимізації / М.: Факторіал Пресс, 2002. - 824 с.
3. Фалендиш А.П. Модель порівняльних експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів на економічну ефективність / А.П. Фалендиш, А.М. Зінківський, О.В. Камчатний / *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. – Луганськ. 2012. – № 3 (174). – С. 224 – 230.
4. Зінківський А.М. Математична модель експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів / А.М. Зінківський / *Збірник наукових праць III науково-практичної конференції «Інноваційні технології на залізничному транспорті»*. III міжнародна науково-практична конференція 26 лютого – 4 березня 2012 долі, м. Тель-Авів (Ізраїль) - Луганськ: СХУ ім. В. Даля, 2012. - С. 17-18.
5. Математичні моделі й методи розв'язку завдань дискретної оптимізації / Сергієнко І. В. / 2-е изд. Доп. І перераб. - Київ: Наук.Думка, 1988. - 472 с.
6. Aleksandr Golubenko, Yelena Nozhenko, Valentin Mohyla (2010) The simulation of the operation of diesel locomotive d49 when using the ozonized fuel/ ТЕКА Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa XC. Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture.

7. Tryhunkov, M. Complex evaluation of effectiveness vehicle production / M. Tryhunkov / Train transportation. - 1994 . - № 3. - P. 56-61.
8. Vasiliev, F. Methods of optimization / N: Faktoryal Press, 2002. - 824 p.
9. Falendysh, A. Model of comparative performance tests modernized locomotives for economic efficiency / A. Falendysh, A. Zinkivskyi, O. Kamchatnyi/ Journal of East-Ukrainian National University. Dal. - Lugansk. 2012. - № 3 (174). -P. 224 - 230.
10. Zinkivskyi A. Mathematical model of operational tests modernized locomotives / A. Zinkivskyi/ Proceedings of the III Scientific Conference "Innovative technologies for rail transport ". III International Scientific and Practical Conference February 26 - March 4, 2012, Tel Aviv (Israel) - Lugansk: EUNU . Dal, 2012. - P. 17-18.
11. Mathematical models and methods for solutions of tasks dyskretnoy optimization / Sergienko IV / 2nd ed. Extras. And rev. - Kiev: Nauk.Dumka, 1988. - 472 p.
12. Aleksandr Golubenko, Yelena Nozhenko, Valentin Mohyla (2010) The simulation of the operation of diesel locomotive d49 when using the ozonized fuel/ TEKA Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa XC. Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture.

Гранкін Володимир Миколайович - другий (магістерський) рівень навчання, група 211-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (066) 713-38-81. E-mail: elektrovovan1973@ukr.net

Прокопов Андрій Євгенович Миколайович - другий (магістерський) рівень навчання, група 213-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (096) 770-79-23. E-mail: apro21021986@gmail.com

Погорілий Віталій Віталійович- другий (магістерський) рівень навчання, група 213-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту.

Пустовіт Євгеній Володимирович- другий (магістерський) рівень навчання, група 213-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту.

Сапронов Сергій Анатолійович- другий (магістерський) рівень навчання, група 213-ЛЛГ-319 Українського державного університету залізничного транспорту.

Кучеренко Валерій Анатолійович - перший (бакалаврський) рівень навчання, група 113-ОКСКРП-Д20 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (066) 868-14-81. E-mail: valerikdom@gmail.com

УДК 621.3.088.2

О.В. Червенко

ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ ДВОМА ПРИБАДАМИ

*Науковий керівник – кандидат технічних наук, доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки
УкрДУЗТ М.Г. Давиденко*

Анотація. Розглянуто випадок одночасного вимірювання двома приладами однієї і тієї самої напруги в умовах, коли ця напруга складається з двох доданків, а індивідуальна чутливість кожного з приладів до кожного з цих доданків різна. Виведено вираз для імовірності систематичного перевищення показів одного з приладів над іншим. Вона має сенс імовірності виникнення систематичної похибки, якщо один з приладів дає заздалегідь точні покази. Визначено таке співвідношення між величинами індивідуальних чутливостей, за якого систематична похибка виникає із встановленою імовірністю.

Ключові слова: багаторазові вимірювання, систематична похибка, випадкова величина, щільність імовірності.

Вступ. Вимірювання деяких величин часто відбуваються в умовах адитивного впливу інших величин. Дублювання вимірювань паралельно підключеним приладом підвищує надійність вимірювань, але створює проблему співставлення результатів, спотворених впливом побічних факторів. Тому в умовах ускладнення електромагнітної обстановки питання кількісної оцінки впливу таких факторів на результати вимірювань набуває зростаючої актуальності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання проведення багатоканальних вимірювань в умовах дії адитивних завад привертає увагу багатьох дослідників. Переважна більшість робіт стосується вимірювання параметрів високочастотних радіосигналів [1-3]. Аеродинамічні дослідження також потребують багатоканальних вимірювань шляхом перетворення неелектричних величин в електричні [4]. Розглянуте й парне порівняння результатів вимірювань з метою співставлення еталонів [5]. Також охоплено увагою схемотехнічні питання двоканального вимірювання базових електричних величин [6]. Однак автором не виявлено публікацій, в яких було б безпосередньо розглянуто питання імовірності виникнення систематичної

похибки за умов різниці в чутливостях каналних вимірювальних приладів. В зв'язку з цим виникла підстава розглянути таке питання хоча б на прикладі двох вимірювальних каналів.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є отримання математичного формулювання умов виникнення систематичної похибки при двоканальних вимірюваннях за умов гаусівського характеру сигналів.

Для досягнення обраної мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати імовірнісну структуру результатів вимірювань;
- визначити статистичні характеристики взаємного відхилення каналних вимірювальних пристроїв та отримати математичний вираз для імовірності перевищення числових величин показів одного каналу над другим;
- провести числове оцінювання меж виникнення систематичної похибки.

Основна частина роботи. Розглянемо випадок, коли одну і ту саму величину водночас вимірюють двома приладами, причому ця величина складається з двох статистично незалежних доданків. На входи приладів надходить сума двох числових значень x_1 та x_2 відповідно першого та другого незалежних доданків. Нехай прилади лінійно реагують на вхідні коливання, але кожний прилад по різному реагує на кожний доданок. Тоді покази першого приладу можна записати як

$$y_1 = a x_1 + b x_2 , \quad (1)$$

а другого приладу – як

$$y_2 = c x_1 + d x_2 . \quad (2)$$

Вважатимемо, що має місце систематична похибка [7] одного з приладів, якщо в ході багаторазових вимірювань з великою імовірністю $P(y_2 > y_1)$ спостерігається виконання нерівності $y_2 > y_1$. Метою цієї роботи є відшукування залежності цієї імовірності від коефіцієнтів a, b, c, d (назвемо їх коефіцієнтами чутливості приладів) та від статистичних характеристик величин x_1 та x_2 за умов, що ці останні є гаусівськими.

Введемо величину

$$z = y_2 - y_1 . \quad (3)$$

Очевидно, що $P(y_2 > y_1) = P(z > 0)$. Оскільки y_1 та y_2 є сумами гаусівських випадкових величин x_1 та x_2 , то самі y_1 та y_2 теж є гаусівськими і величина z також гаусівська. Знайдемо її математичне очікування та дисперсію за відомими математичним очікуванням P та дисперсією σ_1^2

величини x_1 та за відомими математичним очікуванням Q та дисперсією σ_2^2 величини x_2 .

Математичне очікування величини y_1 є таким:

$$M_1 = E\{ax_1 + bx_2\} = aP + bQ, \quad (4)$$

де $E\{...\}$ являє собою оператор обчислення математичного очікування.

Дисперсія величини y_1 як суми зважених незалежних величин є такою:

$$D_1 = a^2 \sigma_1^2 + b^2 \sigma_2^2. \quad (5)$$

Математичне очікування величини y_2 є таким:

$$M_2 = E\{cx_1 + dx_2\} = cP + dQ, \quad (6)$$

Дисперсія величини y_2 як суми зважених незалежних величин є такою:

$$D_2 = c^2 \sigma_1^2 + d^2 \sigma_2^2. \quad (7)$$

Знаходимо статистичні характеристики величини z . Її математичне очікування знаходимо через математичні очікування величин y_1 та y_2 як

$$M_z = E\{y_2 - y_1\} = M_2 - M_1 = P(c - a) + Q(d - b). \quad (8)$$

Дисперсію величини z згідно з [8] знаходимо як

$$D_z = D_1 + D_2 - 2K_{12}, \quad (9)$$

де

$$K_{12} = E\{(y_1 - M_1)(y_2 - M_2)\}. \quad (10)$$

Неважко довести, що

$$K_{12} = ac\sigma_1^2 + bd\sigma_2^2. \quad (11)$$

Тоді з (5), (7) та (9) маємо, що

$$D_z = \sigma_z^2 = (a - c)^2 \sigma_1^2 + (b - d)^2 \sigma_2^2. \quad (12)$$

Вирази (8) та (12) дають достатню інформацію для обчислення потрібної нам імовірності:

$$P(y_2 > y_1) = P(z > 0) = \frac{1}{\sigma_z \sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} \exp\left[-\frac{(z - M_z)^2}{2\sigma_z^2}\right] dz.$$

В цей вираз входить табличний інтеграл [9] і після його взяття імовірність дорівнює

$$P(z > 0) = 0,5 + 0,5 \operatorname{erf}\left(\frac{M_z}{\sigma_z \sqrt{2\pi}}\right).$$

З урахуванням співвідношень (8) та (12) вираз для імовірності набуває остаточного вигляду

$$P(z > 0) = 0,5 + 0,5 \operatorname{erf} \left(\frac{P(c-a) + Q(d-b)}{\sqrt{2\pi[(c-a)^2 \sigma_1^2 + (d-b)^2 \sigma_2^2]}} \right) \quad (13)$$

Рисунок 1 ілюструє вигляд залежності обчисленої імовірності від співвідношень між коефіцієнтами a, b, c, d при $P = 5, Q = 8, \sigma_1 = 0.5, \sigma_2 = 1.5$. Можна зробити висновок, що в перевіреному діапазоні числових значень коефіцієнтів при негативних величинах різниці $d - b$ імовірність виникнення систематичної похибки невелика при будь-яких числових величинах різниці $c - a$, але при додатних числових значеннях величини $d - b$ систематичної похибки майже неможливо уникнути.

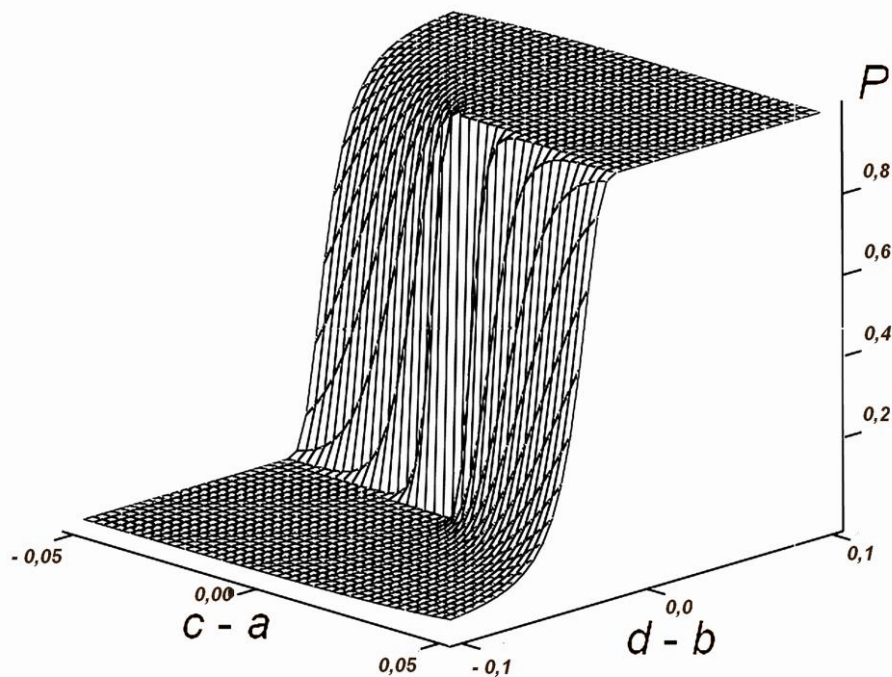


Рис.1. Залежність імовірності виникнення систематичної похибки вимірювань від коефіцієнтів чутливості приладів

Висновок. В результаті проведених досліджень в роботі були отримані наступні результати.

1. Проаналізовано імовірнісну структуру результатів вимірювань в термінах щільностей імовірностей.

2. Визначені закони розподілу, математичні очікування та дисперсії результатів каналних вимірювань. Отримано залежність величини імовірності перевищення показу одного каналу над другим від параметрів сигналів і каналів.

3. Виконане числове оцінювання меж міжканальних розкидів параметрів приладів, в яких похибка набуває систематичного характеру.

Таким чином, за результатами роботи можна зробити висновок, що отримані результати дозволяють робити обґрунтований вибір вимірювальних пристроїв для запобігання утворенню систематичної похибки під час двоканальних вимірювань.

Список літератури

1. Ananieva O., Babaiev M., Blyndiuk V., Davidenko M. Development of a device for the optimal reception of signals against the background of an additive three-component interference. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. № 2/9(98), 2019. pp. 6-13 .

2. Shengwu D., Jinchun H., Yu Z., Chuxiong H. Analysis and compensation of synchronous measurement for multi-channel laser interferometer. *Measurement Science and Technology*. 2017. Vol.28. No.5. pp. 36-48.

3. Yatsuk V., Mykyjchuk M. Remote error correction of multi-channel cyber-physical measuring systems. *Advances in cyber-physical systems*. 2016. Vol.1. No.1. pp.17-22.

4. Гаркуша В.В., Гилев В.М., Запрягаев В.И., Яковлев В.В. Многоканальное автоматизированное измерение давления в аэродинамическом эксперименте. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. №12 (часть 2). С.158-162.

5. Осинцева Е.В. Сличение стандартных образцов: планирование эксперимента и обработка результатов измерений. *Эталоны. Стандартные образцы*. 2016. №4. С.3-14.

6. Беспалая М.А., Тихоновец Е.С., Тявловский К.Л. Двухканальный вольтметр. *Новые направления развития приборостроения: материалы 12-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, 17-19 апреля 2019 г./ Белорусский национальный технический университет. Минск: БНТУ, 2019. С.8-9.*

7. Паначевний Б.Г. Курс електротехніки: підручник. Харків: Торнадо, 1999. 288 с.

8. Горяинов В.Т., Журавлев А.Г., Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. Примеры и задачи; под ред. В.И. Тихонова. Москва: Советское радио, 1980. 544 с.

9. Прудников А.П., Брычков Ю.А., Маричев О.И. Интегралы и ряды. Элементарные функции. Москва: Наука, 1981. 800 с.

Червенко Олександр Володимирович, перший (бакалаврський) рівень навчання, група 106-ОКСКРП-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (066)368-52-94 . E-mail: risen.chills@gmail.com

Верещака Ю.В.

ПОКРАЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ТОЧНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ АВТОВЕДЕННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ

*Науковий керівник – старший викладач кафедри електроенергетики,
електротехніки та електромеханіки УкрДУЗТ М. М. Одєгов*

Анотація. У статті визначені основні недоліки системи автоведення поїздів та методи їх рішення. Система автоведення, яка використовується на даний час на рухомому складу базується на розрахунках, які обчислюються не в реальному часі, а за допомогою даних попереднього розрахунку. При дослідженні дається можливість оцінити якість управління на основі даних про виникненні помилки керування, зрозуміти причину виникнення помилок і побачити шляхи зниження цих помилок та покращення надійності і правильності роботи.

Ключові слова: оператор, система, автоведення, похибка, модулятор, гальмівний шлях.

Вступ. В сучасному світі з використанням новітніх технологій в залізничній галузі для поліпшення показників експлуатаційної роботи є використання оптимальних режимів ведення поїздів. Оптимізація керування може здійснюватися за певними критеріями оптимальності. Під критерієм оптимальності розуміється кількісний показник, що характеризує прийняте рішення. Зазвичай в задачах оптимізації критерій має дорівнювати мінімальному, або максимальному значенню. За критерій оптимальності можна прийняти перевізні витрати на рух поїздів по даній ділянці. Ці витрати мають складові, які залежать від вибраних режимів ведення поїзда і пропорційні витраті електроенергії на тягу, механічної роботі з подолання сил опору руху поїзда, втрат енергії на гальмування і часу руху по перегону.

Якщо режим ведення поїзда на будь-якому перегоні не впливає на умови роботи інших поїздів і інших ділянок, то змінюється частина витрат на перевезення, яка може бути виражена:

$$C_{пз} = c_e A_e + c_w A_w + c_T A_T + c_q T_{xm} \quad (1)$$

Зазвичай витрати на перевезення оптимізуються при виконанні тягових розрахунків для вибору типу електрорухомого складу, ваги поїзда, дільничного часу ходу, профілю колії, розташування станцій, розстановки сигналів автоблокування і т.д. При впровадженні систем автоведення час ходу задано графіком руху на конкретній ділянці лінії, відомі тип і характеристики

рухомого складу, визначено вагу поїзда. У цьому випадку критерієм оптимальності управління рухом можна вважати витрати електроенергії на тягу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Завдання оптимального управління рухом поїзда вирішується на швидкодіючих цифрових обчислювальних машинах, однак якщо не вводити значних спрощень в опис тягових характеристик поїзда, час рахунку все одно виходить більшим, порівнянним з часом ходу поїзда по ділянці. Тому такі розрахунки виконуються для попереднього визначення оптимальних програм руху поїздів [2]. Під програмами руху розуміються залежності від пройденого шляху програмних значень часу, швидкості, управління силами тяги і гальмування або режиму і позицій, що визначають сили тяги і гальмування [4].

Кожен з діапазонів значень відповідає певний оптимальний режим управління поїздом. Три з них мають очевидний фізичний сенс: ТМ - це режим гальмування з максимальною інтенсивністю; ВБ - режим вибігу, тобто рух поїзда по інерції; ТГ - режим руху з максимальною силою тяги. Математична модель поїзда в режимі тяги буде виглядати наступним чином [1]:

$$\frac{dp}{ds} = \frac{1}{v^3} [v^2 \omega'(v) - \lambda] \quad (2)$$

Якщо цей режим існує на деякому інтервалі, то в ньому $dp/ds = 0$, тобто:

$$v^2 \omega'(v) = \lambda \quad (3)$$

Оскільки функція $w(v)$ задається, як правило, квадратним тричленом з позитивними коефіцієнтами, то ліва частина цього виразу є монотонно-зростаючою функцією швидкості; воно має єдиний корінь v_c . Отже, для режиму ТГ характерний рух з постійною швидкістю v_c , і тому він називається також режимом стабілізації С [3].

У режимі ВБ при $p = 0$ і $U_f = 0$, коли швидкість v не відповідає обмеженню фазової координати, похідна $dp/ds = -\lambda/v^3 < 0$, і, отже, $p(s)$ не може бути рівним нулю в деякому інтервалі, тобто відбувається перехід до режиму ТМ.

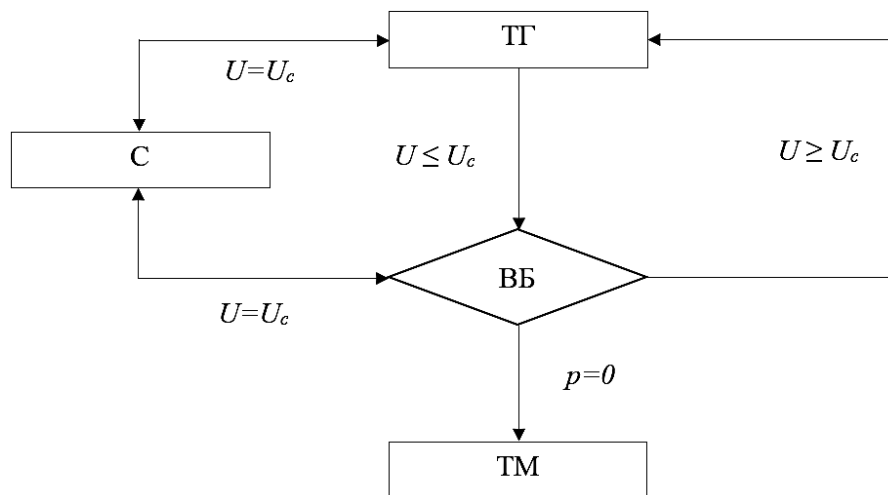


Рис. 1. Блок-схема оптимальних переключень режимів руху поїзда

Визначення мети та завдання дослідження. Оптимальні програми розраховуються попередньо для деяких середніх умов руху, а потім системи автоведення забезпечують їх реалізацію, керуючи рухом поїзда з урахуванням відхилення від програмних величин та пристосування до умов роботи даної системи. Розробляючи закони керування рухом поїздів, що реалізуються системами автоведення, зазвичай використовують не критерій оптимальності по витратах електроенергії, а найчастіше точність виконання графіка руху [1]. Оскільки система автоведення забезпечує рух поїзда, близьке до оптимального програмного, то і енергетичний показник якості управління незначно відрізняється від програмного [5]. Таким чином, завдання оптимального управління рухом поїзда можна розділити на дві самостійні: розрахунок програм руху, оптимальних по витраті енергії, і їх реалізація. При введенні деяких спрощень в модель об'єкта вдається отримати алгоритми розрахунку оптимальної траєкторії, які можна використовувати для оптимального керування рухом поїзда в реальному часі із дотриманням діючих умов.

Найбільш широко для дослідження завдання оптимального керування рухом застосовують принцип максимуму. За допомогою цього принципу отримані співвідношення для розрахунку екстремальної швидкості і визначені оптимальні тягові режими з урахуванням профілю колії і змінного коефіцієнту корисної дії тягових двигунів, умови оптимальності управління для коротких перегонів, характерних для метрополітенів та приміських електропоїздів.

При русі в режимі вибігу і зниженні допустимої швидкості програмна швидкість вибирається з запасом на збір кіл гальмування. Тому крива програмної швидкості як би зміщується назустріч руху поїзда на відстань. Визначити вагу поїзда можна за допомогою авторежимного пристрою, тензометричних датчиків різних типів, а також по динаміці руху поїзда в режимі тяги, вибігу та гальмування.

В режимі тяги вага поїзда визначається наступним чином:

$$F_o(v) = \frac{\kappa_1}{v - \kappa_2} - \kappa_3 \quad \text{при } U = U_{ном} \quad (4)$$

В режимі гальмування або вибігу вага поїзда визначається наступним чином:

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{\xi}{1+\gamma} \left[c_1 + c_2 v + i + c_3 v^2 / (P+Q) \right] \quad (5)$$

Оперативне вимірювання ваги [2], засноване на використанні авторежимного пристрою, має істотні недоліки: Авторежимні пристрої мають діапазон вимірювання від 60 до 180 кН, тоді як в години «пік» завантаження вагона досягає 220 кН, а в інший час може бути менше 60 кН. Авторежимні пристрої встановлені не на кожному вагоні; При нерівномірному завантаженні окремих вагонів для визначення ваги всього поїзда необхідно мати пристрої для збору інформації і підсумовування виміряних значень. В несправних вагонах взагалі даний пристрій може бути вимкнений з технічних причин. Використання тензометричних датчиків, розташованих на шляху, призводить до значних витрат коштів на їх установку і експлуатацію. Крім того, ці датчики працюють ненадійно через постійного впливу динамічних навантажень та змін погодних умов.

Основна частина дослідження. Вимірювання ваги поїзда по динаміці його руху в режимі тяги дозволяє використовувати інформацію про вагу для управління часом ходу і прицільним гальмуванням. Цього вже не можна зробити при визначенні ваги по динаміці руху в режимі вибігу. Точність вимірювання ваги в цьому випадку в значній мірі визначається похибкою апроксимації основного опору руху, яке залежить від ряду причин, в тому числі від поверхні тунелю, його конфігурації, довжини перегону і т.д. Вимірювання ваги поїзда в режимі гальмування не дозволяє використовувати цю інформацію для керування часом ходу на перегоні [4]. Вплив зміни основного опору руху на точність вимірювання в цьому випадку менше, ніж при вимірі на вибігу, оскільки гальмівна сила більше сили основного опору руху поїзда. В залежності від розкладу руху будь-якого поїзда так само важливу роль в мікропроцесорних системах автоведення грає роль генератор еталонної частоти, імпульси якого підсумовуються лічильником, який в свою чергу служить таймером роботи [5].

Команда на включення гальм та переключення гальмівних режимів здійснюється в залежності від значення оператора, який враховує швидкість руху. Завчасний вивід позицій реостатного контролера дає можливість зменшити вплив інерційності реостатного гальма при реостатно-контакторній системі керування. Але завчасний вивід позицій реостатного контролера обумовлюється обмеженням на запас гальмівного шляху, який необхідний для зниження швидкості або повної зупинки. При великому запасі гальмівного шляху можна зупинити поїзд, не дійшовши до місця зупинки, оскільки в випадку завчасного виводу позицій реостатного контролера, коли струм якоря

підтримується мінімальним значенням $I_{min} = 130 \text{ А}$, забезпечується загальмовування $0,4 - 0,5 \text{ м/с}^2$.

Під час руху з різною швидкістю на ділянці довжиною 400 м можна отримати неправильний гальмівний шлях, який може призвести до зупинці на середині станції або взагалі за її межами. Обмеження на допустиме зміщення знімаються, якщо завчасний вивід позицій виконувати за умовою:

$$v_{поз}(N) - \kappa \Delta v > v \quad (6)$$

Вхід таймера лічильника відкривається в астрономічний момент часу, відповідний графік часу відправлення поїзда зі станції. Зчитування числа з лічильника в пам'ять органу, порівняння програмного і поточного часу ходу проводиться в кінці контрольної ділянки шляху довжиною. Максимальна методична похибка вимірювання часу ходу обумовлена тим, що: по-перше, в лічильнику підсумовується ціле число імпульсів і, по-друге, команда «Пуск» може не співпадати за часом з імпульсом [1].

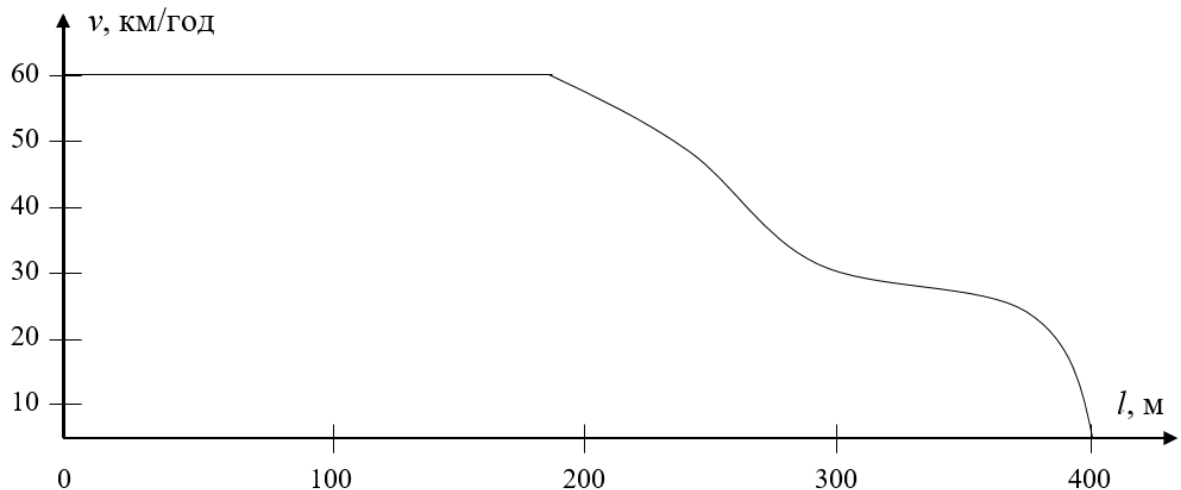


Рис. 2. Крива гальмування поїзда на станцію при швидкості 60 км/год

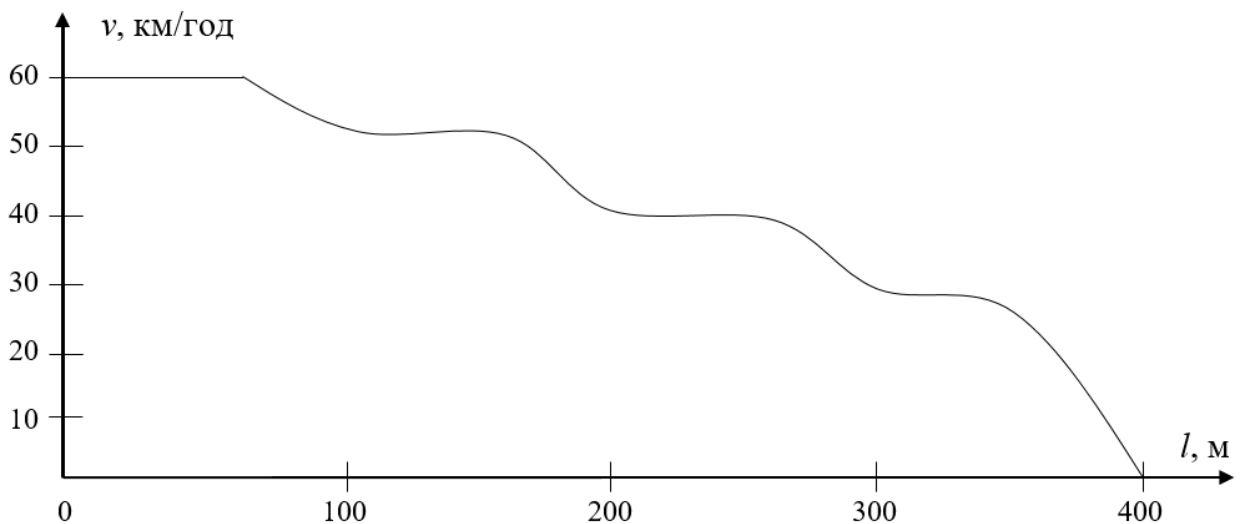


Рис. 3. Крива гальмування поїзда на зупинку в тупик при швидкості 60 км/год

В порівнянні результатів моделювання процесів гальмування з завчасним виводом позицій реостатного контролера ми бачимо, що остання умова забезпечує високу точність зупинки при любых змін і значно скорочує час гальмування.

Оскільки час зазвичай становить десяті частки секунди, цією похибкою також можна знехтувати.

Пройдена поїздом відстань вимірюється підсумовуванням еталонних відрізків шляху. При цьому можливі два способи розташування еталонних відрізків: на колісній парі, що рухається по рейкам, і на шляху, причому їх межі фіксуються на приймальний пристрій, встановленим на поїзді.

В процесі вимірювання накопичується похибка, яка викликана проковзуванням колеса відносно рейки, можливим юзом при гальмуванні, рухом в кривих ділянках, зміною радіуса колеса в процесі експлуатації, конусністю бандажа колісної пари. Необхідна корекція здійснюється підлоговими датчиками - точковими лічильниками, сигналом яких проводиться скидання лічильника інтегратора поточного шляху в нуль. Одночасно в лічильник пройдених відміток надходить імпульс від підлогового датчика, після чого знову визначається поточна координата шляхом підсумовування імпульсів ЧІМ.

Підлогові датчики одночасно використовуються для визначення радіуса колеса, який міг змінитися в процесі експлуатації. При розташуванні цих датчиків на фіксованій відстані радіус колісної пари перераховується бортовим мікропроцесорним пристроєм за наступним співвідношенням:

$$R_{зм} = zL / (2\pi n_{\phi}) \quad (7)$$

У тому випадку, коли до точності вимірювання пройденого шляху пред'являються підвищені вимоги (зокрема, при необхідності прицільної зупинки поїзда), встановлюються додаткові підлогові датчики.

Оскільки радіус колісної пари знаходиться за виразом, який перераховується бортовим мікропроцесорним пристроєм, то відносну та абсолютну похибку ми отримуємо як:

$$\begin{aligned} \Delta R &= R - R_{зм} = z(\Delta L + \Delta s_1 - \Delta s_2) / (2\pi n_{\phi}); \\ \delta R &= \Delta R / R \approx \Delta R / R_{зм} = (\Delta L + \Delta s_1 - \Delta s_2) / L \end{aligned} \quad (8)$$

У зв'язку з співвідношенням з нерівностями, ми маємо наступний вираз:

$$-2\pi R / z \leq +\Delta s_1 - \Delta s_2 \leq 2\pi R / z \quad (9)$$

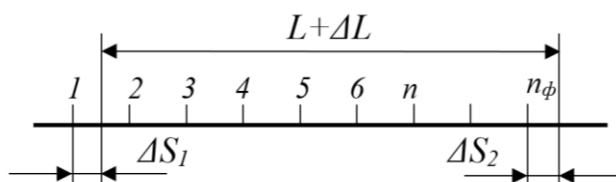


Рис. 4. Оцінка відносної та абсолютної похибки вимірювання радіуса колісної пари

При входженні в криву ділянку колії [1] колісна пара зазвичай має змогу розвертатися на певний кут, тому, для вирішення питання відносної та абсолютної похибки необхідна додаткова модель.

При повороті вісі колісної пари на кут $\delta\gamma_{\kappa}$ вісь частотно-імпульсного модулятора повертається на кут $\delta\gamma_{\phi}$, тому різницю між кутом вісями можна зобразити наступним чином:

$$\Delta\gamma = \delta\gamma_{\kappa} - \delta\gamma_{\phi} = \arcsin\left[\frac{\Delta l}{r} \sin(\delta\gamma_{\kappa} - \delta\gamma_{\kappa 1})\right] - \arcsin\left[\frac{\Delta l}{r} \sin \gamma_{\kappa 1}\right] \quad (10)$$

В даному випадку швидкість вимірюється за допомогою датчиків швидкості від неспіввісної установки частотно-імпульсного модулятора, який працює за рахунок обертів вісі колісної пари. Якщо встановлен модулятор електромагнітного типу, то в результаті зміни магнітного потоку в момент проходження зубців шестерні, ця похибка дорівнює нулю [2].

Якщо обертання від вісі колісної пари на вісь модулятора передається за допомогою системи повідкової передачі, то не співвісність установки модулятора можна пояснити наступним чином: при входженні в криву ділянку колії на кут $\gamma_{\kappa 1}$ вісь модулятора також повертається на кут $\gamma_{\phi 1}$. Співвідношення, які зв'язують кут повороту вісі колісної пари та вісі модулятора знаходимо за формулою:

$$\gamma_{\phi 1} = \gamma_{\kappa 1} - \arcsin\left[\frac{\Delta l}{r} \sin \gamma_{\kappa 1}\right] \quad (11)$$

Висновки. Для забезпечення надійності системи автоведення необхідно за допомогою обчислювальних операторів проводити збір, аналіз та обробку інформації стосовно поїзда. Основні проблеми в розробці системи автоведення зустрічаються під час урахувань похибок, яких під час руху та експлуатації рухомого складу на даний час становиться набагато більше. Система також повинна враховувати такі показники, як: графік руху поїзда та споживання електроенергії для стабільності роботи та дотриманням діючих вимог залізниці.

Список літератури

1. Аснис И.А., Дмитрук А.В., Осмоловский Н. П. Решение с помощью принципа максимума задачи об энергетически оптимальном управлении движением поезда// Журн. вычисл. математики и мат. физики. 1985. Т. 25. № 11. С. 56.
2. Баранов Л. А. Анализ погрешностей цифровых способов измерения скорости и ускорения поездов // Тр. МИИТ. 1980. Вып. 661. С. 40.
3. Баранов Л.А., Ерофеев Е.В., Максимов В.М., Головичер Я.М. и др. Микропроцессорные системы автоведения поездов // Железнодорожный транспорт. 1985. № 11. С. 39.
4. Зимарьков Б.Д. Устройство для изменения скорости и пройденного локомотивом пути /7 Электрическая и тепловозная тяга. 1974. № 1. С. 29.
5. Сидельников. В. М. Выбор оптимального режима управления локомотивом с использованием ЭЦВМ/Вестник ВНИИЖТ. 1965. № 2. С. 58.

Верещака Юрій Володимирович, перший (бакалаврський) рівень навчання, група 133-ЕЕ-Д18 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (099) 520-38-02.

E-mail: mashinistuz@gmail.com

ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
СЕКЦІЯ АВТОМАТИКИ ТА КОМП'ЮТЕРНОГО ТЕЛЕКЕРУВАННЯ РУХОМ
ПОЇЗДІВ

Савченко Ю. О.
Зроднікова К.В.

ЦИФРОВІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РУХОМ ПОЇЗДІВ

Науковий керівник – викладач УкрДУЗТ К. В. Зроднікова

***Анотація.** У даній роботі розглянуті цифрові системи управління рухом поїздів. На підставі цих розглядів була детально проаналізована кожна з них. В роботі також є наведення структур цифрових систем управління; їх важливих функцій, основних переваг, незамінних ролей на залізниці; опису головних задач та представленням рисунків до кожної із них. Крім цього, в наведена інформація про компанію ООО «ЛокоТех – Сигнал», спеціалісти якої й розробляють успішні інноваційні системи СЦБ і управління рухом поїздів.*

***Ключові слова:** СЦБ (сигналізація, централізація та блокування); ДСП (чергового по станції), ШН (чергового електромеханіка), ДЦ (диспетчерська централізація); МПЦ – С (мікропроцесорна централізація); НАБ (напіваавтоматичне блокування); АБ (автоматичне блокування); АПС – М; МАКС (мікропроцесорний автоматизований комплекс рахунку).*

Сигналізація, централізація і блокування (СЦБ) — комплекс технічних засобів, за допомогою яких забезпечується необхідна пропускна спроможність ділянок залізниць та безпечний рух поїздів. За допомогою пристроїв СЦБ виконують автоматичний контроль стану ділянок залізниць з метою передачі усієї інформації локомотивним бригадам та іншим працівникам залізниць.

Головна задача систем СЦБ (сигналізація, централізація та блокування) – це запобігти виникненню небезпечних ситуацій на залізницях. Таким чином, системи СЦБ роблять залізничний транспорт безпечним видом транспорту.

Розповсюджений підхід до впровадження системи СЦБ як одного із об'єктів будівництва залізниці, без координації дій з виробниками поїздів повинен піти у минуле.

Метою роботи є ознайомлення з новітніми системами управління рухом поїздів у цифровій індустрії управління та визначення для кожної з них найкращої сфери використання.

Для цього потрібно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати кожну з представлених систем;
- зробити висновок про їх основне призначення та переваги;

- провести детальний аналіз їх структур.

На передній план виходить інтеграція СЦБ в єдиний комплекс високо – технологічних систем (МПЦ – С, МАКС, АПС – М), що відповідає за комплексну систему управління залізничними перевезеннями та їх оптимізацію, взаємодію бортових і стаціонарних систем, а також з'єднаний із розвинутими системами планування і організації руху поїздів та з високорівневими системами контролю.

Так, як залізниця – це єдина система, яка здатна ефективно працювати тільки при злагодженій праці всіх її компонентів (рухомий склад, інфраструктура, засоби управління рухом поїздів), то існуюча система управління повинна бути здатною забезпечувати інтенсивність та безпеку руху поїздів. Саме тому, до складу однієї із найкрупніших у світі груп в сфері рейкового транспорту входить компанія ООО «ЛокоТех – Сигнал», яка володіє висок класними спеціалістами і інноваційними розробками, що засновані саме на цифрових технологіях систем СЦБ (рис. 1) і управління рухом поїздів.

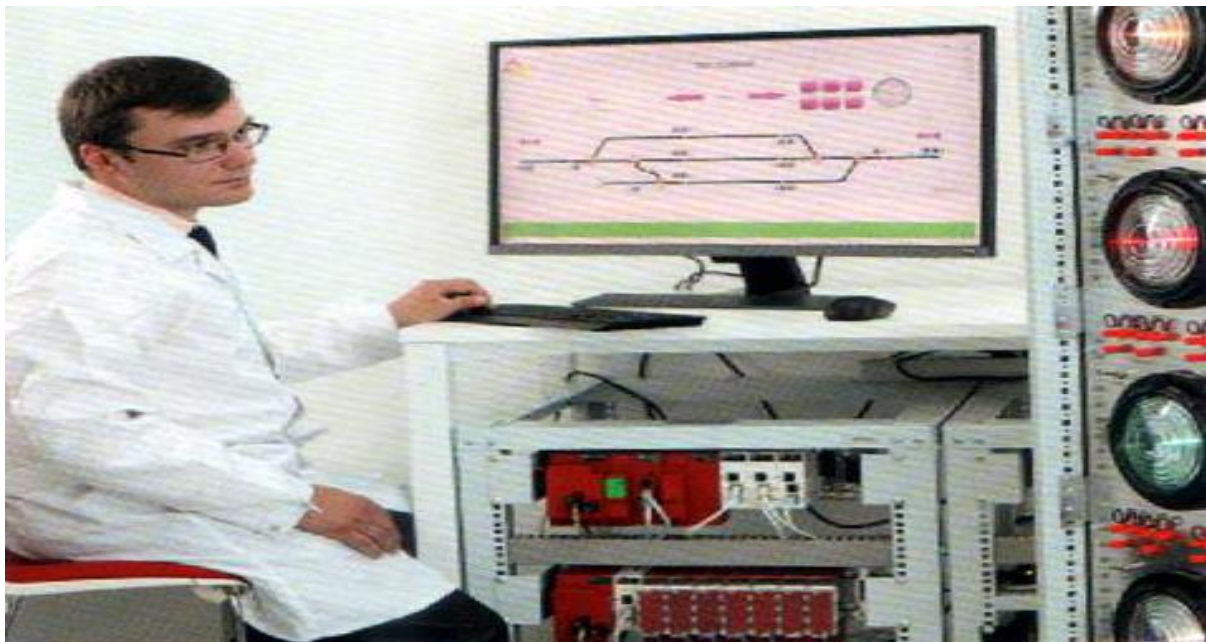


Рис. 1 – Цифрові технології систем СЦБ

Спеціалісти «ЛокоТех – Сигнал» успішно розробляють інноваційні системи СЦБ і управління рухом поїздів, які мають: високий рівень автоматизації; низьку вартість життєвого циклу; стандартні інтерфейси і протоколи; максимально широке використання готових компонентів; розширену діагностику, засновану на цифрових технологіях.

На даний час до складу економічно ефективних систем СЦБ для промислового залізничного транспорту на основі програмованих контролерів входять:

- мікропроцесорна централізація (МПЦ – С) з інтегрованими функціями напівавтоматичного (НАБ) і автоматичного (АБ) блокування;

- система рахунку осей МАКС;
- мікропроцесорна автоматична переїзна сигналізація (АПС – М).

МППЦ – С – безпечна, надійна і економічно ефективна система мікропроцесорної централізації. Вона побудована на основі промислових програмуючих контролерів, які дозволяють значно підвищити економічну ефективність, спростити розробку та проектування, а також вирішити проблему стосовно мікропроцесорних компонентів.

Три ключові переваги МППЦ – С:

- 1) висока економічна ефективність – система побудована на програмованих контролерах, які серійно випускаються великими партіями;
- 2) наскрізне застосування стандартних компонентів – гарантія захисту інвестицій, технологічної незалежності і довготривалої технічної підтримки;
- 3) гнучкість конфігурації МППЦ – оптимальний рівень безпеки та надійності, що необхідних замовнику функцій і компонентів.

Застосування стандартних мов програмування при розробці прикладного ПЗ (програмне забезпечення) забезпечує сумісність з компонентами різних виробників і дає можливість замовнику самостійно вносити зміни у програмне забезпечення, якщо необхідно провести реконфігурацію станції.

Система мікропроцесорної централізації МППЦ – С з інтегрованими функціями напівавтоматичного та автоматичного блокування розроблена з урахуванням глобальних тенденцій розвитку засобів залізничної автоматики і телемеханіки. В ній використовуються готові компоненти (COTS) та стандартне програмне забезпечення.

В структурі МППЦ – С виділені три рівні, обмін інформації між якими здійснюється по стандартним мережам передачі даних:

- рівень оперативного управління, який включає в себе автоматизовані робочі місця чергового по станції (ДСП), чергового електромеханіка (ШН), а також інтерфейси для зв'язку з віддаленими автоматизованими робочими місцями, ДЦ (диспетчерська централізація) та іншими високорівневими інформаційно – управляючими системами;
- рівень централізації, що слугує для обчислення логічних залежностей, перевірки умов безпеки та формування управляючих впливів на напільне обладнання;
- виконавчий рівень, який охоплюють контролери через які забезпечується безпосереднє управління і контроль напільного обладнання.

Електронна система рахунку осей МАКС (мікропроцесорний автоматизований комплекс рахунку) здатна безпечно і надійно контролювати вільний (зайнятий) стан ділянок колій. Вона реєструє прослідкування колісних пар на швидкості руху поїздів до 200 км/год завдяки встановленню датчиків коліс (рис. 2) і здатна працювати при будь – якому виді тязі та стану баласту.

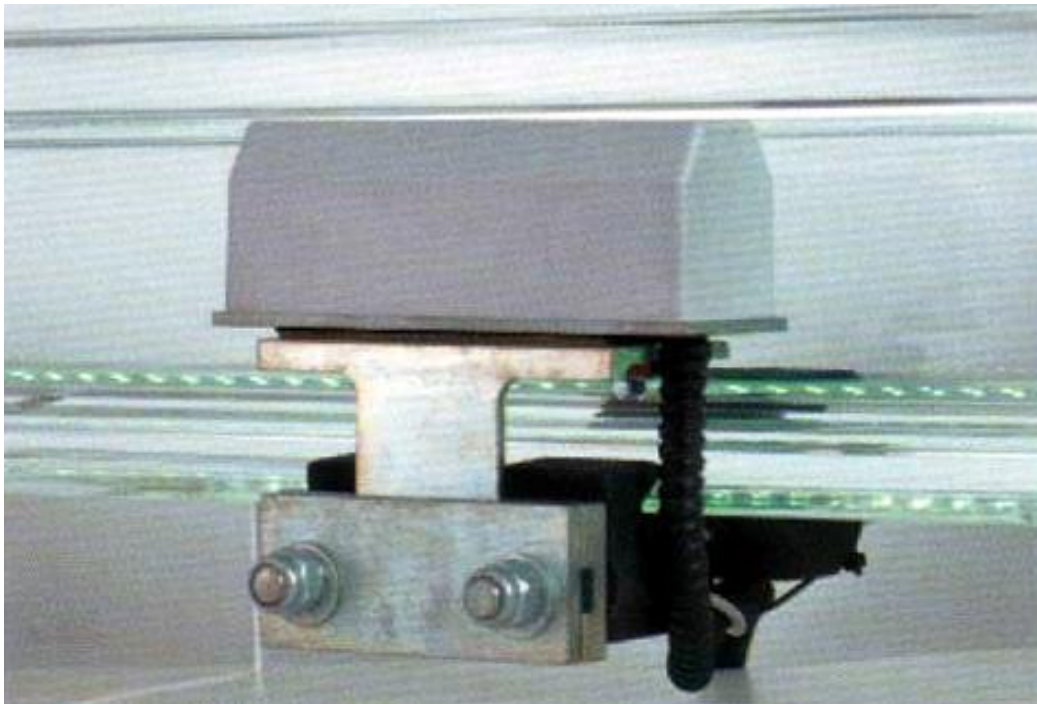


Рис. 2 – Датчик колеса

Система МАКС будується на промислових програмуючих контролерах, що забезпечують підвищення функціональної гнучкості і значно полегшують логістику при організації технічного обслуговування.

Основні функції системи МАКС:

- підрахунок числа осей і напрямку руху рухомого складу;
- збір та передача інформації від рахункових модулів;
- формування масиву даних про кількість підрахованих осей, вільності чи зайнятості дільниць і напрямку руху рухомого складу;
- обробка даних та їх передача у систему релейної ЕЦ або МПЦ;
- управління колійними реле та індикація про стан дільниць;
- скидання помилкової зайнятості дільниць;
- діагностика стану компонентів системи з відображенням контрольної і діагностичної інформації на інтерфейс АРМ.

Структура системи рахунку осей МАКС охоплює три рівні:

- 1) нижній рівень – датчики коліс і напільні рахункові електронні модулі;
- 2) середній рівень – рахунковий контролер (постове обладнання);
- 3) верхній рівень – автоматизоване робоче місце сервісного оператора (АРМ ШН), який має можливість спостерігати за поїзною обстановкою і станом контролюючих пристроїв, а також діагностувати напільне та постове обладнання системи.

Система АПС – М – комплекс технічних і програмних засобів для управління та контролю пристроїв автоматики залізничного переїзду. Її відрізняють: експлуатаційна готовність, стійкість до впливу факторів навколишнього середовища, функціональна гнучкість, використання стандартних апаратних засобів та стандартного програмного забезпечення.

АПС – М побудована на основі рахункового контролера системи МАКС, що виготовлений на серійних виробках (COTS) та забезпечує високу економічну ефективність системи, тому вона може використовувати як лічильники осей, так і рейкові кола. А використання стандартних мов програмування промислових контролерів дозволяє застосовувати складні алгоритми.

Основні функції системи АПС – М:

- збір даних про стан переїзду від об'єкту контролю (контактів реле, кнопок, рахункових пунктів та логічну обробку інформації);
- контроль вільності чи зайнятості переїзду і дільниць приближення за допомогою датчиків коліс;
- видача команд на об'єкти управління по результатам обробки інформації;
- передача результатів обробки інформації по цифровому інтерфейсу.

Переваги АПС – М:

- заснована на серійних програмуючих контролерах;
- модульна побудова та гнучкість архітектури;
- відкрите програмне забезпечення і розвинута діагностика;
- відкриті протоколи та стандартна операційна система;
- низькі витрати на експлуатацію і технічне обслуговування.

В даних системах наявний вбудований захист від внесення неприпустимих змін, завдяки чому спеціалісти замовника після навчання можуть самостійно модифікувати програмне забезпечення цих систем.

Список літератури

1. Дмитриев В. С.. Основы железнодорожной автоматики и телемеханики: учеб. [для техникумов ж. – д. трансп.] / В. С. Дмитриев, И. Г. Серганов. – М.: Транспорт, 1988.

2. Kazakov A. A.. Station devices of automation and telemechanics: textbook. [for technical schools - d. Transp.] / A. A. Kazakov, V. D. Bubnov, E. A. Kazakov. - М.: Transport, 1990.

3. Кузьменко Д. М.. Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування: [Інструкція ЦШ 0042] / розроб. Д. М. Кузьменко, О. М. Горбатенко, П. М. Лявшня. – К.: ТОВ «Видавничий дім» САМ», 2006.

4. Parkhomenko S. L.. Automated station control systems for train traffic: textbook. way. [for iron colleges. transp.] / S. L. Parkhomenko - Kharkiv 2014.

5. Сайт СЦБист: <http://scbist.com//>.

6. Основою цифрових залізниць Німеччини повинні стати системи ETCS та МПЦ. URL: <https://railway-publish.com/uz-news/3674-osnovou-cifrovih-zal%d1%96znic-n%d1%96mechchini-povinn%d1%96-stati-sistemi-etcs-ta-mpc.html>

7. Системи керування рухом поїздів. URL: <http://pk.diit.edu.ua/?view=static&id=124>

8. GUIDE TO DIGITAL COMAND CONTROL.URL: [HTTPS://WWW.DIGITRAINS.CO.UK/DCC-GUIDE](https://www.digitrains.co.uk/DCC-GUIDE)

Савченко Юлія Олександрівна, рівень навчання: бакалавр, група 131 – АКІТ – Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (068) 9952599. E-mail: dotman_ua@i.ua

Зроднікова Катерина Володимирівна, викладач кафедри «Іноземні мови» Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. +38(050)598-63-63. E-mail: zrodnikovakaterina@yahoo.com

ФАКУЛЬТЕТ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ
СЕКЦІЯ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖНОЮ ТА КОМЕРЦІЙНОЮ РОБОТОЮ

УДК 656.13

Тарасов К.О., Турчина Є.О., Гончарук О.Л.

**ТАРИФНІ АСПЕКТИ В УМОВАХ ПРОВЕДЕННЯ
ЕКСПЕРИМЕНТУ З ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИВАТНОЇ ТЯГИ НА
ЗАЛІЗНИЦІ УКРАЇНИ**

*Науковий керівник – канд. техн. наук, професор кафедри управління
вантажною і комерційною роботою УкрДУЗТ В.М. Запара*

***Анотація.** У роботі було досліджено структуру тарифу на перевезення вантажів, проведено порівняльний аналіз базового тарифу при використанні локомотивів різної форм власності при перевезенні у вантажному, порожньому та повному рейсах у вагонах вантажовласників в умовах експерименту з впровадження приватної тяги на залізниці України. Запропоновано критерій ефективності впровадження приватної тяги в умовах дії чинного тарифоутворення та наведена оцінка ефективності приватної тяги в залежності від відстані перевезення і кількісного складу состава.*

***Ключові слова:** приватна тяга, вантажні перевезення, інфраструктура, базовий тариф, локомотивна складова, тарифний пояс, вантажний рейс, порожній стан, критерій ефективності*

Вступ. АТ «Укрзалізниця» в непростій економічній ситуації продовжує в повній мірі виконувати пред'явлені обсяги перевезення. За липень-вересень 2020 року поступово збільшуються обсяги перевезення вантажів у порівнянні з відповідним періодом минулого року. Зокрема, на 11,3 % зросли обсяги перевезень у внутрішньому сполученні та на 1,8 % — у експортному. Досягнуто загальне зростання перевезень на 3,4%. Загалом за вказаний період АТ «Укрзалізниця» перевезла майже 80 млн т вантажів, що більше аналогічного періоду на 2,7 млн т. Наразі збільшилися перевезення мінбудматеріалів, брухту чорних металів, цементу, залізної та марганцевої руд [1].

Збільшення обсягів перевезення вантажів — це результат не лише пожвавлення вітчизняної та світової економіки, які призупинилися через пандемію коронавірусної інфекції (COVID-19), а і роботи компанії, яка оперативно та гнучко реагує на потреби вантажовідправників.

Нова тарифна політика, яка наразі впроваджується, зробить залізничні вантажні перевезення ще привабливішими для клієнтів. Зокрема, в компанії вже розроблена нова технологія перевезення вантажів маршрутними поїздами. Три методи розрахунку тарифу і кінцева вартість залежать від обсягів вантажу та відстані. Крім того розгортається експеримент з впровадження приватної тяги як вимога часу в умовах відсутності законодавчої бази реалізації рівноправного доступу до інфраструктури залізниці. В теперішній час АТ «Укрзалізниця» вже перебуває в стадії погодження технічних умов щодо використання приватної тяги на коліях загального користування залізничної мережі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню тарифів на вантажні перевезення залізничним транспортом приділяється багато уваги, особливо останнім часом у зв'язку з впровадженням приватної тяги в багатьох країнах, в тому числі і в Україні.

Аспектам тарифної політики на залізничні вантажні перевезення присвячені чисельні публікації відомих закордонних і вітчизняних вчених та практиків. Серед них Алфімов С.А., Бороздіна О.Н., Бесєдін І.С., Вернигора Р.В., Єфанов А.Н., Зайцев А.А., Запара В.М., Кожевников Ю.Н., Колесникова Н.М., Крейнін А.В., Левицький І.Є., Ломотько Д.В., Мазо Л.А., Нагорний Є.В., Окороков А.М., Пасічник В.І., Рогачова Л.С., Сузак Р.О., Третьяк В.П., Шафіркін Б.І., Цегельник М.Л., Цупров П.С., Черниш Н.Ю., Чорний В.В., Шмельов А.В., A. Dolinayová, V. Zitrický, L. Černá, Z. Hřebíček тощо.

Так, наприклад, у працях [2-7] проведено детальний аналіз тарифів та встановлено, що державні регульовані ціни мають забезпечувати відповідність ціни витратам на виробництво, продажу, прибутку, змінюватися у зв'язку зі зміною умов виробництва, що не залежать від діяльності суб'єкта, а під час державного регулювання діяльності суб'єктів природних монополій має забезпечуватися принцип самоокупності. Щорічно державні регульовані тарифи на перевезення вантажів у межах України мають змінюватися, при цьому мінімальним розміром такої зміни тарифів повинен бути розмір, що не є нижчим від індексу цін виробників промислової продукції відповідно до основних прогнозних макропоказників економічного і соціального розвитку України, схвалених відповідною постановою Кабінету Міністрів України.

Науковці у дослідженні [8] визначили основні напрямки тарифної політики на вантажні залізничні перевезення та її вдосконалення, а саме: доведення вартості користування рухомим складом перевізника до ринкового рівня; зближення тарифних класів вантажів з тяжінням до середніх показників, тобто другого тарифного класу; зміна пріоритетів антимонопольного законодавства на врахування паритетності умов функціонування суб'єктів ринку. Слід відзначити, що вказані напрямки поступово реалізуються на залізниці України.

В статті [9] досліджено ефективність впровадження приватної тяги на обмеженому полігоні залізниці для перевезення сировини окремого підприємства від місця видобутку до місця основного виробництва. Було розглянуто позитивні та негативні аспекти не тільки для приватного

перевізника, але й для АТ «Укрзалізниця». Проте ефективність впровадження приватної тяги на всій мережі залізниць України не розглядалась.

В останніх дослідженнях закордонних науковців [10] запропоновано методологію формування тарифів на залізничний вантажний транспорт враховуючи конкретні технічні та технологічні вимоги до транспорту та витрати, що в певній мірі відповідає підходам вітчизняних науковців. Запропонована методологія представляє наукові процедури для ефективного розроблення тарифів на залізничний фрахт. Наукові методи, що використані в цьому дослідженні, орієнтовані на аналіз попиту, ідентифікацію рухомого складу, визначення ролі працівників, технологію індивідуальних відправлень, розрахунок вартості і розрахунок ставок, встановлення прайс-листів та встановлення цін транспортування.

У розглянутих напрацюваннях добре проаналізовані задачі дослідження, але не знайшло повного вирішення питання щодо економічної ефективності використання приватної тяги в залежності від відстані перевезення та кількісного складу составів поїздів. Аналіз цих публікацій дозволяє підвести наукове підґрунтя для впровадження приватної локомотивної тяги та провести порівняльний аналіз вартості перевезення, що є своєчасним і актуальним в умовах проведення експерименту з впровадження приватної тяги на залізниці України.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є встановлення меж ефективності впровадження приватної тяги при перевезенні вантажів залізничною мережею України. Завданням є проведення порівняльного аналізу при використанні локомотивів різної форм власності при перевезенні у вантажному, порожньому та повному рейсах у вагонах вантажовласників в умовах експерименту з впровадження приватної тяги на залізниці України.

Основна частина дослідження. Для ефективного реалізації стратегії АТ «Укрзалізниця» важливою умовою є ухвалення Закону України «Про залізничний транспорт». Його відсутність, наприклад, унеможливорює в повному обсязі задіяння операторів тяги в перевізному процесі, що гальмує розвиток галузі, лібералізацію ринку. Але даний законопроект до цих пір так і не ухвалений, тому впровадження приватної тяги планується проводити в умовах експерименту. Заявки для участі в умовах експерименту подали одинадцять компаній, основні з яких «Ferrexpo», «Івано-Франківськцемент», «Кернел», «ДТЕК» та інші [11,12].

На сьогодні в Україні поки що не затверджено тариф за «нитку» графіка для тягових компаній, отже тимчасовою базою залишається тарифне керівництво №1 [13]. Так, визначення тарифу за вантажні перевезення у складі поїздів здійснюється за відповідними тарифними схемами, наприклад: схема 1 (генеральна) - для вантажів, що відправляються вагонними відправками в універсальних вагонах, та схема 2 - для вантажів, що відправляються вагонними відправками в спеціальних (спеціалізованих) вагонах. Ці схеми передбачають використання локомотивів, що належать АТ «Укрзалізниця».

В реальних умовах найбільш доцільним вбачається при використанні приватного локомотива перевезення власних вагонів у завантаженому та порожніх станах. Крім того, для вантажовідправника доцільно буде максимально використовувати вантажопідйомність вагона, тому в подальшому розрахункову масу приймаємо 70 т.

Для обчислення тарифу при використанні власних локомотивів підприємства використовується тарифна схема 29, яка складається з плати за використання інфраструктури власним локомотивом та вагоном. Різниця між вартістю використання тепловоза і електровоза досить незначна, тому в подальших розрахунках, як найбільш вірогідний варіант, приймаємо тепловоз.

Відомо, що складові тарифу мають співвідношення: інфраструктурна складова – 55-60%, локомотивна - 25-30%, вагонна - 10-20% [14], оскільки в дослідженні акцент зроблено на використання власних вагонів (найбільш вірогідний варіант), то вагонна складова в тарифі буде відсутня, а отже зміниться співвідношення у бік зростання між інфраструктурною і локомотивною складовою (локомотивна складова буде становити 28-36%). Виходячи з вищенаведеного запропоновано критерій ефективності впровадження приватної тяги в умовах дії чинного тарифоутворення, який полягає в тому, що доцільним з економічної точки зору для приватної тягової компанії буде використання своїх локомотивів лише в тому випадку, коли різниця між тарифом при перевезенні локомотивом АТ «Укрзалізниця» і приватним локомотивом буде не менше локомотивної складової тарифу (хоча б її мінімального значення. Для умов, що розглядаються – 28%).

При проведенні дослідження для обрахунків достатньо використати базові тарифи, які наведені в чинному Тарифному керівництві № 1. При цьому будемо вважати, що умови перевезення не змінюються (крім зміни належності локомотива), тобто перевозяться вантажі того ж тарифного класу, використовуються однакові тарифні коефіцієнти та податок на додану вартість.

Величина базового тарифу при перевезенні вантажів локомотивом АТ «Укрзалізниця» залежить (крім завантаженості вагона) від двох основних факторів: тарифного поясу (відстані, на яку перевозиться вантаж відправника) та кількості вагонів у складі поїзда. При обчисленні базового тарифу при використанні приватного локомотива до вищевказаних факторів (з урахуванням того, що завантаженість вагонів не враховується) додається ще вартість використання інфраструктури цим локомотивом.

Величина базового тарифу при перевезенні завантажених вагонів локомотивами різної форми власності в діапазоні до 700 км та з складом поїзда від 35 до 55 власних вагонів наведено у таблиці 1.

Колонка 1 таблиці відповідає тарифним поясам схем Тарифного керівництва №1, колонка 2 - середнє значення інтервалу колонки 1. Колонки 3, 4 розраховуються як добуток величини тарифу, що вказаний в Тарифному керівництві № 1 для конкретного тарифного поясу і розрахункової маси (70 т) зі схем 1 та 2 відповідно, та кількості вагонів. Колонка 5 розраховується як сума показників базового тарифу з тарифних схем 29.1 та 29.4, але перед тим як їх

додавати, величина зі схеми 29.4 множиться на кількість вагонів у складі поїзда. Відсоток перевищення базового тарифу при використанні локомотива АТ «Укрзалізниця» над базовим тарифом при використанні приватного локомотива (колонки 6 та 7) розраховується за формулою:

$$A = \left(1 - \frac{T_{\text{вл}}}{T_{\text{пер}}}\right) \times 100\% \quad (1)$$

де $T_{\text{вл}}$ – базовий тариф при використанні приватного локомотива, грн.;

$T_{\text{пер}}$ – базовий тариф при використанні локомотива АТ «Укрзалізниця», грн.

Таблиця 1

Базовий тариф на перевезення завантажених вагонів локомотивом АТ «Укрзалізниця» та власним локомотивом (тепловоз)

Тариф-ний пояс, км	Сере-дина поясу, км	Тариф за схемою 1, грн	Тариф за схемою 2, грн	Тариф за схемами 29.1+29.4	Перевищен-ня тарифу за схемою 1 над тарифом за схемами 29.1+29.4, %	Перевищен-ня тарифу за схемою 2 над тарифом за схемами 29.1+29.4, %
1	2	3	4	5	6	7
Состав 35 вагонів						
101-120	110	66675	69545	42282	36,58	39,20
301-330	315	109480	116620	68797	37,16	41,01
481-510	495	149205	159845	97424	34,70	39,05
651-700	675	187810	201775	126296	32,75	37,41
Состав 40 вагонів						
101-120	110	76200	79480	47312	37,91	40,47
301-330	315	125120	133280	76507	38,85	42,60
481-510	495	170520	182680	108164	36,57	40,79
651-700	675	214640	230600	140101	34,73	39,25
Состав 45 вагонів						
101-120	110	85725	89415	52342	38,94	41,46
301-330	315	140760	149940	84217	40,17	43,83
481-510	495	191835	205515	118904	38,02	42,14
651-700	675	241470	259425	153906	36,26	40,67
Состав 50 вагонів						
101-120	110	95250	99350	57372	39,77	42,25
301-330	315	156400	166600	91927	41,22	44,82
481-510	495	213150	228350	129644	39,18	43,23
651-700	675	268300	288250	167711	37,49	41,82

Состав 55 вагонів						
101-120	110	104775	109285	62402	40,44	42,90
301-330	315	172040	183260	99637	42,08	45,63
481-510	495	234465	251185	140384	40,13	44,11
651-700	675	295130	317075	181516	38,50	42,75

Як свідчать отримані результати (колонки 6 і 7), базовий тариф на використання приватних локомотивів при перевезенні завантажених вагонів в середньому приблизно на 40% нижче ніж при використанні локомотивів АТ «Укрзалізниця», що є досить вигідним показником для компаній, які планують використання власної приватної тяги (при оціненій локомотивній складовій для розглянутих умов 28-36%).

Аналогічно виконані розрахунки для випадку, коли вагони після вивантаження всі в порожньому стані повертаються до власника, що є найбільш не вигідним випадком для власника вагонів. Усі вагони вважаємо 4-вісними з навантаженням на вісь менше ніж 12,5 т. Результати обчислень базового тарифу при перевезенні порожніх вагонів наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Базовий тариф на перевезення порожніх вагонів локомотивом АТ «Укрзалізниця» та власним локомотивом (тепловоз)

Тарифний пояс, км	Середина поясу, км	Тариф за схемою 14.1, грн	Тариф за схемами 29.5+29.7, грн	Перевищення тарифу за схемою 14.1 над тарифом за схемами 29.5+29.7, %
1	2	3	4	5
Состав 35 вагонів				
101-120	110	11536	11222	2,72
301-330	315	30674	32165	-4,86
481-510	495	45626	50515	-10,72
651-700	675	59976	68900	-14,88
Состав 40 вагонів				
101-120	110	13184	12207	7,41
301-330	315	35056	34990	0,19
481-510	495	52144	54950	-5,38
651-700	675	68544	74950	-9,35

Состав 45 вагонів				
101-120	110	14832	13192	11,06
301-330	315	39438	37815	4,12
481-510	495	58662	59385	-1,23
651-700	675	77112	81000	-5,04
Состав 50 вагонів				
101-120	110	16480	14177	13,97
301-330	315	43820	40640	7,26
481-510	495	65180	63820	2,09
651-700	675	85680	87050	-1,60
Состав 55 вагонів				
101-120	110	18128	15162	16,36
301-330	315	48202	43465	9,83
481-510	495	71698	68255	4,80
651-700	675	94248	93100	1,22

В таблиці 2 колонки заповнюються аналогічно як і в таблиці 1, однак, оскільки вагони не в навантаженому, а порожньому стані, то замість тарифних схем 1 та 2 використовується тарифна схема 14.1 (з множенням базової ставки на 4 (здіянні 4-вісні вагони)), а замість тарифних схем 29.1 та 29.4 – 29.5 та 29.7 відповідно.

Як видно з таблиці 2, відсоток перевищення становить не більше 17 %, а в деяких випадках (певні відстані та кількісний склад составів поїздів) цей показник взагалі від'ємний, що вказує на не вигідність перевезення вагонів лише в порожньому стані. Не є логічним в цьому випадку використання локомотива АТ «Укрзалізниця» при здійсненні приватного локомотива у вантажному рейсі, адже в такому випадку при поверненні приватного локомотива «резервом» слід також сплатити відповідний тариф. Така ситуація носить стимулюючий характер, змушуючи власника вагонів максимально вишукувати вантаж для можливості завантаження вагонів у порожньому напрямку перевезення, зменшуючи таким чином коефіцієнт порожнього пробігу. Звичайно ж вагон має як вантажний рейс, так і порожній. Тому при експлуатації власних вагонів для об'єктивності слід в цілому розглядати повний рейс вагона (тобто сумісно рейс у завантаженому та порожньому станах). Такий підхід дозволить більш реально оцінити ефективність впровадження приватної тяги в умовах дії чинного тарифоутворення.

Результати розрахунків базових тарифів на перевезення навантажених та порожніх вагонів в повному рейсі локомотивом АТ «Укрзалізниця» та власним локомотивом наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Базовий тариф на перевезення навантажених та порожніх вагонів локомотивом АТ «Укрзалізниця» та власним локомотивом (тепловоз).

Тариф-ний пояс, км	Середина поясу, км	Тариф за схемою 1+14.1, грн	Тариф за схемою 2+14.1, грн	Тариф за схемами 29.1+29.4+29.5+29.7, грн	Перевищення тарифу за схемою 1 над тарифом за схемами 29.1+29.4+29.5+29.7, %	Перевищення тарифу за схемою 2 над тарифом за схемами 29.1+29.4+29.5+29.7, %
1	2	3	4	5	6	7
Состав 35 вагонів						
101-120	110	78211	81081	53504	31,59	34,01
301-330	315	140154	147294	100962	27,96	31,46
481-510	495	194831	205471	147939	24,07	28,00
651-700	675	247786	261751	195196	21,22	25,43
Состав 40 вагонів						
101-120	110	89384	92664	59519	33,41	35,77
301-330	315	160176	168336	111497	30,39	33,77
481-510	495	222664	234824	163114	26,74	30,54
651-700	675	283184	299144	215051	24,06	28,11
Состав 45 вагонів						
101-120	110	100557	104247	65534	34,83	37,14
301-330	315	180198	189378	122032	32,28	35,56
481-510	495	250497	264177	178289	28,83	32,51
651-700	675	318582	336537	234906	26,27	30,20
Состав 50 вагонів						
101-120	110	111730	115830	71549	35,96	38,23
301-330	315	200220	210420	132567	33,79	37,00
481-510	495	278330	293530	193464	30,49	34,09
651-700	675	353980	373930	254761	28,03	31,87

Состав 55 вагонів						
101-120	110	122903	127413	77564	36,89	39,12
301-330	315	220242	231462	143102	35,03	38,17
481-510	495	306163	322883	208639	31,85	35,38
651-700	675	389378	411323	274616	29,47	33,24

Колонка 1 таблиці 3 відповідає тарифним поясам схем Тарифного керівництва №1, колонка 2 - середнє значення інтервалу колонки 1. В колонках 3 та 4 розглядається випадок, коли повний рейс вагона відбувається за використання локомотива АТ «Укрзалізниця». Тому значення для цих колонок формується як сума тарифів за перевезення в навантаженому стані (колонка 3(4) таблиці 1) та в порожньому стані (колонка 3 таблиці 2). В колонці 5 відображається тариф за повний рейс вагона, але при використанні власного локомотива, тому підсумовується значення колонки 5 таблиці 1 та колонки 4 таблиці 2. В колонках 6 та 7 розраховано відсоток перевищення базового тарифу при використанні локомотива АТ «Укрзалізниця» над тарифом при використанні власного локомотива аналогічно як і в попередніх таблицях за формулою (1).

Візуалізація результатів розрахунків відсотків перевищення базового тарифу при використанні локомотивів АТ «Укрзалізниця» над базовим тарифом при використанні приватних локомотивів в залежності від відстані перевезення та кількісного складу составів поїздів з урахуванням завантаженого та порожнього рейсів вагонів представлена на рис. 1.

Отже, виходячи з рис. 1, слід констатувати, що для компаній, які мають намір впроваджувати приватну тягу, в розглянутому діапазоні параметрів дослідження базовий тариф при використанні власного локомотива значно менший базового тарифу при використанні локомотива АТ «Укрзалізниця» (від 21,22 до 36,89%), однак не у всіх випадках перевищує нижню межу запропонованого критерію ефективності з економічної точки зору впровадження приватної тяги (28%). Доведено, що ефективність від використання власних локомотивів прямопропорційно залежить від кількості вагонів у складі поїзда.

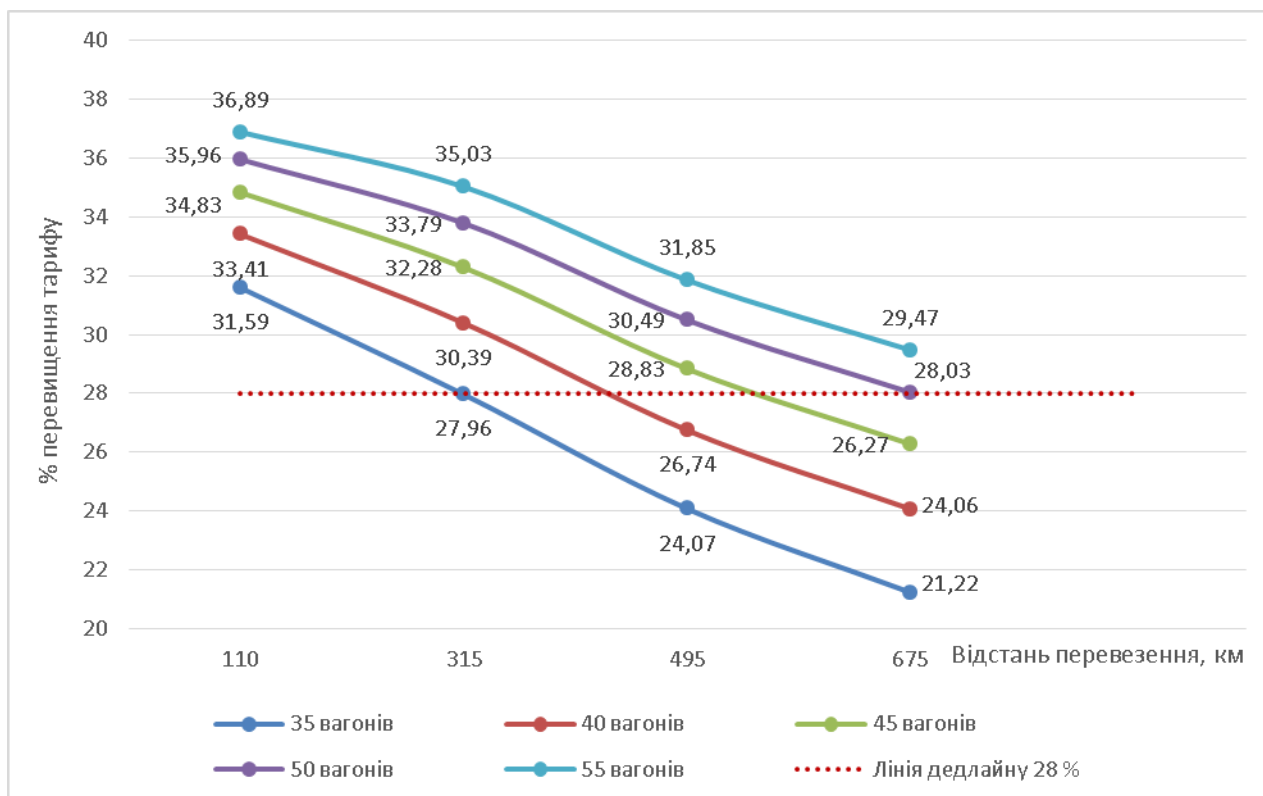


Рис.1. Відсоток перевищення базового тарифу при використанні локомотивів АТ «Укрзалізниця» над базовим тарифом при використанні приватних локомотивів в залежності від відстані перевезення та кількісного складу составів поїздів з урахуванням завантаженого та порожнього рейсів вагонів

Встановлено, що найбільш вигідно буде переміщати повносоставні поїзди (50-55 вагонів) на порівняно невеликі плечі (до 700 км включно), що, в свою чергу, зумовить використання меншої кількості локомотивів, а значить зменшить витрати на їх закупівлю та подальше обслуговування. Зменшення кількісного складу составів поїздів призводить до зменшення відстані ефективного використання власних локомотивів: при составі 45 вагонів – до 540 км; при составі 40 вагонів – до 390 км; при составі 35 вагонів – до 330 км (відстані наведені з урахуванням діапазону тарифних поясів). Наведений рисунок наглядно демонструє зниження ефективності використання власних локомотивів при вантажних перевезеннях із зростанням відстані перевезення в умовах чинного тарифоутворення на залізничному транспорті України.

Висновки. В результаті проведених досліджень були отримані наступні результати.

1. Проаналізовано питому частку складових вантажного тарифу на залізничному транспорті України (інфраструктурна, локомотивна, вагонна) та встановлено для умов використання власних вагонів відсоток локомотивної складової на рівні 28-36%.

2. Запропоновано критерій ефективності приватної тяги в умовах дії чинного тарифоутворення, який полягає в тому, що доцільним з економічної

точки зору для приватної тягової компанії буде використання своїх локомотивів лише в тому випадку, коли різниця між тарифом при перевезенні локомотивом АТ «Укрзалізниця» і приватним локомотивом буде не менше локомотивної складової тарифу (хоча б її мінімального значення. Для умов, що розглядаються – 28%).

3. Доведено, що базовий тариф при використанні приватних локомотивів під час перевезення завантажених вагонів приблизно на 40% нижче ніж при використанні локомотивів АТ «Укрзалізниця», що є досить вигідним показником для компаній, які планують використання приватної тяги (при оціненій локомотивній складовій для розглянутих умов 28-36%).

4. Встановлено невикладність перевезення порожніх составів при використанні власної тяги (відсоток перевищення становить не більше 17 %, а в деяких випадках (певні відстані та кількісний склад составів поїздів) цей показник взагалі від'ємний).

5. Доведено ефективність використання власної тяги за умови виконання повного рейсу вагона (у завантаженому та порожньому станах): при составі 50-55 вагонів – до 700 км; при составі 45 вагонів – до 540 км; при составі 40 вагонів – до 390 км; при составі 35 вагонів – до 330 км (відстані наведені з урахуванням діапазону тарифних поясів).

Таким чином, за підсумками дослідження можна зробити висновок, що впровадження приватної тяги при вантажних перевезеннях на залізничній мережі України навіть в умовах експерименту є економічно вигідним для власників локомотивів з урахуванням певних параметрів експлуатації (виконання повного рейсу вагона, перевезення максимально повносоставних поїздів, певні відстані перевезення).

Список літератури

1. Укрзалізниця в III кварталі 2020 року на 3,4 % збільшила обсяги перевезення вантажів. URL: https://www.uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/526320/ (дата звернення 25.10.2020).

2. Запара В.М., Запара Я.В. Оновлення нормативно-правової бази залізничного транспорту України як вимога часу. Зб. наук. праць УкрДУЗТ. 2018. Вип. 170. С. 76-85.

3. Запара В.М., Ломотько Д.В., Колесникова Н.М. Удосконалення методичних підходів до побудови тарифних схем з метою підвищення конкурентоспроможності залізниць на ринку вантажних перевезень. Зб. наук. праць УкрДАЗТ. 2004. Вип. 62. С. 83-93.

4. Запара В.М., Колесникова Н.М., Запара Є.В. Реалізація ринкового підходу до розрахунку собівартості вантажних залізничних перевезень для умов України. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2006. Вип. 71. С.16-19.

5. Запара, В.М. Особливості формування тарифних схем при перевезенні негабаритних вантажів з окремим локомотивом залізниці. Зб. наук. праць УкрДАЗТ. 2009. Вип. 102. С. 106-115.

6. Колесникова Н.М. Адаптивно-організаційний механізм ціноутворення: формування, функціонування та розвиток. К.: КУЕТТ, 2006. 564 с.

7. Чорний В.В., Колесникова Н.М., Богомолова Н.І. Відтворювально-оптимізаційна парадигма ціноутворення як ключовий фактор забезпечення конкурентоспроможності залізниць. Зб. наук. праць ДЕТУТ, Серія «Економіка і управління». 2011. Вип. 18, Частина 2. С. 26-32.

8. Запара В.М., Вотре́на В.А., Логвиненко Т.В. Удосконалення індексації тарифів на вантажні залізничні перевезення в межах України. Зб. наук. праць УкрДУЗТ. 2016. Вип. 164. С. 47-58.

9. Огороков А.М., Вернигора Р.В., Цупров П.С., Сузак Р.О. Удосконалення логістичного ланцюга постачання сировини на виробництво за рахунок впровадження приватної тяги. Зб. наук. праць ДНУЗТ ім. акад. Лазаряна. 2019. Вип. 18. С. 75-86.

10. A. Dolinayová, V. Zitrický, L. Černá, Z. Hřebíček, (2018) “Methodology for the Tariff Formation in Railway Freight Transport”. International journal of maritime science & technology. “Naše more” 65(4)/2018., pp. 297-304.

11. Як готуються вантажовідправники до допуску приватних локомотивів URL: [https:// event.promgruz.com/ uarailways /2019/03/22/ iak-hotuiutsia vantazhovidpravnyky-do-dopusku-pryvatnykh-lokomotyviv/](https://event.promgruz.com/uarailways/2019/03/22/iak-hotuiutsiavantazhovidpravnyky-do-dopusku-pryvatnykh-lokomotyviv/) (дата звернення 24.09.2020).

12. "Пилот" с частной тягой: через 6 месяцев увидим более десятка новых локомотивов. URL: https://cfts.org.ua/blogs/pilot_s_chastnoy_tyagoy_cherez_6_mesyatsev_uvidim_bolees_desyatka_novykh_lokomotivov 54. (Дата звернення 17.10.2020).

13. Тарифне керівництво №1. Збірник тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом у межах України та пов'язані з ним послуги К.: «Укрзалізниця». 2009. 200 с.

14. Запара В.М., Бауліна Г.С., Запара Я.В., Продащук С.М. Обґрунтування необхідності оновлення тарифної системи вантажних перевезень залізничним транспортом України в сучасних умовах Тези 1-ї міжнародної науково-практичної конференції «Інтелектуальні транспортні технології»: (Трускавець-Харків, 24-30 січня 2020 р.) Харків: УкрДУЗТ. С. 58-60.

Тарасов Кирило Олександрович, другий (магістерський) рівень навчання, група 221-ОПУТ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (057) 730-10-85. E-mail: kir.tarasov1998@gmail.com

Турчина Євгенія Олександрівна, другий (магістерський) рівень навчання, група 221-ОПУТ-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (057) 730-10-85. E-mail: turchina1808@icloud.com

Гончарук Олександр Леонідович, другий (магістерський) рівень навчання, група 210-ОПУТ-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (057) 730-10-85. E-mail: sgcat@ukr.net

ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ В УМОВАХ ПАСАЖИРСЬКОГО РУХУ

Науковий керівник – доктор технічних наук, , професор кафедри управління вантажною і комерційною роботою Лаврухін О.В.

Анотація. Питання організації небезпечних вантажів в умовах пасажирського руху є надзвичайно актуальним та важливим в будь-якій країні. Це зумовлено тим, що небезпечні вантажі можуть принести негативні наслідки у разі недотримання належних норм перевезення. Найбільш важливим є екологічний аспект перевезення небезпечних вантажів. Проведено аналіз статистичних даних та теоретичних досліджень. Визначено основні проблеми та виявлено напрямки покращення організації перевезення небезпечних вантажів в умовах пасажирського руху.

Ключові слова: небезпечні вантажі, перевезення, рух, людський фактор.

Вступ. Будь – яке індустріальне місто потребує використання небезпечних речовин в промисловості. Зрозуміло, що ці речовини необхідно доставляти різноманітними способами, одним із найпоширенішим є – залізничні перевезення. Саме залізничний транспорт – має великі переваги саме у перевезенні небезпечних речовин. Щодо переваг залізничних перевезень небезпечних вантажів, можна віднести: не залежать від кліматичних умов та пори року, мають регулярний графік перевезень, невисока собівартість та зручність доставки. Найголовнішим питанням переміщення небезпечних речовин залізницею є зменшення ризиків аварійних ситуацій при пасажирському русі. Дуже важливо правильно організувати роботу транспорту, яка не заважатиме ні пасажирам, ні довіллю. Отже, у статті розглянемо шляхи покращення організації перевезення ризикованих речовин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема перевезення небезпечних вантажів була актуальною як у минулому, так і сьогодні. Саме такий вид вантажоперевезень потребує неабиякої уваги відповідної особи, яка контролює цей процес. Але, кожен з нас розуміє, що людський фактор ніхто відмінити не може, тому є необхідність розвивати інформаційні системи та новітні технології. Безліч науковців досліджували проблеми аварійних ситуацій на залізниці, що пов'язані з небезпечними вантажами: С. І. Музикіна, В. М. Островський, А. М. Котенко, А. В. Прохорченко, Н. Kumamoto, A., R. Batta, V. Gheorghe та інші. Тобто, питання гостро стоїть і дотепер.

Визначення мети та задачі дослідження: Визначити основні проблеми, що пов'язані з переміщенням небезпечних речовин по залізничним шляхам

України. Проаналізувати рух небезпечних вантажів на залізничному транспорті в Україні та кількість аварійних ситуацій, що сталися під час перевезення небезпечних вантажів. Виявити напрямки покращення організації перевезення небезпечних вантажів в умовах пасажирського руху.

Основна частина дослідження. Залізничний транспорт є основним перевізником пасажирів та будь-яких вантажів, через велику провізну спроможність залізниць, стабільність та дешевизну. Але, залізничний транспорт, як і усі інші мають один великий спільний недолік – аварійність. Безпечне перевезення небезпечних вантажів при пасажирському русі – важливе питання сьогодення.

Небезпечний вантаж - речовини, матеріали, вироби, відходи виробничої та іншої діяльності, які внаслідок притаманних їм властивостей за наявності певних факторів можуть під час перевезення спричинити вибух, пожежу, пошкодження технічних засобів, пристроїв, споруд та інших об'єктів, заподіяти матеріальні збитки та шкоду довкіллю, а також призвести до загибелі, травмування, отруєння людей, тварин [1]. Тобто матеріали, вироби, що представляють потенційну небезпеку для природи, здоров'я і життя людини - це небезпечні вантажі.

Такий вид транспорту, як залізничний, являє собою основний вид транспортування небезпечних вантажів та сягає, приблизно, 85% вантажообігу країни. Згідно даних наданих АТ «Укрзалізниця» за 2018 рік було перевезено 12 378,147 тис. т вантажу, з яких 2 365,654 тис. т відправлено на експорт, 2 525,776 тис. т імпорتنі перевезення та 2 001,570 тис. т. транзитні перевезення. Всього було перевезено 295445 вагонів та 22868 контейнерів з небезпечними вантажами. Розглянемо співвідношення кількості перевезених небезпечних вантажів у 2018 році за видами перевезень:



Рис.1.1. – «Співвідношення кількості перевезених небезпечних вантажів у

2018 році за видами перевезень»

Отже, найбільша кількість перевезеного небезпечного вантажу припадає на внутрішні перевезення і становить 44%, на імпорт було транспортовано - 21%, на експорт – 19%. Найменшу частку перевезення займає транзит (16%) [2].

Розглянемо статистичні дані, що описують перевезену кількість небезпечного вантажу з урахуванням класу вантажу (вагони) за 2018 рік.

Таблиця 1.2

Кількість небезпечних вантажів перевезених за 2018 рік з урахуванням класу вантажу (вагони)

<i>Клас небезпеки</i>	<i>Кількість вагонів</i>	<i>Перевезено (тис.т)</i>
Клас 1	34	1,456
Клас 2	88709	1293,394
Клас 3	120405	5654.032
Клас 4.1	8110	542,571
Клас 4.2	28928	1683,647
Клас 4.3	33	1,853
Клас 5.1	18573	1236,816
Клас 5.2	15	1,022
Клас 6.1	368	5,956
Клас 6.2	0	0
Клас 7	0	0
Клас 8	12794	584,727
Клас 9	17476	851,607
Разом	295445	11857,08

Розроблено автором за даними – [3].

Проаналізувавши таблицю 1.2, можна зробити висновок, що найбільша кількість перевезеного вантажу за 2018 рік припадає на Клас 3 (легкозаймисті рідини), а нульова кількість на Класи 6.2 (інфекційні речовини) та 7 (радіоактивні матеріали). Найменша кількість вантажу припадає на класи 8 (їдкі або корозійні речовини) та 9 (інші небезпечні речовини і вироби). Усього разом було перевезено 11867 тис.тон небезпечних вантажів.

Повертаючись, до перевезень небезпечних вантажів при пасажирському русі, існує таке правило: «мінімальна кількість вагонів, які відділяють вагони, завантажені небезпечними вантажами, від локомотивів і вагонів з людьми в поїзді. Але нема чіткого визначення відокремлення вагонів з вантажами різних класів небезпеки між собою, крім класу 1 (вибухові матеріали і речовини)»[3]. Тобто, неабияким фактором безпеки є правильне формування составів потягів з небезпечними речовинами при розташуванні невідповідних вантажів поруч.

Загальними ознаками залізничних транспортних подій, що виникли під час перевезення небезпечних вантажів, є [4]:

- загибель або травмування людей;
- пошкодження рухомого складу залізничного транспорту, технічних засобів;
- порушення графіка руху поїздів;
- завдання шкоди навколишньому природному середовищу.

Незважаючи на численні заходи, щодо підвищення безпеки перевезень небезпечних вантажів, аварійність на залізничному транспорті присутня та, на жаль, зростає. За статистичними даними, на протязі 2018 року було допущено 1217 подій, що несли негативні наслідки. У порівнянні з 2017 роком аварійність зросла на 77,4%. Кількість загиблих осіб у 2018 році становило 288 осіб, а травмовано 248 осіб.

Розглянемо загальну статистику транспортних подій у 2018 році.

Таблиця 1.3

Стан аварійності на залізничному транспорті

<i>Транспортна подія</i>	<i>Кількість транспортних подій</i>	<i>Загинуто (осіб)</i>	<i>Травмовано (осіб)</i>
<i>Катастрофи</i>	2	0	0
<i>Аварії</i>	679	288	248
Аварії зі сторонніми особами, завдані рухомим складом залізничного транспорту, що переміщався	521	287	242
Зікнення, або сходження з рейок рухомого складу	158	1	6
<i>Інциденти</i>	536	0	0
Пожежі	18	0	0
<i>Разом</i>	1235	288	248

Розроблено автором за даними - [5]. Проаналізувавши таблицю 1.3, можна зробити висновок, що найбільш негативні наслідки мали аварії зі сторонніми особами, завдані рухомим складом залізничного транспорту, що переміщався, вони призвели до загибелі 287 осіб та травмуванні 242 осіб. Серед кількості транспортних подій, перше місце займають аварії та інциденти.

Задля уникнення таких негативних ситуацій існує низка правил, щодо перевезень небезпечного вантажу та пасажів:

1. Заборонено експлуатувати рухомі склади (також спеціальні рухомі склади), що мають несправності, які можуть загрожувати безпеці руху;

2. Заборонено ставити в поїзди вантажні вагони, які не забезпечують збереження вантажів;

3. Не можна приєднувати до поїздів пасажирські вагони з несправними електропневматичними гальмами, опаленням, електрообладнанням, пристроями контролю нагрівання букс, вентиляцією та радіозв'язком;

4. Не допускається включати до поїздів пасажирські вагони, що мають несправності зі зв'язком УКХ – діапазону механіка бригадира поїзда з машиністом.

Усі вимоги, щодо справності а технічного стану вагонів, питань ремонту, обслуговування та відправлення його за заводи визначаються АТ «Укрзалізниця».

Висновок. Прикро, що статистика щороку зростає, аварійні ситуації трапляються частіше. Аналіз статистичних даних підтвердив те, що рівень безпеки залишається надто високим. Людський фактор є найбільш ймовірною причиною аварій. Проаналізувавши причини транспортних подій під час перевезення небезпечних вантажів при пасажирському русі, можна зробити висновок, що частка транспортних подій відбувається через:

- людську неуважність;
- порушення навантаження та кріплення вантажів;
- знос основних фондів;
- порушення вимог безпеки;

Надзвичайно важливим є вдосконалення технологій перевезення небезпечних вантажів при пасажирському русі. Якісне підвищення безпеки перевезень небезпечних вантажів, що обумовлено сучасними вимогами, можливо лише при вдосконаленні елементів перевізного процесу: організаційно-технічного, технологічного, інформаційного, та кадрового.

Тобто, важливим є зосередження наукового потенціалу при перевезенні небезпечних вантажів, що будуть відповідати умовам безпеки та покращенню роботи залізниці [6].

Список літератури

1. Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів» - [Електронний ресурс]. – Режим доступу [<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1644-14#Text>].

2. Стан справ у сфері перевезення небезпечних вантажів за 2018 рік - [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://mtu.gov.ua/files/bezpeka/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%BD%D0%B5%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B0%D0%B6%D1%96%D0%B2%202018.pdf>

3. М. І. Данько, С. В. Панченко, А. О. Каграманян, О. В. Лаврухін, Д. В. Ломотько, В. М. Запара, А. О. Ковальов, Д. С. Козодой. Перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом, 2019 - 284 – 288 с., 364 с.

4. Правила технічної експлуатації залізниць України. Затверджено наказом Міністерства транспорту України від 20.12.1996 р. № 411 та зареєстровано в Міністерстві юстиції України 25.02.1997 р. за № 50/1854 (редакція від 01.01.2004 р.).

5. Перевезення небезпечних вантажів - [Електронний ресурс]. – Режим доступу [<https://ips.ligazakon.net/document/ТМ042282>].

6. О. В. Лаврухін, Д. І. Мкртичян, Д.О. Кульова, Аналітичні передумови формування автоматизованої інтелектуальної технології активного супроводження перевезення небезпечних вантажів - [Електронний ресурс]. – Режим доступу [<http://csw.kart.edu.ua/article/view/87776/83408>].

Відомості про авторів: Лаврухін Олександр Валерійович, доктор технічних наук, професор, Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ).

Голубицький Ілля Дмитрович, другий (магістерський) рівень навчання, група 221 - ОПУТ – Д19, Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ).
Тел.: +380 97 365 55 65. E-mail: adassler88@gmail.com.

ВИБІР СТРАТЕГІЇ РОЗВИТУ ШВИДКІСНОГО ТА ВИСОКОШВИДКІСНОГО ПАСАЖИРСЬКОГО РУХУ ЗАЛІЗНИЧНИМИ НАПРЯМКАМИ УКРАЇНИ

*Науковий керівник – д.т.н., професор, завідувач кафедри управління
вантажною і комерційною роботою УкрДУЗТ Лаврухін О.В.*

***Анотація.** Дану наукову роботу було присвячено визначенню основних технологічних параметрів пропуску швидкісних пасажирських поїздів залізничними напрямками України. В результаті наукового дослідження було визначено оптимальні склад та чисельні значення коефіцієнту зйому вантажних поїздів швидкісними пасажирськими, що в перспективі робить можливим застосовувати обраний підхід на будь-яких залізничних напрямках.*

***Ключові слова:** коефіцієнт зйому, швидкісний поїзд, пасажирські перевезення, безпека руху, нитка графіку, пасажирообіг, залізнична інфраструктура.*

Вступ. Пасажирські залізничні перевезення грають важливу соціальну і економічну роль в житті держави. Це обумовлено їх високим соціально-економічним значенням у виконанні однієї з найважливіших громадянських гарантій держави – забезпечення свободи переміщення. В Україні залізничний транспорт залишається одним з основних перевізників, як вантажів, так і в пасажирському русі. З 2016 року залізниці України перевезли 389,5 млн. пасажирів, що становить 16% від загальної кількості (понад 80% – за автоперевезеннями). Однак за обсягами пасажирообігу частка залізниці становить вже 42% (36954 млн. пас. км), а автотранспорту – 39% (34488 млн. пас. км) [1]. Перевагою залізничних перевезень є всепогодність, порівняно низька собівартість при перевезеннях на довгий відстані, розвинена мережа станцій, безпека та екологічність.

На жаль, в даний час залізничний транспорт України переживає складні часи. Високий рівень зносу інфраструктури (колійне господарство - понад 30%, контактна мережа – більше 50%), рухомого складу (локомотиви – 90%, вантажні вагони – 90%, пасажирські вагони – 85%), а також невідповідність існуючої системи управління вимогам сучасних ринкових відносин призводять до збитковості пасажирських перевезень і до зниження конкурентоспроможності залізниць в цьому сегменті ринку транспортних послуг.

Важливим і перспективним напрямком підвищення конкурентоспроможності залізниць є впровадження швидкісного (160–200 км/год) і високошвидкісного (більше 200 км/год) руху. Досвід таких країн як

Японія, Китай, Франція, Німеччина, показує, що при підвищенні швидкості руху навіть до 200 км/год привабливість залізничних перевезень для пасажирів різко зростає і залізні дороги становлять серйозну конкуренцію автотранспорту, а при підвищенні швидкості до 300–350 км/год – можуть конкурувати і з авіаперевезеннями [2].

Визначення мети та завдання дослідження. Метою даної наукової роботи є вибір стратегії розвитку швидкісного та високошвидкісного пасажирського руху залізничними напрямками України на основі проведення широкомасштабного аналізу технологій організації високошвидкісного пасажирського руху при використанні залізничної інфраструктури.

В контексті поставленого наукового завдання слід зауважити, що на даний момент існує загальна стратегія розвитку української залізниці до 2030 р. Дана стратегія передбачає значні інвестиції як в залізничну інфраструктуру, так і в рухомий склад для пасажирських перевезень. При цьому однією з ключових цілей Стратегії є підвищення швидкостей руху пасажирських поїздів до 200 км/год [3].

З метою вибору найбільш раціональної та перспективної стратегії доцільно розглянути та проаналізувати діючі технології організації високошвидкісного руху на залізницях світу.

Аналіз закордонного досвіду організації високошвидкісного пасажирського руху. Транспорт повинен забезпечувати одне з основних прав людини – мобільність. Кожна людина, незалежно від його достатків, повинен мати можливість здійснювати поїздки до місця роботи, навчання, лікування, відпочинку й т.п. У той же час транспорт є одним з головних споживачів енергії, крім того, робота транспорту викликає втрати, які не оплачуються безпосередньо споживачами транспортних послуг. Це й наслідку аварій, і забруднення повітря, і парниковий ефект. У країнах Євросоюзу ці збитки досягають 10 % внутрішнього валового продукту, причому 92% цих збитків дає автомобільний транспорт. Єдина можливість істотного зменшення цих збитків суспільства – це розвиток суспільних видів транспорту, насамперед – залізничного.

Одним з найбільш важливих показників для пасажирів є час поїздки. Згідно з рекомендаціями ОСЗ, час поїздки в денному експресі не повинен перевищувати 8 годин. Попит на залізничні перевезення починає зростати при тривалості поїздки 5-6 годин. Світовий досвід показує, що при тривалості поїздки швидкісним поїздом менш 4 годин абсолютна більшість пасажирів користується поїздом замість літака.

До грудня 2002 р. Європа мала загальну довжину високошвидкісних ліній 3200 км. Для досягнення цього результату потрібно було 20 років, тобто щорічний темп приросту становив 160 км. Таким чином, швидкісні лінії споруджувалися з дуже низькими показниками. Незважаючи на це, на сьогодні цей показник виріс до рівня 10 тис. км, і склав вагому конкуренцію авіаперевезенням.

Високошвидкісний рух уперше з'явився в Японії. Однієї з передумов

цього стало те, що 1950-х різко загострилася транспортна ситуація між Токіо й Осака. 1 жовтня 1964, після 6 років будівництва, на ділянці протяжністю 515,4 кілометрів була запущена в експлуатацію перша у світі ВСМ, максимальна припустима швидкість поїздів на якій досягає 210 км/год. Японська система – це система, призначена винятково для високошвидкісного руху й повністю відділена від базової залізничної мережі [4].

При виборі, проектуванні й будівництві була вибрана модель системи з наступними характеристиками [4]: двоколійна лінія зі стандартним колією 1435 мм, що дозволило повністю розвести «базову мережу» і «високошвидкісну» мережу; відсутність перетинань в одному рівні з іншими магістралями; електрифікована лінія, зі струмом 25 кВ частотою 50 Гц; сприятливий план лінії (мінімальний радіус кривих 2500 м); номінальний ухил 1,5 % із припустимим максимумом 2 %.

Спочатку передбачалося, що по ВСМ буде звертатися кілька швидких вантажних поїздів: контейнерних і рефрижераторних. Але розміри пасажирського руху росли так швидко, що це питання відпало через відсутність резервів пропускної здатності. По цій же причині для освоєння нових пасажиропотоків на цьому напрямку розроблена нова транспортна система на магнітному підвісі, який забезпечує рух пасажирських поїздів зі швидкістю 400-450 км/год і більше.

В 1972 році була здана в експлуатацію перша ділянка ВСМ Осака – Окаяма (Нова Сан-Йо) протяжністю 161 км із відкоректованими за результатами експлуатації першої лінії технічними параметрами. Друга ділянка цієї лінії Окаяма - Хаката (393 км) уведений в експлуатацію в 1975 р. Основна частина робіт з формування ВСМ Японії була закінчена до середини 80-х років минулого сторіччя.

14 березня 1992 р. був уведений в експлуатацію найбільш швидкий маршрут високошвидкісних поїздів на лініях Синкансен [5]. Шлях від станції Токіо до станції Осака (515,4 км) займає 2 години 26 хвилин. Тепер на лінії Синкансен на поїздах 300-й серії маршрутна швидкість становить 285 км/год, а на поїздах 500-й і 700-й серій – 300 км/год.

У підсумку за 50 років експлуатації сумарний обсяг перевезених пасажирів по ВШМ Японії наблизився до 10 млрд., частка авіасполучень на лінії "Токайдо" знизилася до 20% від загального пасажиропотоку, а сама система ВСМ стала предметом національної гордості японців. До 2006 року поїздами Синкансен було перевезено 8,2 млрд. пасажирів забезпеченні 100%-го рівня безпеки.

Особлива увага необхідно приділити японській системі швидкісних поїздів на магнітній підвісі. На випробній дільниці 2 грудня 2003 році поїзд даної конструкції досяг швидкості 581 км/ч.

Перша система високошвидкісного поїзда TGV у Європі з'явилася у Франції. 27 вересня 1981 р. було відкрито пасажирське повідомлення TGV між Парижем і Ліоном [6]. Французька система – це система з виділеними лініями, однак вона має вихід на існуючу мережу для доступу до вокзалів у центрах

міст. Траса французьких ВСМ прокладається по найкоротшій відстані між кінцевими пунктами, а проходження частини поїздів на існуючі попутні станції здійснюється по спеціальних з'єднувальних коліях. Таким чином, на початку будівництва першої швидкісної дороги в 1975 р. у Франції було прийнято, що лінія буде мати такі характеристики [5]:

- профіль, близький до автодорожнього, з ухилом до 35 ‰ (це суттєво робить дешевшим будівництво за рахунок економії від грабарств);
- лінія призначена винятково для високошвидкісного руху, і буде використовувати тільки спеціалізований рухомий склад;
- лінія буде з'єднуватися із уже існуючою звичайною мережею для під'їзду до вокзалів на кінцевих ділянках.

Пуск лінії «Атлантик» послужив приводом запуску другого покоління TGV. Склад «Атлантик» довше на 2 вагона, більш оснащений комп'ютерною технікою й оснащений синхронними безколекторними двигунами (склади першого покоління були обладнані моторами постійного струму) [6].

Німецька високошвидкісна система тісно пов'язана із класичною системою. Високошвидкісний поїзд проїжджає по черзі по класичних і високошвидкісних відрізках ліній. Максимальний ухил становить 12 ‰. Лінії електрифіковані струмом 15 кВ 16,6 Гц, що дозволило зберегти єдність електроживлення всієї німецької мережі [6].

Класичним рухливим складом швидкісних залізниць Німеччини є поїзди серії ICE. Перший склад ICE-1 був показано 28 лютого 1991 у вигляді двох моторних вагонів типу по краях складу, потужністю 4800 кВт кожний, і 12 відомих вагонів.

В 1997 році на лінії вийшло нове покоління поїздів – ICE 2. Поїзди були реалізовані у вигляді двох напівпоїздів, які можна зчіплювати й розчіплювати в процесі експлуатації, яка дозволяє краще реагувати на непостійну ситуацію із завантаженням пасажирями. В 2000 році вступили в експлуатацію ICE 3. У поїздах нового покоління мотори розташовано під підлогою декількох вагонів, це забезпечує кращий розподіл навантаження й крутного моменту [6].

Також був випущений ICE 3М, призначений для використання на залізницях за межами Німеччини, у першу чергу: у Нідерландах, Бельгії й Швейцарії, а також у Франції й здатний використовувати різні стандарти електропостачання.

Крім того, був випущений ICE Т, який є модифікацією ICE, не призначеної для високошвидкісних трас і розбудовує максимальну швидкість 230 км/год. Вони призначені для використання на лініях, які не реконструйовані для використання ICE і мають значно менші радіуси повороту. Для подолання таких поворотів у цих поїздах використовується техніка керованого нахилу, розроблена фірмою FIAT.

На відміну від французького TGV або японського Синкансен, ICE не розробляється як єдина система й тому далеко не на всіх ділянках поїзда останнього покоління (ICE 3) можуть розвинути свою максимальну швидкість 330 км/ч.

Перша високошвидкісна лінія в Іспанії AVE була пущена в експлуатацію

в 1992 р. Передумовою стала організація Всесвітньої виставки в Севільї, а також прийняття міжнародних стандартів з колією 1435 мм (ширина шляху ліній в Іспанії – 1668 мм) після вступу в Євросоюз [6].

Особливість іспанської мережі – це наявність двох стандартів колії, які на деяких маршрутах вимагають особливого рухливого складу з розсувними колісними парами й наявність двох систем електроживлення – 25 кВ 50 Гц і 3000 В. Досвід Іспанії примітний тим, що хоча поява високошвидкісного повідомлення в країні відбулося набагато пізніше, чим у Франції й Німеччині, але на даний момент там будуються безліч нових ліній, і по завершенню їх будівництва Іспанія вийде на перше місце в Європі по протяжності ВСМ. Іспанія використовує найвищі середні швидкості руху на лінії Мадрид – Барселона: маршрут довжиною 621 км проходиться за 2 ч. 30 хв., тобто, середня швидкість становить 248 км/год.

Китай на сьогоднішній день володіє найбільший у світі мережею ВСМ загальною протяжністю майже 11 000 км, з ділянками, швидкість руху поїздів на які перевищує 350 км/год [7].

За підтримки держави й завдяки спеціальним заходам стимулювання можна чекати, що сумарна протяжність ВСМ до 2020 р. досягнеться більш ніж 22500 км. Планується, що в цілому протяжність усіх залізниць Китаю досягнеться 120000 км, і країна вийде на перше місце у світі по протяжності залізниць.

Швидкісна залізниця Ухань - Гуанчжоу, яка була відкрито 26 грудня 2009 року, є найшвидшою у світі зі швидкістю руху до 350 км/год. Довжина шляху – 968 км, середня швидкість безперервного проїзду становить 313 км/год; час у дорозі – близько 3 годин. Це найбільш довга швидкісна залізниця Китаю і є частиною запланованої 2100-кілометрової швидкісної залізничної лінії Пекін - Гуанчжоу [5].

Особливе місце займає Shanghai Maglev Train – це перша у світі комерційна залізнична лінія на магнітному підвісі. Вона з'єднує станцію шанхайського метро з міжнародним аеропортом Пудун. Поїзда долають відстань в 30 км приблизно за 7 хв. 20 сек., розганяючи до швидкості 431 км/год. Дорога будувалася німецькою компанією Transrapid в 2001-2003 рр., і була введено в експлуатацію 1 січня 2004 року. Витрати на будівництво оцінюються приблизно в 1,2 млрд. USD [6, 7].

Пропозиції та заходи щодо вибору генеральної стратегії розвитку високошвидкісного руху в Україні. Залізничний транспорт України займає провідне місце в забезпеченні потреб населення в перевезеннях. На залізниці України доводиться близько 16% від загальної кількості перевезених пасажирів (389,5 млн. у рік), лідер – автомобільний транспорт (більш 80%). Однак по обсягах пасажирообороту частка залізниць становить уже 42% (36954 млн. пас.км), у той час як автотранспорту – 39% (34488 млн. пас.км) [1].

Серед численних способів підвищення ефективності залізничних пасажирських перевезень особливе місце займає впровадження швидкісного руху. Тому було ухвалено рішення про поетапне впровадження швидкісного

руху в Україні. У зв'язку із цим уряд України затвердив наступні програми:

- «Концепція державної цільової програми впровадження на залізницях швидкісного руху пасажирських поїздів на 2005- 2015 рр.»;
- «Стратегія розвитку ПАТ Укрзалізниця на період 2017-2021 рр.»;
- «Національна транспортна стратегія України на період до 2030 р.».

У цих документах відзначається необхідність підвищення швидкостей руху пасажирських поїздів до 200 км/год, поліпшення комфорту пасажирів, істотного відновлення парку пасажирських вагонів і локомотивів. Для цього передбачається фінансування на рівні 1,3 млрд. USD, у т.ч. на відновлення вагонного парку (400 нових вагонів) – 350 млн. USD.

В [8] відзначається, що впровадження в Україні високої швидкості руху викликає необхідність розв'язку нових досить складних проблем: підвищення технічного рівня інфраструктури залізниць; виробництво швидкісного рухливого складу й різної залізничної техніки; створення нових автоматизованих систем і інформаційних технологій. Як свідчить досвід залізниць іноземних держав, на лініях зі сполученим рухом вантажних і пасажирських поїздів швидкість руху пасажирських поїздів через значні відмінності технічних параметрів для різних видів руху має обмеження. Вона, як правило, не перевищує 200-220 км/год. З метою розв'язку проблеми підвищення швидкості руху на залізницях України в [8] проведені дослідження з визначення потенційно придатних напрямків впровадження швидкісного руху.

Перші поїзди для прискореного руху «HYUNDAI ROTEM» (Корея) з'явилися в Україні до Євро-2012 і, незважаючи на всі поломки й труднощі на початку експлуатації, успішно стали конкурувати з авіакомпаніями на найбільш привабливих маршрутах: Київ – Донецьк, Київ – Харків, Київ – Дніпро [9].

Вантажні поїзди рухаються з меншою швидкістю, до їхнього складу включена велика кількість вагонів і вони більш сильно впливають на залізничні колії. Тому для швидкісного руху доцільне будівництво окремих магістралей, оскільки, просто розвести пасажирський і вантажний рух без комплексної реконструкції шляхів зараз неможливо. Необхідно відзначити, що впровадження швидкісного руху – це не просте впровадження нового виду рухливого складу – це нова концепція пасажирського повідомлення, яка спричиняє реконструкцію залізничної інфраструктури на всьому маршруті руху, а також депо й вагоноремонтних заводів.

Треба відзначити, що розвитку ВСМ в Україні останнім часом присвячена досить велика кількість науково-практичних досліджень, у яких учені й інженери пропонують різні підходи до розв'язку проблеми організації швидкісного руху. Так, у статті [10] автори вирішують питання теоретичного обґрунтування підходів по формуванню раціональної топології мережі ВСМ, які забезпечать підвищення економічної ефективності перевезення пасажирів швидкісними поїздами. Для розв'язку поставленого завдання розроблена математична модель еволюційного розвитку транспортної системи на основі об'єднання фізичної гравітаційної моделі для визначення кореспонденцій потоків пасажирів і методу системи мурашиних колоній для пошуку ефективного варіанта розвитку топології

мережі.

Таким чином Стратегія розвитку швидкісного та високошвидкісного пасажирського руху залізничними напрямками України передбачає поетапну реалізацію наступних заходів:

1. Формування зрозумілого та адекватного бізнес-плану розвитку залізниці України в секторі швидкісних та високошвидкісних пасажирських перевезень;
2. Залучення закордонних інвесторів на взаємовигідних умовах з утриманням контрольного пакету акцій в Державі;
3. Відбудова та відновлення інфраструктури по діючим напрямкам перевезення;
4. Створення нових або паралельних напрямків прямування пасажирських поїздів з розмежуванням з вантажним рухом;
5. Оновлення рухомого складу для перевезення пасажирів у високошвидкісному сполученні на перших порах за рахунок іноземних виробників вагонів та локомотивів;
6. Розвиток Національної програми підтримки вітчизняного виробника вагонного та локомотивного парку в секторі високошвидкісного залізничного транспорту;
7. Популяризація залізничних високошвидкісних перевезень серед населення країни та туристичного сектору.

Таким чином визначені пункти в певній мірі описують сутність стратегічної спрямованості розвитку швидкісного та високошвидкісного пасажирського руху залізничними напрямками України. У визначеній послідовності пунктів можуть вноситися незначні корективи з огляду на умови роботи залізничної галузі, що мають динамічний характер. Гарантією впровадження основних напрямів даних заходів є повний контроль з боку законодавчих органів влади та наміру діючого характеру у постійному розвитку даного проекту.

Висновки.

Таким чином, встановлено:

1. При звичайній швидкості пасажирських поїздів (до 110 км/год) та постійній швидкості руху вантажних поїздів 60 км/год. коефіцієнт зйому складає від 1,6 до 3,8 в залежності від довжини блок-ділянок, яка може коливатися від 1,0 до 2,6 км.
2. При прискореному русі пасажирських поїздів з швидкістю руху від 120 до 160 км/год. та швидкості руху вантажних поїздів 60 км/год. при довжині блок-ділянок від 1,0 до 2,6 км та трьохсекційному автоблокуванні і довжини міжстанційного перегону 10 км коефіцієнт зйому має коливання від 4,5 до 6,1. При швидкісному русі пасажирських поїздів з швидкістю руху від 170 до 200 км/год. та постійній швидкості руху вантажних поїздів 60 км/год. та довжині блок-ділянок від 1,0 до 2,6 км при трьох секційному автоблокуванні і довжини міжстанційного перегону 10 км коефіцієнт зйому має коливання від 5,15 до 5,65.
3. Пропускна спроможність залізничного напрямку при введенні двох пар прискорених поїздів на добу зменшується на 9 – 10 пар вантажних поїздів, що складає для однокільйонних ділянок з двохкільйонними вставками 15 – 22 % на добу.

Список літератури

1. Звіти роботи Міністерства інфраструктури України за. Підсумки року: АТ «Укрзалізниця».
URL: <https://mtu.gov.ua/timeline/?ry=0&rp=0&t=2&g=119&from=&till=&p=0>
(дата звернення: 11.11.2020).
2. Лаврухін О.В., Мкртчян Д.І., Костенніков О.М., Іващенко А.Д. Сучасний світовий досвід розвитку висошвидкісного руху пасажирських поїздів та дослідження перспектив його розвитку в Україні. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. 2015. Вип. 154. С. 48–52.
3. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету міністрів України від 30.05.2018 р. № 430-р. Урядовий кур'єр. 2018. 10 лип. (№ 52). С. 533.
4. О कोरोков А., Логвінова Н., Папахов О., Березовий М. Основні принципи організації високошвидкісного руху та моделі його експлуатації. *Українські залізниці*. 2015. № 11–12 (29-30). С. 33-36.
5. Панченко С. В., Бабанін О. Б., Каграманян А. О., Дацун Ю. М. Теорія та конструкція рухомого складу високошвидкісного транспорту: підручник. Харків : УкрДУЗТ, 2018. 362 с.
6. TGV – скоростной французский электропоезд. Железные дороги России и мира. URL: <http://www.1520mm.ru/superTrain/tgv.phtml/> (дата звернення: 11.11.2020).
7. Лаврухін О.В., Шпатіна О.О., Газаєв С.В., Аржановська Я.С., Кульова Д.О. Аналіз перспектив впровадження високошвидкісного руху в Україні. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. 2016. Вип. 163. С. 4-10.
8. Кірта Г. М. Інтеграція залізничного транспорту України в Європейську транспортну систему: монографія. Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2004. 248 с.
9. Зайцева І.Ю. Особливості створення на залізницях України мережі швидкісних залізничних магістралей. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2017. Вип. 60. С. 86-93.
10. Божок Н.О. Напрямки впровадження швидкісних пасажирських перевезень в Україні. *Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна “Проблеми економіки транспорту”*. 2013. Вип. 5. С. 46–56.

Назаренко Андрій Григорович, другий (магістерський) рівень навчання, група М3-19-Т-10 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (095) 457-12-22. E-mail: olechkanazar1973@gmail.com

Назаренко Ольга Володимирівна, другий (магістерський) рівень навчання, група М3-19-Т-10 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 066-042-40-49. E-mail: andreynazar71@icloud.com

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

СЕКЦІЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ І ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

УДК 625.141

Кошмеринська К.В., Андрущенко І.А., Юрічковський О.В.

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВИПРАВЛЕННЯ КОЛІЇ

Науковий керівник – канд. техн. наук, доцент кафедри залізничної колії і транспортних споруд УкрДУЗТ Д. А. Фаст

Анотація. У роботі були проаналізовані найбільш розповсюджені й ефективні способи виправлення колії. Їх можна поділити на дві групи: виправлення колії шляхом підбивання шпал шпалопідбійками, при якому відбувається порушення баластного шару під шпалами, та шляхом суфляжу або встановлення прокладок, карток, при яких не порушується цілісність ущільненого баласту. За підсумками роботи було зроблено висновок та визначено найбільш ефективні способи усунення відхилень колії в поздовжньому профілі, які утворилися в процесі експлуатації.

Ключові слова: виправлення колії, підбивання шпал, пневматичний суфляж, баластний шар.

Вступ. Роботи з виправлення колії шляхом підбивання шпал баластом виконуються для забезпечення рівнопружності підрейкової основи. Основна частина робіт поточного утримання доводиться на виправлення місцевих осідань і перекосів колії. Аналіз витрат праці на окремі роботи поточного змісту показує, що на усунення місцевих осідань і перекосів витрачається щорічно до 40-60 % робочого часу колійних бригад, а в літній період до 70 %. Для виконання цих робіт застосовують ручні електрошпалопідбійки та виправочно-підбивочно-рихтовочні машини. Дана технологія проведення робіт з ремонту шляхом багаторазового підбиття баласту шпалопідбійками не забезпечує осадкової стабільності баластному шару. Необхідність виправлення

осередкових осідань і поштовхів у процесі поточного утримання за допомогою підбиття баласту під шпали в цих місцях веде до розпушення вже достатньо ущільненого під шпалами баласту і, як результат, до підвищення неоднорідності [1]. Разом з цим існуюча технологія ущільнення баласту шпалопідбійками в процесі ремонту й поточного утримання колії є найбільш головним фактором руйнування щебеневого баласту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Альтернативний спосіб виправлення колії в порівнянні із загальноприйнятим підбиванням шпал шпалопідбійками існував вже в першій половині ХХ століття, а саме, пневматичний суфляж. Але він не набув подальшого розвитку [2]. За останнє десятиріччя були проведені дослідження використання ручного пневматичного суфляжу [3] та машинізованого [1]. Виконані розрахунки економічної ефективності застосування пневматичного суфляжа [4]

В даний час, при певних умовах, використання даного методу виправлення колії є доцільним та економічно ефективним. Тому дане питання є актуальним.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є проведення аналізу існуючих способів виправлення колії та обрати найбільш ефективний.

Для цього потрібно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати найбільш розповсюджені способи виправлення колії шляхом підбивання баласту під шпалами;
- провести пошук та зробити висновок про найбільш доцільний й ефективний спосіб проведення робіт з виправлення колії при виконанні ремонтів і поточного утримання.

Основна частина дослідження. Як відомо, у значення виправлення залізничної колії в поздовжньому профілі входять роботи з усунення просадок, відступів за рівнем і перекосами колії, що є результатом накопичення залишкових деформацій у баласті й земляному полотні внаслідок впливу рухомого складу, навколишнього середовища, а також після виконання ремонтних або будівельних робіт.

Виправлення виконується за рахунок підйому рейкошпальної решітки до проектної відмітки й заповнення порожнин, що утворилися, між підшовою шпалю й баластним шаром з необхідним ступенем ущільнення. Ці роботи виконуються ручними електрошпалопідбійками або виправочними машинами важкого типу. Робота крупних машинізованих комплексів, в основному, використовується на основних магістральних залізницях. При невеликих величинах виправлення – шляхом заповнення цих порожнин між рейкою, шпалою й підкладкою спеціальними прокладками, які мають певну товщину.

Самий складний період у роботі колії має місце з приходом позитивних температур і інтенсивного відтавання баластної призми – при виході колії із зими відбувається основна поява і накопичення несправностей. Загальною закономірністю при всіх способах виправлення залізничної колії у весняний

період є значне збільшення амплітуд залишкових деформацій і прогресування несправностей.

Найбільші деформації в цей період спостерігаються при виправленні колії способами, які пов'язані з порушенням підшпальної основи й при укладанні дерев'яних пучинних карток, які при потраплянні вологи, швидко приходять у непридатність. На колії, що виправлені машинами або електрошпалопідбійками, у весняний період виникає велика кількість висячих шпал, в зоні деяких стиків – виплески.

Найбільший інтерес представляють способи виправлення колії без порушення підшпальної основи [2]. Альтернативним способом виправлення колії шпалопідбійками є підсипання баласту під шпалою – суфляж. Сутність способу підсипання полягає в тому, що заповнення порожнин між шпалами й баластним шаром виконується шляхом введення точно визначеної порції баластного матеріалу за допомогою спеціальних лопат при піднятій домкратами рейкошпальній решітці. Слово «суфляр» в перекладі з французького слова «Souffler» – що означає – підсовувати, підкидати. Спосіб підсипання баласту під шпалу вперше був використаний англійським інженером Камбрі ще до 1910 р. і розповсюдився на всі залізниці Англії. Технологія використання суфляжу заключається у підсипанні мілкого щебеню розмірами 5-10 мм у порожнини під шпалами.

За останній час цей спосіб підсипання був значно вдосконалений і поширився майже на залізниці багатьох країн світу. Швидко й повсюдне його поширення було обумовлено певними важливими перевагами, які він має в порівнянні з підбиванням шпалопідбійками:

- 1) Не порушується ущільнений баластний шар під шпалою.
- 2) Виключається неминуче при підбитті подрібнення матеріалу баласту.
- 3) Збільшується продуктивність праці в 2-3 рази.
- 4) Забезпечується поповнення під шпалами чистим баластом.
- 5) Полегшується праця робітників колійних бригад.
- 6) Забезпечується цілісність шпали при виконанні даних робіт.
- 7) Зберігається ущільнений баласт у шпальних ящиках і, як наслідок, не зменшується здатність чинити опір колії поздовжньому зсуву.
- 8) Забруднений верхній шар баласту при цьому не переміщується з більш чистим, що знаходиться внизу.
- 9) Забезпечує високу точність роботи й, внаслідок чого, більш краще утримання колії за рівнем.

В залежності від характеру сил і середовища, за допомогою яких часткам баласту надається початкова швидкість руху, спосіб динамічного підсипання поділяється на:

- а) гравітаційне підсипання, при якому часткам баласту швидкість надається за рахунок земного тяжіння.
- б) пневматичне підсипання, при якому часткам баласту швидкість надається спрямованим повітряним потоком.

в) вібраційне підсилення, при якому часткам баласту надається швидкість силами, що виникають при спрямованому вібруванні.

г) металеве підсилення, при якому часткам баласту надається швидкість за рахунок безпосереднього впливу робочих органів, що рухаються, машини або механізму.

На підставі досвідів по застосуванню способів підсилення можна стверджувати, що навіть при дотриманні самих мінімальних вимог і застосування найпростіших, але надійних інструментів, він дає більш високу якість виконання робіт в порівнянні з класичним підбиванням.

Таким чином, ефективність пневматичного суфляжу зумовила створення машини важкого типу. Фірма Harsco Track Technologies при співробітництві з Railtrack та дослідним центром Британських залізниць розробила машину на базі Plasser 06-16 CТМ (рис. 1).



Рис. 1. Робочі органи машини для пневматичного суфляжу.

Використання при суфляжі мілкою щебеню розмірами 5-10 мм призводить до проникнення його між більш крупними частками основного щебеневого баласту. З метою втримання пневмосуфляжного матеріалу від переміщення в баластну призму рекомендовано укладання розділового шару із пластикової сітки з розмірами отворів, що відповідають необхідному розміру баластного матеріалу [5].

Висновки. В результаті проведених досліджень в роботі були отримані наступні результати.

1. Проаналізовано найбільш розповсюджені способи виправлення колії.
2. Обрано найбільш перспективні способи усунення просадок, відхилень за рівнем в поздовжньому профілі колії.

Таким чином, за підсумками роботи можна зробити висновок, що в результаті порівняння різних способів виправлення з метою усунення відхилень колії в поздовжньому профілі, які утворилися в процесі експлуатації, найбільш доцільними й ефективними є такі, що не порушують сформованого ущільненого баластного шару під шпалою. До них відносяться наступні:

використання підрейкових прокладок, пучинних карток й пневматичного суфляжу.

Список літератури

7. Абрашитов А.А. Опыт механизированного пневматического суфляжа. Путь и путевое хозяйство. 2013. № 2. С. 11-13.
8. Васильченко Г.М. Влияние технологии выправочных работ при текущем содержании на состояние пути в условиях низкой грузонапряженности. Диссер. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. Специальность 05.22.06. М.: 2006. – 148 с.
9. Абрашитов А.А., Замуховский А.В. Ручной пневматический суфляж. Путь и путевое хозяйство. 2013. № 1. С. 29-30.
10. Абрашитов А.А., Котов Д.А. Экономическая эффективность ручного пневматического суфляжа. Путь и путевое хозяйство. 2013. № 6. С. 30-31.
11. Каплин В.Н., Абрашитов А.А., Гринь Е.Н. Технология и определение применимости пневмосуфляжа при текущем содержании пути. Вестник ВНИИЖТ. 2020. Т. 79. № 2. С. 74-79.

Кошмеринська Камілла Володимирівна, другий (магістерський) рівень навчання, група 213-3С-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (093) 455-02-22. E-mail: kamilladenisova05@gmail.com

Андрущенко Ігор Андрійович, перший (бакалаврський) рівень навчання, група 212-3С-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (097) 757-44-00. E-mail: jjsjshc@gmail.com

Юрічковський Олександр Віталійович, перший (бакалаврський) рівень навчання, група 212-3С-Д19 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (068) 187-81-49. E-mail: noskil9797@gmail.com

ЕКОНОМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

СЕКЦІЯ ОБЛІКУ ТА АУДИТУ

УДК 349.22:331

Мосієнко К.В.

УДОСКОНАЛЕННЯ ОПЛАТИ ПРАЦІ ПРАЦІВНИКІВ, ЗАДІЯНИХ НА РОБОТАХ З ПОТОЧНОГО УТРИМАННЯ Й РЕМОНТУ КОЛІЙ, ШТУЧНИХ СПОРУД ТА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

*Науковий керівник – канд. економ. наук, доцент кафедри обліку і
аудиту УкрДУЗТ І.В. Підпригора*

Анотація. В даній статті розглянуто сутність, класифікацію, значення заробітної плати, удосконалення системи оплати праці у виробничих підрозділах залізничного транспорту, як найбільш визначного та дієвого мотиваційного методу впливу на підвищення результатів праці в сучасних умовах господарства. Також висвітлено особливості організації оплати праці на залізничному транспорті, необхідність підвищення мотивації праці працівників, які безпосередньо задіяні на роботах з поточного утримання й ремонту колій та штучних споруд, шляхи удосконалення оплати праці, системи матеріального стимулювання працівників. Наголошено на необхідності підвищення мотивації праці, які впливають на якісні та кількісні показники роботи залізничного транспорту.

Ключові слова: оплата праці, заробітна плата, мотивація праці, залізничний транспорт, система оплати праці, трудові ресурси, матеріальне стимулювання

Вступ. Залізничний транспорт є однією з базових галузей економіки. Стабільне та ефективне функціонування залізничного транспорту є необхідною умовою для забезпечення оборотної здатності, національної безпеки і цілісності держави, підвищення рівня життя населення. Залізничний транспорт України є провідною галуззю в дорожньому та транспортному комплексі країни, який забезпечує майже 82% вантажних і 36% пасажирських перевезень, здійснюваних всіма видами транспорту. Найбільшим підприємством галузі є Укрзалізниця (АТ «Українська залізниця»), яка здійснює централізоване

управління процесом перевезень у внутрішньому й міждержавному сполученнях та регулює виробничо-господарську діяльність залізниць.

До сфери Укрзалізниці входять Донецька, Львівська, Одеська, Південна, Південно-Західна та Придніпровська залізниці, а також інші підприємства та організації єдиного виробничо-технологічного комплексу, що забезпечують перевезення вантажів і пасажирів. Згідно статистичних даних про Українські залізниці станом на 01 січня 2020 року, середня кількість становить 266,3 тисяч працівників залізничників – колійники, машиністи, провідники вагонів, чергові по переїздах, станціях, енергетики, вагонники, зв'язківці.

Метою діяльності АТ «Укрзалізниця» є задоволення потреб держави, юридичних і фізичних осіб у безпечних та якісних залізничних перевезеннях у внутрішньому та міжнародному сполученні, роботах та послугах, що виконує та надає акціонерне товариство, забезпечення ефективного функціонування та розвитку залізничного транспорту, створення умов для підвищення конкурентоспроможності транспортної галузі, а також отримання прибутку від впровадження підприємницької діяльності. Як результат, постає питання про удосконалення мотивації підвищення результатів праці та достойної заробітної плати залізничників.

Заробітна плата є основним джерелом доходу працівників будь-якого підприємства. Бухгалтерський облік її розрахунків є складною ділянкою облікового процесу, який потребує достовірного документального відображення відпрацьованого часу, виробленої продукції, виконаних робіт, наданих послуг та їх оплати. Сьогодні організація обліку заробітної плати та система оплати праці на підприємстві потребує більш детального дослідження, адже вона в сучасних умовах виконує такі важливі функції, як відтворювальну і стимулюючу.

Крім того, постійні зміни правової та організаційної бази обліку вимагають від сучасного бухгалтера своєчасного здійснення уточнень як у порядку обліку, так і при відображенні інформації про заробітну плату у звітності підприємства.

Заробітна плата, рівень виплат працівникам, їх сутність та структура мають велике соціальне значення і впливають не лише на рівень життя населення, а й на поточні та майбутні показники діяльності підприємства. Крім того, ефективність діяльності підприємства залежить від роботи самих працівників, а їхня мотивація в свою чергу від рівня заробітної плати та умов праці. Тому обрана мною тема є досить актуальною, оскільки в умовах автоматизації бухгалтерського обліку, робота самих працівників значно полегшується і пришвидшується. Саме це створює усі умови для більш ефективного ведення бухгалтерського обліку, що сприяє збільшенню прибутку підприємства у майбутньому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найбільш вагомими дослідниками, які в своїх роботах характеризують особливості мотивації праці, нормування праці, оплату праці працівників на залізничному транспорті слід виділити: Євсєєву О.О. [6], Фінадоріна В.В. [4], Єрофеєнко Л.В. [7], Кірпа Г.М

[2], Шило Ж.С. [11], Ляшенко І.О. [8], Куделя В.І. [9], Скарлат О.В. [3], Компанієць В.В. [10], Скрипка А. [12]. Незважаючи на численну кількість наукових праць, недостатньо дослідили найважливіші проблеми з оплати праці в умовах вітчизняної економіки. При цьому найбільшу увагу потрібно приділити саме дослідженню обліку заробітної плати працівників, задіяних на роботах з поточного утримання й ремонту колій та штучних споруд залізничного транспорту. Усе це сприяло вибору напряму наукового дослідження і свідчить про актуальність обраної теми.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є визначення напрямів удосконалення обліку заробітної плати працівників, удосконалення системи оплати праці у виробничих підрозділах залізничного транспорту, як найбільш дієвого мотиваційного підходу до підвищення результатів праці.

Для цього потрібно вирішити наступні завдання:

- визначити суть і значення заробітної плати;
- проаналізувати матеріальну зацікавленість та мотивацію праці працівників залізничного транспорту;
- визначити методи удосконалення оплати праці працівників, задіяних на роботах з поточного утримання й ремонту колій та штучних споруд та земляного полотна на залізницях України.

Основна частина дослідження. Оплата праці має важливе значення як для працівників, для більшості з яких вона є основним джерелом доходів, так і для підприємства, оскільки частка заробітної плати в додатковій вартості досить вагома, витрати на оплату праці в сукупних витратах на виробництво продукції досить значні. Прийнятий і введений у дію з березня 1995 року Закон України «Про оплату праці» [1] об'єднав у собі основні законодавчі норми, які стосуються стрижневого питання будь-якої економіки – заробітної плати. У даному документі є таке визначення заробітної плати: «Оплата праці (заробітна плата) – винагорода, визначена, як правило, в грошовому вираженні, яку відповідно до трудового договору, власник або уповноважений ним орган виплачує працівнику за виконану ним роботу». Розмір та виплата заробітної плати ґрунтується на Конституції України, Законах України «Про оплату праці», «Про колективні угоди» та в інших законодавчих актах. Заробітна плата працівника незалежна від виду підприємства, а визначається його особистим трудовим вкладом, складності та умов виконуваної роботи, професійних та ділових якостей працівника, залежить від кінцевих результатів роботи підприємства, регулюється податками і максимальними розмірами не обмежується. Розмір, порядок нарахування і виплат заробітної плати регулюються чинним законодавством України, відповідними указами і постановами.

На підприємствах залізничного транспорту діє досить слабка матеріальна зацікавленість у підвищенні кваліфікації. Окрім вищесказаного, слід зазначити недостатню стимулюючу роль премій, надбавок і всієї преміальної системи. Для підвищення дієздатності механізму матеріального стимулювання праці

необхідно удосконалити систему формування фонду засобів на оплату праці. Вирішити це питання можна створивши на підприємствах залізничного транспорту механізм формування і поділу засобів на оплату праці, що буде збільшувати внесок кожного працівника підрозділу в кінцеві результати діяльності підприємства. Формувати фонд оплати праці в системі управлінського обліку передбачається в складі чотирьох фондів основної заробітної плати, гарантованих надбавок і доплат, преміальних виплат резервного фонду стимулювання. Слід зазначити, що їх формування повинне відбуватися не зверху вниз а знизу нагору, тобто від індивідуальних заробітних плат до загального розміру фонду, тоді фонд оплати праці буде відображати сумарні витрати підприємства на оплату праці в собівартості продукції, причому власник підприємства буде вирішувати, які засоби він може виділити на оплату праці, з огляду на вартість робочої сили на ринку праці, необхідність забезпечити конкурентоздатність продукції на ринку товарів та послуг, рівень інфляції, державні, галузеві, регіональні гарантії стосовно оплати праці й інші фактори.

Як відомо, існують два види мотивації праці: матеріальна та нематеріальна (психологічна, соціальна). Матеріальна мотивація праці передбачає отримання певних матеріальних благ, які можуть бути виражені в грошовому вираженні, матеріальних об'єктах або послуги. Цей вид мотивації персоналу як раз і застосовується на рівні мотивації окремого співробітника. Нематеріальна мотивація спрямована на отримання співробітниками емоційної вигоди, такої, як підвищення самооцінки, психологічний комфорт, гордість за працю та ін. Найбільш часто цей вид застосовують на рівні мотивації всього колективу організації. Зміна економічної ситуації в Україні, стрімкий розвиток недержавного сектора економіки, різноманітних форм власності та видів господарювання потребують удосконалення трудового законодавства, зокрема в оплаті праці [6]. Встановлена на підприємстві система оплати праці, яка враховує складність праці, дає можливість зрозуміти, що в діяльності працівника приносить результат, створює перспективи кар'єрного росту на службі та формує відчуття справедливості на сьогоднішній день найбільш мотивує працівників до продуктивної праці, оскільки являє собою винагороду або заробіток, що обчислюється в грошах та виплачується працівнику за якісне виконання ним певного обсягу роботи. Нажаль, на підприємствах залізничного транспорту в останні роки склалася така тенденція, що в умовах постійного зниження вантажообігу та пасажирообороту через падіння обсягів виробництва майже за всіма галузями національної економіка та погіршення рівня життя населення, чи не єдиним заходом зниження витрат діяльності та підвищення її ефективності стало скорочення фонду оплати праці через введення режиму неповного робочого дня та робочого тижня, відпусток за свій рахунок тощо. Безсумнівно, подібна практика не тільки знижує рівень задоволення потреб працівників, але й не сприяє зростанню мотивації останніх до праці належної якості у встановлених обсягах. Саме тому, удосконалення системи оплати праці

на українських залізницях є найбільш рушійним методом впливу на результативність роботи їх працівників в умовах сьогодення.

Організація оплати праці на залізничному транспорті має свої особливості та складається з наступних етапів:

- 1) нормування праці;
- 2) розробка форм і систем оплати праці;
- 3) тарифне нормування заробітної плати.

До нормування праці відноситься розроблення та застосування прогресивних, технічно обґрунтованих норм витрат праці, основним завданням якого є визначення необхідних витрат живої праці на виконання певної роботи. Нормування праці тісно пов'язане з її оплатою. Норми переглядають у зв'язку із змінами в трудових та виробничих процесах, які підвищують продуктивність праці [7].

На сьогоднішній день на залізницях України для працівників, задіяних на роботах з поточного утримання колії, штучних споруд та земляного полотна, застосовується акордно - преміальна система оплати праці на основі бригадного колективу. Акордно-преміальна система – це акордна система оплати праці, доповнена виплатою премій, встановлених за виконання і перевиконання кількісних і якісних показників роботи. Законодавчою основою організації бригадного колективу являється договір про колективний підряд на поточному утриманні колії, в якому керівництво зобов'язується правильно організовувати працю працівників бригадного колективу, створювати умови для зростання продуктивності праці, забезпечувати трудову і виробничу дисципліну, проводити виплату доплат та надбавок індивідуального характеру, своєчасно доводити наряд – завдання до працівників бригадного колективу, забезпечувати їх необхідною документацією, проводити облік і аналіз виконаної роботи, неухильно дотримуватись законодавства з праці та правил з охорони праці, уважно ставитись до потреб і запитів працівників бригадного колективу, покращувати умови їх праці та побут, забезпечувати працівників необхідними матеріалами, механізмами, машинами, інструментом, проводити розрахунок та коригування підрядної суми відповідно до умов, передбачених Положенням, преміювання працівників проводити згідно Положення про преміювання працівників АТ «Укрзалізниця», задіяних на роботах з поточного утримання колії та штучних споруд [5], забезпечувати розподіл приробітку між працівниками бригадного колективу за коефіцієнтом трудової участі КТУ. Система преміювання, що застосовується на підприємствах залізничного транспорту, враховує мотивацію тих працівників, які впливають на якісні та кількісні показники роботи залізничного транспорту. Однак на даний час щомісячна виплата премії працівникам, завдяки яким забезпечується безперебійний рух залізничного транспорту, а саме працівників, задіяних на роботах з поточного утримання й ремонту колій та штучних споруд (монтерів колії, бригадирів (звільнених) з поточного утримання й ремонту колій та штучних споруд, майстрів шляхових) досягає лише 40%. Доцільно було б переглянути Положення про преміювання працівників АТ «Укрзалізниця»,

здіяятих на роботах з поточного утримання колії та штучних споруд, а саме збільшити відсоток премії за виконання такого основного показника, як виконання плану бальної оцінки дистанції колії.

На роботах з поточного утримання й ремонту колій та штучних споруд також задіяні працівники цеху «Механічна майстерня» (слюсар з ремонту колійних машин та механізмів, налагоджувальник колійних машин та механізмів, електрогазозварник). Я вважаю буде доцільним перехід робітників механічної майстерні на відрядну оплату праці. Основною метою застосування бригадної форми організації праці є досягнення колективом підрядної бригади своєчасного та якісного виконання виробничих завдань з найменшими витратами на основі особистої зацікавленості кожного робітника механічної майстерні в підвищенні ефективності праці дистанції колії за рахунок розвитку творчої ініціативи, господарської самостійності.

Планування виробничої діяльності підрядної бригади механічної майстерні є основною частиною загальної системи внутрішньовиробничого функціонування дистанції колії, а так як середня заробітна плата наприклад слюсаря з ремонту колійних машин та механізмів 4 розряду цеху механічної майстерні складає 7705 тис. грн, коли середня заробітна плата монтера колії 3 розряду на відрядній оплаті праці складає 11320 тис. грн. В зв'язку з такою різницею (3615 тис. грн) в оплаті праці має місце постійного відтоку кваліфікованих робітників механічної майстерні. Робота механічної майстерні є допоміжною роботою з поточного утримання колії, штучних споруд, земляного полотна, виконання плану по дистанції колії.

Висновки. В результаті проведених досліджень в роботі були отримані наступні результати.

1. Визначено сутність та значення заробітної плати, особливості організації оплати праці на залізничному транспорті.

2. Проаналізовано матеріальну зацікавленість та мотивацію праці працівників на підприємствах залізничного транспорту.

3. Визначено методи удосконалення оплати праці працівників, задіяних на роботах з поточного утримання й ремонту колій, штучних споруд та земляного полотна на залізницях України.

Таким чином, за підсумками роботи можна зробити висновок, що основний принцип удосконалення системи оплати праці працівників залізничного транспорту, задіяних на поточне утримання й ремонт колії та штучних споруд полягає в тому, щоб формування заробітної плати працівників відбувалося не зверху до низу, а знизу на гору, тобто від індивідуальної заробітної плати до загального розміру фонду оплати праці, а також враховувати в системі оплати праці повну відповідність працівника згідно Довідника кваліфікаційних характеристик, враховувати завантаженість працівників, особистий вклад працівника, вагомий внесок у функціонування залізничного транспорту, забезпечення виконання виробничих завдань, а також отримувати гідну заробітну плату, підвищувати мотивацію до зростання якості, стабільності та продуктивності праці.

Отже, для удосконалення оплати праці працівників на залізницях України, в тому числі в структурних підрозділах необхідно:

1. розробити систему індивідуальної заробітної плати на підставі оцінки конкретних заслуг працівника;
2. для виробничого персоналу запровадити відрядну форму оплати праці;
3. встановити так званий «гнучкий тариф», який сприятиме підвищенню ефективності стимулювання працівників;
4. забезпечити підвищення рівня організації робочого місця;
5. забезпечити своєчасну видачу робочого завдання;
6. поліпшення технічного стану робочого місця;
7. проведення своєчасного профілактичного і поточного ремонту, модернізації - вдосконалення координації робіт на певному робочому місці з роботою структурного підрозділу в цілому і технологічно взаємозв'язаного робочими місцями;
8. ефективно упроваджувати моделі організації праці та розробити адаптовану для підприємства гнучку єдину тарифну сітку, власну прогресивну шкалу між розрядних коефіцієнтів, що враховують складність праці, рівень кваліфікації і відповідальність забезпечити механізм послідовного встановлення мінімальної ставки першого тарифного розряду на рівні прожиткового мінімуму та підтримувати стабільність і своєчасність виплати заробітної плати;
9. проводити її індексацію з урахуванням інфляції;
10. вивчити можливості впровадження на підприємствах системи оплати праці на основі вартості робочого місця;
11. забезпечити облік в системі оплати праці умов праці змінності професійної майстерності, продуктивності, інтенсивності, складності якості праці, ритмічності, дотримання режиму економії трудової і технологічної дисципліни;
12. розробити гнучку систему індивідуального і колективного матеріального преміювання за наслідками роботи за місяць, квартал, півріччя і рік;
13. підвищити якість і укріпити систему нормування праці у всіх структурних підрозділах з використанням різноманітних видів нормування, норм вироблення, норм обслуговування, норм часу, ширше використовувати різні форми контролю за роботою виконавців;
14. забезпечити гласність результатів оцінки і контролю, визначити чітку відповідальність за різного роду порушення;
15. конкретизувати заходи матеріальної і дисциплінарної відповідальності;
16. створити оптимальні умови для кар'єрного зростання добре працюючим працівникам;
17. підвищення тарифного розряду посади, перспектива переведення на престижне місце роботи.

Список літератури

12. Про оплату праці : Закон України від 24 бер. 1995 р. № 108. Відомості Верховної Ради України. 1995. № 95. С. 1 – 2
13. Кірпа Г.М. Про порядок застосування системи організації оплати праці працівників, зайнятих на роботах з поточного утримання й ремонту колій, штучних споруд та земляного полотна на залізницях України: наказ Укрзалізниці від 28 груд. 2000 р. № 623 – Ц. С. 3-8.
14. Скарлат О.В. Положення про оплату праці працівників АТ «Укрзалізняця» : затверджено протокольним рішенням засідання правління АТ «Укрзалізняця» від 02 берез. 2020 р. № Ц – 45/19 Ком. Т. С. 24 – 32.
15. Фінадоріна В.В. Збірник роз'яснень та методичних рекомендацій з організації та нормування праці для застосування на залізничному транспорті,. Київ, 2011. С 100 – 118.
16. Положення про преміювання працівників Верхівцевської дистанції колії, задіяних на роботах з поточного утримання колії, штучних споруд та земляного полотна : затверджено протокольним рішенням Комісії з оплати праці Верхівцевської дистанції колії від 03 квіт. 2012 р. № 28.
17. Євсєєва О.О. Удосконалення системи стимулювання ефективної роботи колективів підприємств залізничного транспорту. Харків, 2004. С. 25
18. Єрофеєнко Л.В. Специфіка системи оплати праці на залізничному транспорті Л.В. Єрофеєнко // Право і безпека. 2009 р. № 5. С. 44-47.
19. Ляшенко І.О. Мотивація праці на залізничному транспорті в умовах його реформування: Збірник. наук. праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Дніпропетровськ, 2011 р. Випуск 2: Проблеми економіки транспорту. С. 48-55.
20. Куделя В.І. Теоретичний підхід до проблем мотивації персоналу на залізничному транспорті. Вісник економіки транспорту і промисловості: Збірник наук. праць .Харків, УкрДАЗТ. 2013 р. № 44. С. 273-275.
21. Компанієць В.В., Польова В.В. Впровадження компетентного підходу у систему підготовки, оцінки та відбору кадрів залізничного транспорту. Вісник економіки транспорту і промисловості:Збірник наук. праць .Харків, УкрДАЗТ. 2013 р. № 44. С. 46-53.
22. Шило Ж.С. Проблеми заробітної плати та вартості робочої сили в Україні / Ж.С. Шило, О.Ю. Поліщук [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://archive.nbu.gov.ua/portal/soc_gum/prvse/2010_1/45.pdf
23. Скрипка А. Мотивація персоналу [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.magistral-uz.com.ua/artikles/motivacija-personala.html>.

Мосієнко Катерина Володимирівна, другий (магістерський) рівень навчання, група 215-ОО-319 Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (095) 472-48-45. E-mail: k.mosiienko2020@gmail.com

Підпригора Ірина Віталіївна, кандидат економічних наук, доцент кафедри обліку і аудиту,
УкрДУЗТ, тел. 050-207-63-54. E-mail: vip0909@meta.ua

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ЦЕНТР ГУМАНІТАРНОЇ ОСВІТИ
СЕКЦІЯ ІНОЗЕМНИХ МОВ