



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ПІВНІЧНО-СХІДНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
ТРАНСПОРТНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ**

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
УКРАЇНСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

Випуск 141

Харків 2013

УДК 656.2

До збірника увійшли матеріали науково-дослідних робіт магістрів Інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів (ІППК), спеціалістів залізничного транспорту та промисловості, які присвячені вирішенню сучасних проблем з підвищення ефективності та удосконалення процесу перевезень вантажів, експлуатації та ремонту рухомого складу, інформаційної технології, зв'язку та телеуправління на залізничному транспорті і утримання споруд і колії залізниць України.

Збірник призначений для інженерно-технічних працівників залізничного транспорту та промисловості, науковців, аспірантів, магістрів та студентів.

З електронною версією збірника можна ознайомитися на сайті: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe.

Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus (Польща).

ISSN 1994-7852

Свідоцтво про державну реєстрацію KB №8617 видане 06.04.2004 р.

Друкується за рішенням вченої ради академії від 29.10.2013 р., протокол № 8.

Збірник включено до переліку № 1 наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (Постанова президії ВАК України № 1-05/4 від 26 травня 2010 р.).

РЕДАКЦІЙНО-ВИДАВНИЧА РАДА:

д.т.н., професор М.І. Данько – голова Ради
д.т.н., професор Д.В. Ломотко – заступник голови
к.т.н., професор А.О. Каграманян – заступник голови
завідувач НДЧ – заступник голови
д.т.н., професор А.Б. Бойнік
д.т.н., професор Т.В. Бутко
д.е.н., професор В.Л. Дикань
д.т.н., професор А.М. Котенко
д.т.н., професор С.В. Лістровий

д.т.н., професор В.І. Мойсеєнко
д.т.н., професор С.І. Приходько
д.е.н., професор Л.О. Позднякова
д.т.н., професор А.А. Пługін
д.т.н., професор Ю.В. Соболев
д.т.н., професор Е.Д. Тартаковський
д.т.н., професор Л.А. Тимофєєва
д.т.н., професор А.П. Фалендиш
д.т.н., професор Я.В. Щербак

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Експлуатація залізниць

д.т.н., професор Т.В. Бутко – головний редактор
д.т.н., професор М.М. Бабаєв
д.т.н., професор А.Б. Бойнік
д.т.н., професор А.М. Котенко
д.т.н., професор О.Г. Шибаєв
д.т.н., професор В.Я. Негрей
д.т.н., професор В.Н. Бобровський
д.т.н., професор І.В. Жуковський
д.т.н., доцент Є.С. Альошинський

Рухомий склад залізниць

д.т.н., професор Е.Д. Тартаковський - головний редактор
д.т.н., професор А.П. Фалендиш
д.т.н., професор О.Б. Бабанін
д.т.н., професор Я.В. Щербак
д.х.н., професор В.Г. Пузир
д.т.н., професор І.Е. Мартинов
д.т.н., професор Ю.Є. Калабухін

Автоматизовані системи електричного транспорту

д.т.н., професор Я.В. Щербак - головний редактор
д.т.н., професор Ю.І. Гусєвський
д.т.н., професор В.Г. Ягуп
д.т.н., професор В.Б. Клепиков

Телекомунікаційні системи та управління ними

д.т.н., професор С.І. Приходько - головний редактор
д.т.н., професор Г.В. Альошин
д.т.н., професор М.М. Бабаєв
д.т.н., професор А.Б. Бойнік
д.т.н., професор С.В. Лістровий
д.т.н., професор В.І. Мойсеєнко
д.т.н., професор С.В. Панченко
д.т.н., професор О.А. Серков

Будівельні матеріали та конструкції

д.т.н., професор А.А. Пługін – головний редактор
д.х.н., професор А.М. Пługін
д.т.н., професор М.Ю. Ізбаш
д.т.н., професор В.С. Софронов
д.т.н., професор Г.М. Шабанова
д.т.н., професор О.М. Даренський
д.т.н., професор Ю.О. Ландау
к.т.н., доцент Г.Л. Ватуля

д.т.н., професор В.І. Омеляненко
д.т.н., професор Г.Г. Жемеров
к.т.н., доцент С.І. Яцько

За загальною редакцією канд. техн. наук А.О. Каграманяна

ISSN 1994-7852

Зареєстровано 2 червня 2007 р.

у ISSN International Centre 20, Rue
Bachumont, 75002 PARIS, FRANCE

© Українська державна академія
залізничного транспорту, 2013

ЗМІСТ

Автоматизовані системи технологічного зв'язку на залізничному транспорті

<i>Жученко О.С., Макарова А.В., Залеський А.О., Підгорний О.В.</i> Аналіз процесів передавання пакетів у IP мережі	7
<i>Жученко О.С., Гончарова О.В., Подзолкін А.С., Шевченко В.О.</i> Дослідження принципів побудови корпоративних IP мереж	11
<i>Лисечко В.П., Підченко О.І., Анохін О.Л., Сопронюк І.І.</i> Методи аналізу спектра в когнітивних радіомережах	16

Автоматика та комп'ютерні системи управління рухом поїздів

<i>Мойсеєнко В.І., Мельник С.М.</i> Аналіз надійності мікропроцесорної централізації як багатофункціональної та багатоканальної системи	24
<i>Матвєєва В.В.</i> Надійність систем первинного електропостачання систем залізничної автоматики	27
<i>Писар Р.М., Хісматулін В.Ш.</i> Вхідні фільтри універсальних колійних приймачів тональних рейкових кіл	31
<i>Бойнік А.Б., Тетерук С.В.</i> Дослідження можливості тепловізійного контролю пристроїв залізничної автоматики	36
<i>Мойсеєнко В.І., Чегодаєв Б.В.</i> Модернізація технічних засобів залізничної автоматики сортувальної станції	43

Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту. Вагони

<i>Борзилов І.Д., Зайцев Ю.А.</i> Шляхи підвищення ефективності роботи ремонтного вагонного депо	51
<i>Волков С.В., Сірадчук А.Д.</i> Шляхи вирішення проблеми надійної та безпечної експлуатації пасажирських вагонів	55
<i>Візняк Р.І., Бондаренко В.В., Фофанов Ю.О.</i> Застосування прогресивних науково-технічних рішень з метою збереження і покращення експлуатації підвагонних генераторів з приводом редукторно-карданного типу	60
<i>Равлюк В.Г., Стасів Л.С., Дудник А.О., Сологуб О.Г.</i> Особливості математичного моделювання процесу вібродіагностування буксових вузлів вагонів з підшипниками кочення	64
<i>Мартинов І.Е., Труфанова А.В., Мельничук В.Л., Христан М.В., Кобзар К.О.</i> До питання оптимізації конструкції буксових вузлів рухомого складу	70
<i>Шевченко К.В., Кравченко С.А.</i> Магнітний контроль рівня накопичених втомних пошкоджень металоконструкцій вантажних вагонів	75
<i>Мигиріна О.М.</i> Оцінка ефективності виробничої системи депо з ремонту вантажних вагонів	79

<i>Бондаренко В.В., Скуріхін Д.І., Мосійчук Т.В.</i> Розроблення та випробування макетного зразка пристрою акустичного контролю колісних пар	82
<i>Ніколаєнко А.О., Паньків І.В.</i> Підвищення якості технічного обслуговування вагонів за рахунок упровадження автоматизованої системи діагностування гальм	87
<i>Ніколаєнко А.О., Солоділова О.І.</i> Підвищення надійності та якості продукції залізничного транспорту	94
<i>Останчук В.М., Манушина І.А.</i> Дослідження та аналіз системи управління якістю метрологічних робіт	101

**Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту.
Локомотиви**

<i>Жалкін С.Г., Тулиця А.С.</i> Покращення експлуатаційних показників тепловозів 2ТЕ10	107
<i>Пасько О.В., Белохонов В.В.</i> Модернизация охлаждающих устройств тепловоза	112
<i>Бабанін О.Б., Бульба В.І., Борисенко О.В., Стецюра А.М.</i> Прогнозування ресурсу відповідальних деталей локомотивів	117
<i>Грицай В.В.</i> Особливості експлуатації та організації ремонту локомотивів на промисловому підприємстві	122
<i>Ромський В.В., Сумцов А.Л.</i> Модель визначення надійності дизельного рухомого складу при експлуатації його в приміському русі	126
<i>Жалкін Д.С., Тимченко О.М.</i> Методи післяремонтних випробувань та моніторингу технічного стану тягових двигунів електровозів	130
<i>Устенко О.В.</i> Використання віртуальних підходів у проектуванні систем і підприємств	135
<i>Каграманян А.О., Крушедольський О.Г., Захарченко В.В.</i> Визначення параметрів тепловозного дизеля 5Д49 при його роботі з різними варіантами суміші дизельного палива та метилового ефіру ріпакової олії	137
<i>Стариченко М.С.</i> Визначення напрямків підвищення надійності тягових двигунів електропоїздів на основі аналізу їх відмов в експлуатації	155

Залізничні споруди та колійне господарство

<i>Мануйленко В.Г., Матвиенко А.А., Бакшеев А.А., Еременко Д.М.</i> Анализ оценки состояния пути	160
<i>Курс О.Г., Дмитрик С.В., Возненко С.И.</i> Исследования адгезионных свойств компонентов, входящих в состав ЗС-З, и их соотношения	164
<i>Лютый А.О.</i> Біологічні типи конструкцій укріплення укосів земляного полотна залізниць	173
<i>Парфьонов Ю.С., Белікова Н.В.</i> Передумови та розрахунок довжин прольотів для компенсованої підвіски	177

<i>Чесак С.С., Ляшенко А.С., Беликова Н.В.</i> Диагностика в путевом хозяйстве	183
<i>Губаренко С.А.</i> Перебудова водопропускних труб під час реконструкції залізниць	187
<i>Ватуля Г.Л., Орел Е.Ф., Левчук С.В., Андрущенко И.М.</i> Влияние параметров проектирования на оптимальность конструкции трехшарнирных арок	191

Промислове і цивільне будівництво

<i>Коломієць Н.О., Гребенщикова К.С., Мірошніченко С.В.</i> Розроблення складу бетону для монолітного бетонування	197
<i>Нечаєв К.В., Ісмагілов А.О.</i> Горизонтальне армування ґрунтів в основах будівлі корпусу невідкладної хірургії залізничної лікарні м. Донецька при її реконструкції	205

Електричний транспорт

<i>Габінський А. О., Буряковський С.Г.</i> Мікропроцесорне керування частотним перетворювачем	212
<i>Павелко Д.В., Буряковський С.Г.</i> Застосування нейроконтролера як елемента системи керування асинхронним тяговим двигуном	216
<i>Василенко М.В.</i> До питання розроблення статичного фазорозщеплювача електровоза змінного струму	222
<i>Дяченко В.С., Шкурпела О.О., Яцько С.І.</i> Побудова моделі електропередачі дизель-поїзда ДЕЛ-02 для дослідження режимів гальмування	226
<i>Макотринський О.В., Ващенко Я.В., Яцько С.І.</i> Штучна нейромережева система неперервного типу для діагностики тягового електропривода	230
<i>Муха А.М.</i> Вплив системи охолодження на конструктивні показники статичних перетворювачів	235
<i>Куриленко О.Я.</i> Експериментальне визначення мінімальної напруги спрацьовування аварійних реле залізничної автоматики	240

Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання

<i>Воронін С.В., Карпенко С.С., Волков О.В., Бакін К.О.</i> Аналіз робіт з керування тертям та зчепленням в контакті «колесо-рейка»	247
<i>Воронін С.В., Онопрейчук Д.В., Суранов О.О., Амінов Д.О.</i> Огляд та аналіз конструкцій установок для отримання наночастинок вуглецю електродуговим методом	253
<i>Афанасов Г.М., Єкименко А.А., Криворучко І.Г.</i> Експериментальні дослідження впливу обробки моторних олив електростатичним полем на товщину граничної мастильної плівки	259
<i>Шемиур В.А.</i> Погляд на Типову навчальну програму предмета «Цивільний захист» для студентів ВНЗ	264

<i>Счастний Є.Є., Воронець А.О.</i> Раціональний вибір зовнішнього огороження сучасного будинку	269
<i>Котенко А.М., Козодой Д.С., Світлична А.В., Шилаєв П.С.</i> Методики визначення втрат від аварійних ситуацій з небезпечними вантажами	272

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

УДК 621.391

АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕДАВАННЯ ПАКЕТІВ У ІР МЕРЕЖІ

Канд. техн. наук О.С. Жученко, А.В. Макарова, А.О. Залеський, О.В. Підгорний

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТОВ В ІР СЕТЯХ

Канд. техн. наук А.С. Жученко, А.В. Макарова, А.А. Залеский А.В. Подгорный

ANALYSIS OF THE PROCESSES PACKETS IN IP NETWORKS

Cand. of techn. sciences O.S. Zhuchenko, A.V. Makarova, A.O. Zaleskiy A.V. Podgorniy

В теперішній час вважається перспективним використання мережі передачі даних залізничного транспорту не тільки для передачі даних, а й відео- та мовної інформації з метою організації загальнотехнологічного чи/або оперативно-технологічного зв'язку на основі технології ІР телефонії. Проведений аналіз процесів передавання пакетів у ІР мережі показав, що в реальній мережі затримка та інтервали часу між пакетами є випадковою величиною, що необхідно враховувати при проектуванні цих мереж.

Ключові слова: ІР мережа, комутація пакетів, швидкість, пропускна спроможність, затримка, пакет.

В настоящее время считается перспективным использование сети передачи данных железнодорожного транспорта не только для передачи данных, а и видео, и речевой информации с целью организации общетехнологической и/или оперативно-технологической связи на основе технологии IP телефонии. Проведенный анализ процессов передачи пакетов IP сети показал, что в реальной сети задержка и интервалы времени между пакетами являются случайной величиной, что необходимо учитывать при проектировании этих сетей.

Ключевые слова: IP сеть, коммутация пакетов, скорость, пропускная способность, задержка, пакет.

It is now considered promising use of the data train for the transport of not only data but also video and voice data to obshchetechnologicheskoy organization and / or operative connection processing technology based IP telephony. The analysis process IP packets to the network showed that the actual network delay and the time intervals between packets is a random variable that must be considered when designing these networks.

Keywords: IP network, packet switching, speed, throughput, delay, packet.

Постановка проблеми та аналіз літератури. Збільшення ефективності застосування розроблених та перспективних інформаційних систем на залізничному

транспорті стримується великою кількістю аналогового обладнання комутації та передачі, яке ще використовується на залізничному транспорті, значно

обмежуючи швидкість передачі інформації та можливість створення відмовостійких мережних топологій. Крім того, в теперішній час вважається перспективним використання мережі передачі даних залізничного транспорту не тільки для передачі даних, а й відео та мовної інформації з метою організації загально-технологічного чи/або оперативно-технологічного зв'язку на основі технології IP телефонії [1]. А це накладає додаткові обмеження на характеристики продуктивності IP мережі – мінімальну гарантовану швидкість та затримку передачі пакетних даних в мережі [2]. Цю мережу вже можна визначити як мультисервісну телекомунікаційну мережу, тобто таку, що може забезпечити надання необмеженої кількості послуг на основі інтегрованої передачі даних, мови та відео [3, 4]. Таким чином, при проектуванні та модернізації телекомунікаційних мереж на основі протоколу IP необхідно враховувати особливості передавання пакетів у IP мережі.

Мета статті – проведення аналізу процесів передавання пакетів у IP мережі.

Основна частина. Найбільш важливими довготривалими характеристиками продуктивності мережних пристроїв є пропускна спроможність каналів, продуктивність комутаторів і маршрутизаторів. Однак користувача цікавлять і інші характеристики продуктивності, які дозволяють йому кількісно оцінити, наскільки швидко і якісно мережа передає його трафік. Для того щоб визначити ці характеристики, скористаємося моделлю ідеальної мережі [5].

У мережі з комутацією пакетів затримка обумовлена такими складовими:

- передачею даних в канал;
- розповсюдженням сигналу в середовищі передавання;
- очікуванням пакета в черзі;
- комутацією пакета.

Перші дві складові затримки визначаються властивостями каналів передачі даних (бітовою швидкістю і

швидкістю розповсюдження сигналу в середовищі передавання) і є фіксованими для пакета фіксованої довжини. Дві інших складових залежать від характеристик мережі комутації пакетів і в загальному випадку є змінними.

Будемо вважати, що мережа з комутацією пакетів працює ідеально, якщо вона передає кожен біт інформації з постійною швидкістю. Іншими словами, ідеальна мережа з комутацією пакетів не вносить жодних додаткових затримок в передачу даних крім тих, які вносяться каналами зв'язку (і працює щодо часових характеристик передачі даних так, якщо б вона була мережею з комутацією каналів).

Результат передачі пакетів такою ідеальною мережею ілюструє рис. 1. На верхній осі показані значення часу надходження пакетів у мережу від вузла відправника, а на нижній – значення часу надходження пакетів у вузол призначення. Іншими словами, можна сказати, що верхня вісь показує запропоноване навантаження мережі, а нижня – результат передачі цього навантаження через мережу.

Нехай затримка передачі пакета визначається, як інтервал часу між моментом відправлення першого біта пакета в канал зв'язку вузлом відправлення і моментом надходження першого біта пакета у вузол призначення відповідно (на рисунку затримки пакетів 1, 2, 3 позначені як d_1 , d_2 та d_3 відповідно).

Як видно з рис. 1, ідеальна мережа доставляє всі пакети вузлу призначення:

- не втративши жодного з них (і не спотворивши інформацію в жодному з них);
- в тому порядку, в якому вони були відправлені;
- з однією і тією ж затримкою ($d_1 = d_2$ і т. д.).

Важливо, що всі інтервали між сусідніми пакетами мережа зберігає в незмінному вигляді. Наприклад, якщо інтервал між першим і другим пакетами становить при відправленні τ_1 секунд, а між другим і третім – τ_2 , то такими ж інтервали залишаться у вузлі призначення.

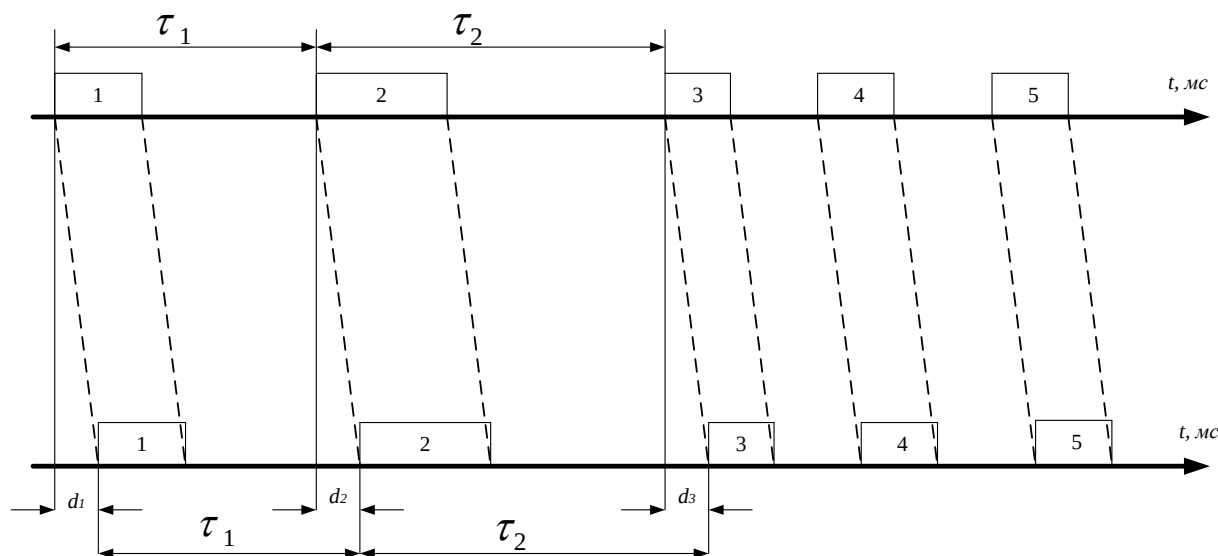


Рис. 1. Передача пакетів ідеальною мережею

Надійна доставка всіх пакетів з мінімально можливою затримкою і збереженням часових інтервалів між ними задовольнить будь-якого користувача мережі незалежно від того, трафік якого додатка він передає по мережі – веб-сервісу або IP телефонії.

Існують і інші визначення часу затримки пакета. Наприклад, цю величину можна визначити, як час між моментом відправлення першого біта пакета в канал зв'язку вузлом відправлення і моментом надходження останнього біта пакета у вузол призначення відповідно. Неважко бачити, що в цьому визначенні в затримку пакета включено час передавання даних в канал, крім того, зрозуміло, що обидва визначення не суперечать один одному і величина затримки, отримана відповідно до одного визначення, легко перетворюється у величину затримки, отриманої відповідно до іншого. Ми вибрали перше визначення для ілюстрації ідеальної поведінки мережі з комутацією пакетів тому, що в цьому випадку затримка не залежить від розміру пакета, що зручніше використовувати, описуючи «ідеальність» обслуговування пакетів.

Тепер подивимося, які відхилення від ідеалу можуть зустрічатися в реальній

мережі і якими характеристиками можна ці відхилення описувати (рис. 2).

Пакети доставляються мережею вузлу призначення з різними затримками – це невід'ємна властивість мереж з комутацією пакетів.

Випадковий характер процесу утворення черг приводить до випадкових затримок, при цьому затримки окремих пакетів можуть бути значними, в десятки разів перевершуючи середню величину затримок ($d_1 \neq d_2 \neq d_3 \neq d_4$ і т.д.). Нерівномірність затримок приводить до нерівномірних інтервалів між сусідніми пакетами. Тобто змінюється характер часових співвідношень між сусідніми пакетами, а це може катастрофічно позначитися на якості роботи деяких додатків. Наприклад, при передаванні мови нерівномірність інтервалів між пакетами, що несуть виміри голосу, призводить до суттєвих перекошень мови. Пакети можуть доставлятися вузлу призначення не в тому порядку, в якому вони були відправлені, наприклад, на рис. 2 пакет 4 надійшов у вузол призначення раніше, ніж пакет 3. Такі ситуації зустрічаються в дейтаграмних мережах, коли різні пакети одного потоку можуть передаватися через мережу різними

маршрутами, отже, очікують обслуговування в різних чергах з різним рівнем затримок. Очевидно, що пакет 3 проходив через перевантажений вузол або

вузли, так що його сумарна затримка виявилася настільки великою, що пакет 4 прибув раніше за нього.

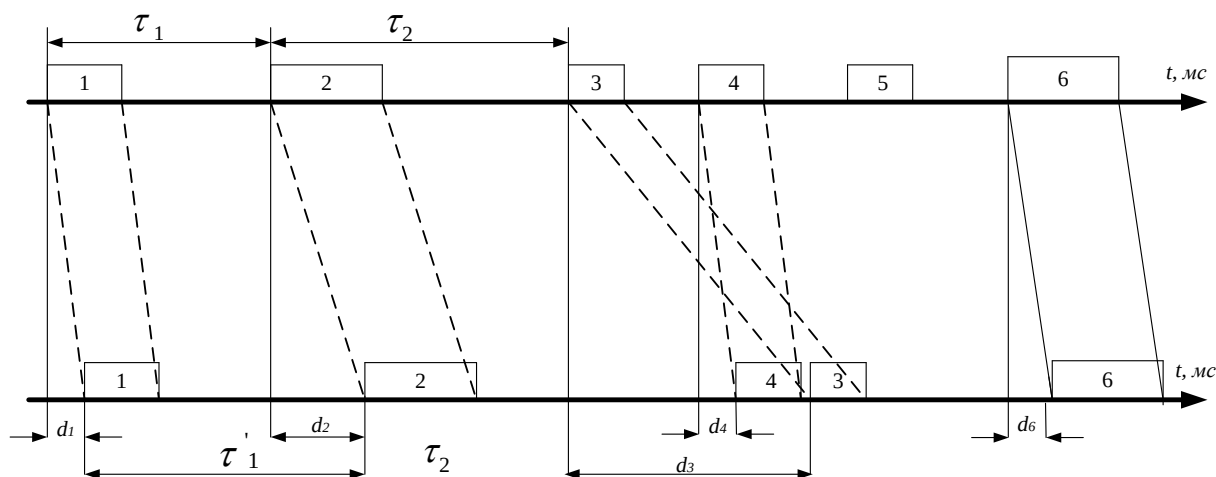


Рис. 2. Передача пакетів реальною мережею

Пакети можуть губитися в мережі або ж приходити у вузол призначення з перекрученими даними, що рівносильно втраті пакета, так як більшість протоколів не здатні відновлювати перекручені дані, а лише визначають цей факт за значенням контрольної послідовності кадру (Frame Check Sequence, FCS). Пакети також можуть дублюватися з різних причин, наприклад через помилкові повторні передачі протоколів, що забезпечують надійний обмін даними.

В реальній мережі середня швидкість інформаційного потоку на вході вузла призначення може відрізнятися від середньої швидкості потоку, спрямованого

в мережу вузлом-відправником. Виною цьому є не затримки пакетів, а їх втрати. Так, в прикладі, показаному на рис. 2, середня швидкість вихідного потоку знижується через втрату пакета 5. Чим більше втрат і спотворень пакетів відбувається в мережі, тим нижче швидкість інформаційного потоку.

Висновки. Проведений аналіз процесів передавання пакетів у IP мережі показав, що в реальній мережі затримка та інтервали часу між пакетами є випадковою величиною, що необхідно враховувати при проектуванні цих мереж.

Список використаних джерел

1. Методичні вказівки до курсового, дипломного проектування та практичних занять з дисципліни «Телекомунікаційні та інформаційні мережі» на тему «Проектування регіональної територіально-розподіленої телекомунікаційної мережі» [Текст] / Упоряд.: С.І. Приходько, О.С. Жученко, В.П. Лисечко, Г.С. Безверха. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 165 с.
2. ITU-T Y.1541. Network Performance objectives for IP-based services, Amendment 3, 2008.

3. Филимонов, А.Ю. Построение мультисервисных сетей Ethernet [Текст] / А.Ю. Филимонов. – СПб.: БХВ – Петербург, 2007. – 592 с.
4. Семенов, Ю.В. Проектирование сетей связи следующего поколения [Текст] / Ю.В. Семенов. – СПб.: Наука и техника, 2005. – 240 с.
5. Олифер, В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы [Текст]: учеб. для вузов / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 958 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор С.І. Приходько

Жученко Олександр Сергійович, канд. техн. наук, доцент кафедри транспортного зв'язку

Макарова Анна Вікторівна, слухач НН ІППК

Залеський Андрій Олексійович, студент групи 6-V-TSM

Підгорний Олександр Валентинович, студент групи 6-V-TSM.

Zhuchenko O.S. cand. of techn. sciences; Makarova A.V., Zaleskiy A.O., Podgorniy A.V.

УДК 621.391

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ КОРПОРАТИВНИХ ІР МЕРЕЖ

Канд. техн. наук О.С. Жученко, О.В. Гончарова, А.С. Подзолкін В.О. Шевченко

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫХ ІР СЕТЕЙ

Канд. техн. наук А.С. Жученко, Е.В. Гончарова, А.С. Подзолкин В.О. Шевченко

THE STUDY OF THE PRINCIPLES OF CONSTRUCTION CORPORATE ІР NETWORKS

Cand. of techn. sciences O.S. Zhuchenko, O.V. Goncharova, A.S. Podzolkin, V.O. Shevchenko

Відомча (корпоративна) телекомунікаційна мережа на основі протоколу ІР є складною інфраструктурою, яка забезпечує передачу великого об'єму різномірних інформаційних потоків. Найсучасніша тенденція в галузі побудови мереж – об'єднання потоків даних, мови та відео в одному каналі. В ході проведеного дослідження були визначені загальні принципи побудови корпоративних ІР мереж.

Ключові слова: ІР мережа, корпоративна мережа, комутатор, маршрутизатор, швидкість, пропускна спроможність, маршрутизація, комутація.

Ведомственная (корпоративная) телекоммуникационная сеть на основе протокола ІР является сложной инфраструктурой, которая обеспечивает передачу большого объема разнородных информационных потоков. Наиболее современная тенденция в области построения сетей – объединение потоков данных, речи и видео в одном канале. В ходе проведенного исследования были определены общие принципы построения корпоративных ІР сетей.

Ключевые слова: ІР сеть, корпоративная сеть, коммутатор, маршрутизатор, скорость, пропускная способность, маршрутизация, коммутация.

Departmental (corporate) telecommunications network based on the IP protocol is a complex infrastructure that allows the transfer of large amounts of heterogeneous information flows. The most recent trend in the field of networking - the union of streams of data, voice and video in a single channel. In the course of the study were defined general principles of corporate IP networks.

Keywords: IP network, corporate network, switch, router, speed, throughput, routing, switching.

Постановка проблеми та аналіз літератури. Відомча (корпоративна) телекомунікаційна мережа є складною інфраструктурою, яка забезпечує передачу великого об'єму різноманітних інформаційних потоків (телефонія, обмін даними, доступ в Інтернет, відеоконференції та ін.) в межах одного відомства (підприємства). Найсучасніша тенденція в галузі побудови мереж – об'єднання потоків даних, мови та відео в одному каналі [1-4]. Передавання інформації, критичної до затримок (мова та відео), накладає певні обмеження як на канали зв'язку, які повинні гарантовано забезпечувати необхідну пропускну спроможність між вузлами мережі, так і на обладнання, яке повинне бути здатним підтримувати механізми забезпечення якості обслуговування [5]. Це розмиває межі областей застосування телекомунікаційних і мережових (комп'ютерних) технологій: відбувається так звана конвергенція мереж. Подібна тенденція робить вибір базових технологій побудови мереж, протоколів обміну і обладнання вельми нетривіальною задачею. Одним з важливих завдань при проектуванні IP мережі є вибір її загальної структури.

Мета статті – проведення дослідження принципів побудови корпоративної IP мережі.

Основна частина. Вибір варіанта побудови конкретної відомчої мережі визначається цілим рядом чинників: затребувані інформаційні послуги, об'єми даних, що передаються, існуюча інфраструктура тощо. Але існують і загальні вимоги до відомчих мереж:

–масштабованість – всі запропоновані рішення повинні забезпечувати можливість розширення, тобто використовуване

обладнання і топологія передбачають можливість збільшення кількості користувачів, що підключаються, і мережових пристроїв. Усе обладнання повинно бути обране з резервом, як за продуктивністю, так і за можливістю встановлення додаткових модулів і розширенням функціональності;

–мультисервісність – мережа повинна забезпечувати можливість надання необмеженої кількості послуг на основі інтегрованої передачі потоків даних, мови та відео із забезпеченням їх якості обслуговування;

–продуктивність – використовувані технології й обладнання повинні бути вибрані, виходячи з планованого об'єму потоків даних, а також з вимог до виконуваних функцій і використовуваних протоколів;

–надійність – мережа повинна функціонувати в режимі 24x7 (цілодобово сім днів на тиждень);

–безпека – повинні бути враховані вимоги до організації безпеки і захисту від несанкціонованого доступу в мережі.

Окремо слід зазначити ще один важливий принцип проектування будь-якої мережової інфраструктури – уніфікація і стандартизація використовуваних технологій і обладнання, що дозволяє забезпечити взаємозамінність шасі, блоків живлення, модулів і знизити витрати на ЗІП.

Розглянемо основні підходи і типові технічні рішення, що використовуються при побудові телекомунікаційних мереж.

Сучасні телекомунікаційні мережі найчастіше будуються на основі трирівневої ієрархічної моделі. У моделі передбачаються три рівні: рівень ядра, рівень доступу і рівень розподілу (рис. 1). В

рамках кожного рівня ключовою задачею є забезпечення масштабованості, тобто можливості розширення потужності рівня без серйозних архітектурних змін. Кожен

рівень відповідає за реалізацію певних функцій. Проте ці рівні є логічними і не обов'язково повинні бути узгоджені з фізичними пристроями.

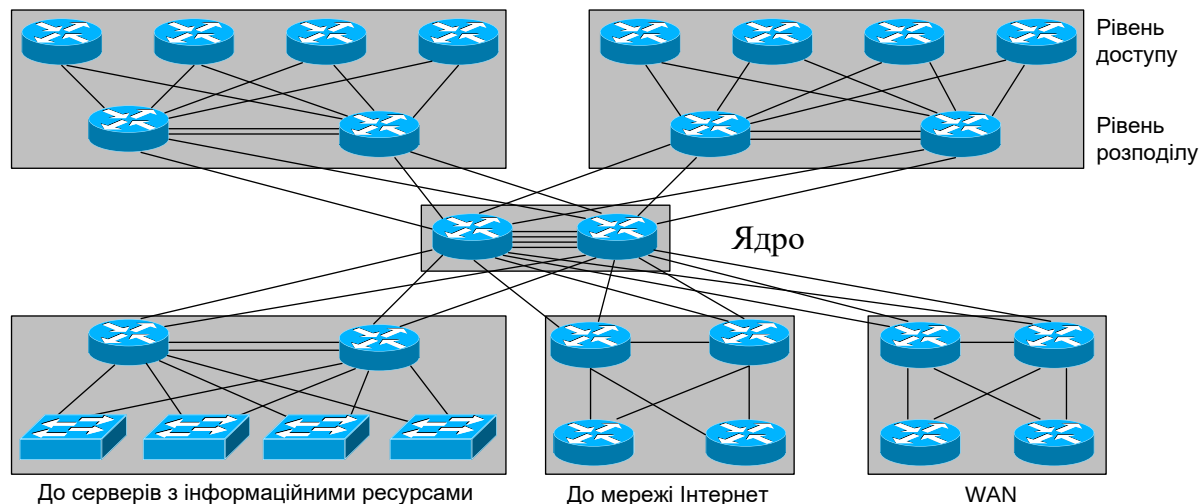


Рис. 1. Трирівнева ієрархічна модель побудови телекомунікаційної мережі

1. Ядро мережі, або опорна транспортна мережа, забезпечує маршрутизацію потоків даних між сегментами мережі. Воно є найважливішою частиною мережі і до нього ставляться найжорсткіші вимоги щодо надійності і продуктивності. Обладнання ядра і канали зв'язку, як правило, резервують для підвищення надійності і продуктивності (за рахунок розподілу навантаження між обладнанням).

Обладнання, що входить до складу ядра мережі, повинне забезпечувати:

- високошвидкісну маршрутизацію/комутацію;
- резервування на рівні обладнання і каналів;
- розділення навантаження по паралельних каналах;
- швидке перемикання між основним і резервним каналами;
- ефективне використання пропускну здатності каналів.

2. Рівень розподілу призначений для розділення великих мереж на окремі сегменти. На цьому рівні здійснюється

маршрутизація пакетів між віртуальними мережами (VLAN). Наявність цього рівня дозволяє:

–підвищити надійність мережі – сегменти мережі не залежать один від одного, відключення одного з них не вплине на функціонування інших;

–понижити навантаження на ядро мережі – потоки даних між віртуальними мережами в одному сегменті мережі не проходять через ядро;

–дозволяє збільшити можливості з масштабування мережі – вільні порти в обладнанні ядра можуть використовуватися для підключення нових сегментів мережі, які додаються у вигляді незалежних функціональних елементів.

Основною вимогою до рівня розподілу є забезпечення резервування і оптимальне розділення навантаження між паралельними з'єднаннями (як у бік рівня доступу, так і у бік ядра мережі). Для невеликих мереж рівень розподілу, як правило, поєднують з ядром мережі.

3. Рівень доступу (мережа доступу). На цьому рівні здійснюється підключення користувачів до локальної мережі. Обладнання рівня доступу здійснює:

- комутацію пакетів на другому рівні моделі OSI (Layer 2 Switching), але можлива і швидка маршрутизація (третій рівень моделі OSI - Layer 3 Switching);

- застосування політик безпеки і якості обслуговування на основі аналізу заголовків пакетів 2 - 4 рівнів моделі OSI.

Застосування трирівневої моделі дозволяє забезпечити такі переваги:

- високу продуктивність мережі за рахунок зниження навантаження на ядро і можливостей з балансування навантаження;

- високу надійність мережі, забезпечувану відсутністю єдиної точки відмови і резервуванням обладнання і каналів зв'язку;

- високу масштабованість, оскільки є можливість для розвитку мережі за рахунок підключення додаткових функціональних елементів на рівні розподілу (нові сегменти користувачів, віддалені мережі, центри обробки даних та ін.).

Крім трьох рівнів, у даній моделі можна виділити функціональні блоки для

підключення до мережі Інтернет, для підключення до глобальної відомчої мережі (WAN) і для підключення серверів з інформаційними ресурсами (серверна фабрика). Основними вимогами, що ставляться до серверної фабрики, є висока продуктивність і надійність. Простоти серверної фабрики призводять до простоїв роботи інформаційних систем, а отже, і до значних збитків підприємства через неможливість інформаційного обміну. Відзначимо, що серверна фабрика розміщується, як правило, в інформаційно – обчислювальному центрі організації (інша назва – центр обробки даних).

Необхідно відзначити, що розглянута трирівнева модель телекомунікаційної мережі є еталонною та передбачає дублювання всіх зв'язків та обладнання. Проте в реальних умовах мережа великого розміру не завжди може бути повністю реалізована відповідно до таких принципів з економічних або технічних причин. Тому при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні може бути застосована і простіша модель телекомунікаційної мережі, показана на рис. 2, яка відрізняється відсутністю дублюючих зв'язків.

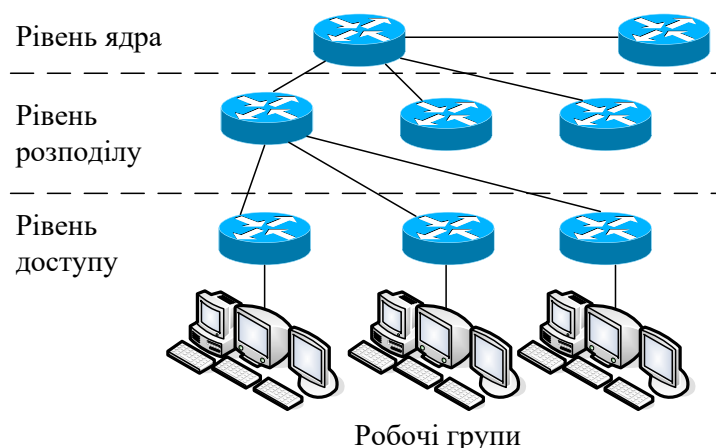


Рис. 2. Спрощена трирівнева модель побудови телекомунікаційної мережі

На кожному рівні розглянутої вище трирівневої моделі до обладнання ставляться певні вимоги. Ці вимоги можуть мінятися залежно від задач, вирішуваних

конкретною мережею, але в загальному випадку їх можна сформулювати таким чином.

Вимоги до обладнання ядра:

- висока продуктивність і надійність;
- висока щільність портів;
- підтримка протоколів динамічної маршрутизації;
- підтримка протоколів агрегації з'єднань (LACP, EtherChannel).

Вимоги до обладнання рівня розподілу:

- висока продуктивність і надійність;
- підтримка протоколів динамічної маршрутизації;
- підтримка механізмів, що забезпечують балансування навантаження каналів;
- підтримка механізмів класифікації і пріоритизації інформаційних потоків;
- підтримка протоколів агрегації з'єднань (LACP, EtherChannel);
- підтримка протоколів резервування з'єднань (STP);
- підтримка віртуальних мереж (VLAN);
- наявність можливості з нарощування обладнання рівня доступу.

Вимоги до обладнання рівня доступу:

- висока щільність призначених для користувача портів (10/100Base-TX);

– наявність достатньої кількості високошвидкісних портів для підключення до обладнання рівня розподілу;

- підтримка віртуальних мереж (VLAN);
- підтримка протоколів резервування з'єднань (STP);
- підтримка протоколів агрегації з'єднань (LACP, EtherChannel);
- підтримка механізмів класифікації і пріоритизації інформаційних потоків;
- підтримка засобів забезпечення безпеки.

На основі цих вимог можна виділити обладнання, яке може застосовуватися на кожному рівні. Слід відмітити, що такий розподіл є достатньо умовним, оскільки, залежно від поставленої задачі, одне й те саме обладнання може застосовуватися на різних рівнях для вирішення різних задач і у кожному випадку рішення повинне ухвалюватися незалежно.

Висновки. Таким чином, в ході проведеного дослідження були визначені загальні принципи побудови корпоративних IP мереж.

Список використаних джерел

1. Кларк, Кеннеди. Принципы коммутации в локальных сетях Cisco [Текст] / Кеннеди Кларк, Кевин Гамильтон. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 976 с.
2. Леммл, Т. CCNP Настройка коммутаторов Cisco [Текст]: учеб. пособие / Т.Леммл, К.Хейлс; пер.с англ. Д. Чурсинова. – М.: Лори, 2002. – 506 с.
3. Филимонов, А.Ю. Построение мультисервисных сетей Ethernet [Текст] / А.Ю. Филимонов. – СПб.: БХВ – Петербург, 2007. – 592 с.
4. Кучерявый, А.Е. Пакетная сеть связи общего пользования [Текст]: учеб.пособие / А.Е. Кучерявый, Л.З. Гильченко, А.Ю. Иванов; под общ. ред. А.Н. Попова. – СПб.: Наука и техника, 2004. – 645 с.
5. Семенов, Ю.В. Проектирование сетей связи следующего поколения [Текст] / Ю.В. Семенов. – СПб.: Наука и техника, 2005. – 240 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор С.І. Приходько

Жученко Олександр Сергійович, канд. техн. наук, доцент кафедри транспортного зв'язку.
Гончарова Олена Вікторівна, слухач НН ІППК.
Подзолкін Андрій Сергійович, студент групи 6-V-TCM.
Шевченко Владислав Олегович, студент групи 6-V-TCM.
Zhuchenko O.S., cand. of techn. sciences, Goncharova O.V., Podzolkina A.S., Shevchenko V.O.

УДК 621.391

МЕТОДИ АНАЛІЗУ СПЕКТРА В КОГНІТИВНИХ РАДІОМЕРЕЖАХ

Канд. техн. наук В.П. Лисечко, О.І. Підченко, О.Л. Анохін, І.І. Сопронюк

МЕТОДЫ АНАЛИЗА СПЕКТРА В КОГНИТИВНЫХ РАДИОСЕТЯХ

Канд. техн. наук В.П. Лысечко, А.И. Пидченко, О.Л. Анохин, И.И. Сопронюк

METHODS OF SPECTRUM SENSING IN COGNITIVE RADIO NETWORKS

Cand. of techn. sciences V.P. Lysechko, O.I. Pidtchenko, O.L. Anokhin, I.I. Sopronyuk

У статті розглянуто методи загального і локального аналізу спектра для виявлення первинного користувача в когнітивних радіомережах у каналах із замираннями, затінюваннями та адитивним шумом. Також було побудовано узагальнену модель когнітивної радіомережі і визначено основні поняття когнітивного радіо.

Ключові слова: релеєвські замирання, когнітивне радіо, затінювання, аналіз спектра, білий шум, функціональні характеристики приймача.

В статье исследуются методы общего и локального анализа спектра для определения наличия первичного пользователя в когнитивных радиосетях в каналах с релейскими замираниями, затенениями и аддитивным белым шумом. Также была построена обобщенная модель когнитивной радиосети и определены основные понятия когнитивного радио.

Ключевые слова: когнитивное радио, анализ спектра, белый шум, релейские замирання, затенения, функциональные характеристики приемника

In the article the methods of global and local analysis of spectrum are investigated for determination of presence of primary (licensed) user in когнитивных radio networks in channels with Rayleigh fading, shadowing and additive white noise. The generalized model of cognitive radio network was also built and the basic concepts of cognitive radio are certain.

Keywords: cognitive radio, the spectrum analysis, white noise, Rayleigh fading, shadowing, receiver operating characteristics

Постановка проблеми. Розвиток безпроводових телекомунікаційних систем, таких як: системи стільникового і супутникового радіозв'язку, локальні безпроводові мережі та Інтернет, став причиною різкого збільшення навантаження на обмежені ресурси радіочастотного спектра. У наш час практично весь частотний діапазон розподілений та ліцензований, що в умовах обмеженості частотного ресурсу призводить до його істотного дефіциту. В

результаті впровадження та використання нових видів обслуговування, для роботи яких необхідна наявність вільних частотних діапазонів, стає досить складним, а в деяких випадках зовсім неможливим.

Впровадження технології радіозв'язку з використанням механізмів інтелектуального управління (когнітивне радіо) являє собою один із підходів для забезпечення більш ефективного використання радіочастотного спектра за рахунок динамічного та гнучкого управління ним.

Аналіз літератури. У вітчизняній літературі проблему розгортання когнітивних радіомереж та побудови оптимальних алгоритмів аналізу спектра для точного виявлення первинних (ліцензованих) користувачів недостатньо розглянуто. Тому існує задача дослідження методів та алгоритмів спільного і локального аналізу спектра для виявлення первинного (ліцензованого) користувача в каналах з релесівськими завадами, затінюваннями та адитивним білим шумом

Мета статті. Звичайно, у когнітивних термінах немає жодних або є обмежені дані про первинні сигнали; отже, оптимальна технологія аналізу спектра – виявлення енергії [1]. Технологія виявлення енергії для аналізу спектра в окремому когнітивному радіо КР (від англ. – *cognitive radio* CR), що описана у статті, відрізняється простотою, відносною легкістю виконання та низькою обчислювальною складністю [2].

Метою статті є побудова узагальненої моделі когнітивної радіомережі, а також дослідження оптимальних алгоритмів аналізу спектра для виявлення первинного користувача.

Основний матеріал. 1. Основні визначення. Технічною робочою групою когнітивного радіо було запропоновано визначення когнітивного радіо (КР) [3]: “Когнітивна система радіозв'язку — радіосистема, що використовує технології, які дозволяють їй отримувати знання про своє робоче та географічне середовище, встановлені правила на своєму внутрішньому стані, а також динамічно і автономно коректувати свої робочі параметри і протоколи відповідно до отриманих даних для досягнення встановлених цілей та навчатися за досягнутими результатами”.

Когнітивність означає здатність радіосистеми вирішувати такі задачі:

1) оцінка шумової обстановки радіосередовища, виявлення частин спектра, які не використовуються в даний момент часу;

2) аналіз параметрів радіоканалу, оцінка каналової інформації, прогнозування стану радіоканалу;

3) контроль випромінюваної потужності та динамічне управління спектром.

Радіоелектронні засоби когнітивної радіомережі для виконання цих функцій повинні мати у своєму складі елемент, який забезпечує формування/обробку радіосигналів (радіоплатформу); елемент, який здійснює спостереження за радіочастотним спектром (моніторинг спектра); елемент, який здійснює аналіз результатів спостережень і навчання системи (когнітивний або інтелектуальний модуль); елемент, який забезпечує нормативну керованість системи (відповідно до встановлених цілей, правил та методів управління спектром), і елемент, який накопичує знання та отримані дані (база даних). Структурна схема РЕЗ КР, яка виконує дані функції, подана на рис. 1.

За методами аналізу робочого середовища системи КР діляться на дві категорії:

1) системи когнітивного радіо з пасивним аналізом експлуатаційного середовища;

2) системи когнітивного радіо з активним аналізом експлуатаційного середовища.

Пасивний аналіз. Перевагою пасивних методів є те, що вони можуть забезпечити зв'язок без завад для первинної системи, оскільки для неї використовуваний спектр визначений апіорі. Вторинна система використовує лише ті частоти, які надані первинною системою або повноважним органом. Проте метод пасивного аналізу збільшує кількість інформації, яка необхідна для управління системою. Значний об'єм інформаційного ресурсу системи, в цьому випадку, може бути відведений для передачі інформації про частоти. Крім того, пасивні підходи не сумісні з існуючими системами ліцензування. Вони можуть бути дуже корисні в майбутньому. Відзначимо також, що пасивні методи аналізу можуть бути об'єднані з методами використання спектра по можливості.

Рис. 1. Структурна схема РЕЗ КР

від англ. Signal to Noise Ratio) у датчику енергії. Значення SNR на вході приймача у i -го вторинного користувача визначається як

$$Y_i \cong \frac{E[|h_i|^2] \sigma_s^2}{\sigma_n^2}. \quad (2)$$

Існують два випадки моделі системи. У першому випадку передавач первинного користувача знаходиться далеко від когнітивної радіомережі, і, отже, у всіх вторинних користувачів на входах приймачів можуть бути прийняті приблизно однакові значення SNR. У другому випадку первинний користувач знаходиться недалеко від M вторинних користувачів, і у кожного користувача на вході приймача різне значення SNR, яке залежить від відстані до первинного користувача та умов каналу.

3. Локальний аналіз спектра.

Ефективність даної схеми аналізу спектра істотно обмежена каналом поширення радіохвиль. Як правило, втрати в радіоканалі можуть бути розділені на три групи: втрати на трасі, швидкі завмирання і повільні завмирання [5]. Втрати на трасі враховуються в отриманому значенні SNR в терміналі CR. Швидкі завмирання є випадковою зміною потужності сигналу на вході приймача CR і характеризуються релеєвським розподілом. Повільні завмирання – повільна зміна потужності прийнятого сигналу. Повільні завмирання часто моделюється як нормальний розподілений випадковий процес із стандартною девіацією, яка залежить від навколишнього середовища [7].

3.1. Аналіз спектра в каналі з AWGN. У виявленні енергії, заснованому на аналізі спектра, прийнята радіочастотна енергія в даному каналі або діапазоні частот W вимірюється за часовим інтервалом T для визначення наявності сигналу $S(t)$ первинного користувача.

Добуток ширини смуги на час – ціле число і позначається $N = TW$. Статистична величина U_i , розрахована для i -го користувача,

$$U_i = \sum_{k=1}^N \left| x_i \left(\frac{k}{W} \right) \right|^2, \quad (3)$$

U_i порівнюється із зумовленим порогом λ_i для отримання локального рішення

$$U_i \underset{H_0}{\overset{H_1}{>}} \lambda_i. \quad (4)$$

Вибір з двох альтернативних рішень позначається як D_i ; $D_i = 1$ при $U_i > \lambda_i$ та $D_i = 0$ у інших випадках. U_i – сума квадратів N гаусівських випадкових змінних [6]. U_i відповідає централізованому хі-квадратному розподілу із ступенем $2N$, згідно з гіпотезою H_0 , і децентралізованому хі-квадратному розподілу із ступенем $2N$ та параметру нецентрованості $2N Y_i$, згідно з гіпотезою H_1 . Тому щільність розподілу ймовірності випадкової змінної U_i , згідно з цими двома гіпотезами, може бути визначена як

$$f_{U_i}(U) = \begin{cases} \frac{U^{N-1} e^{-U/2}}{2^N \Gamma(N)}, & H_0, \\ \frac{1}{2} \left(\frac{U}{2N Y_i} \right)^{(N-1)/2} e^{-(U+2N Y_i)/2} I_{N-1}(\sqrt{2N U Y_i}), & H_1, \end{cases} \quad (5)$$

де $\Gamma(\cdot)$ – гамма-функція, а $I_{N-1}(\cdot)$ – змінена функція Бесселя першого вигляду.

Для i -го користувача ймовірність сигналу помилки $\Pr(H_1 | H_0)$ та виявлення $\Pr(H_1 | H_1)$ можуть бути отримані з (5) та подані як

$$P_f^i = \Pr\{U_i > \lambda_i | H_0\} = \frac{\Gamma(N, \lambda_i/2)}{\Gamma(N)}, \quad (6)$$

$$P_d^i = \Pr\{U_i > \lambda_i | H_1\} = Q_N(\sqrt{2NY_i}, \sqrt{\lambda_i}), \quad (7)$$

де $\Gamma(a, x)$ – неповна гамма-функція;

$Q_N(a, b)$ – узагальнена Q-функція Маркума.

Для спрощення (5) може бути побудована апроксимуюча модель для аналізу спектра. При N , який прагне до нескінченності (фактично, при $N \geq 10$ [6]), хі-квадратний розподіл, визначений в (5), сходиться до нормального розподілу, тобто

$$U_i \sim \begin{cases} N(N\sigma_i^2, 2N\sigma_i^4), & H_0 \\ N((N+Y_i)\sigma_i^2, 2(N+2Y_i)\sigma_i^4), & H_1 \end{cases}, \quad (8)$$

Так само P_f^i та P_d^i , визначені в (6) і (7), можуть бути апроксимовані як

$$P_f^i = Q\left(\frac{\lambda_i - E[U_i | H_0]}{\sqrt{\text{var}[U_i | H_0]}}\right) = Q\left(\frac{\lambda_i - N\sigma_i^2}{\sqrt{2N\sigma_i^2}}\right),$$

$$P_d^i = Q\left(\frac{\lambda_i - E[U_i | H_0]}{\sqrt{\text{var}[U_i | H_0]}}\right) = Q\left(\frac{\lambda_i - (N + \nu_i)\sigma_i^2}{\sqrt{2(N + 2\nu_i)\sigma_i^2}}\right), \quad (9)$$

де $E[\cdot]$ та $\text{var}[\cdot]$ позначають очікування і дисперсію відповідно.

3.2. Аналіз спектра в каналах із завмираннями. Коли вторинний користувач знаходиться в каналі із завмираннями, коефіцієнт підсилення каналу h_i для i -го користувача змінюється через завмирання, а P_d^i стає умовною ймовірністю, що залежить від миттєвого значення відношення сигнал/шум Y_i . Середня ймовірність виявлення може бути отримана, усереднюючи миттєве значення P_f^i за статистикою завмирань, де $f_V(x)$ – значення SNR на вході приймача.

$$P_{d, fading}^i = \int_V P_d^i(x) f_V(x) dx, \quad (10)$$

Якщо канал характеризується релесівськими завмираннями (Rayleigh fading), то Y_i розподілено експоненціально, а $\bar{Y}_i$ – його середнє значення. Якщо канал характеризується затінюваннями (Shadow fading), то Y_i – розподілено логнормально, з середнім значенням $\bar{Y}_i$, і характеризується дисперсією σ_{dB} [4]. Отже,

$$f_{V_i}(x) = \begin{cases} \frac{1}{x} \exp\left(-\frac{x}{\bar{Y}_i}\right); & \text{Rayleigh_Fading,} \\ \frac{\xi}{x\sigma_{dB}\sqrt{(2\pi)}} \exp\left(-\frac{10\log_{10}(x) - \mu_{x_{dB}}}{2\sigma_{dB}^2}\right); & \text{Shadow_Fading,} \end{cases} \quad (11)$$

де $\xi = 10/\ln(10)$; $\mu_{x_{dB}}$ – середнє з $x_{dB} = 10\ln(x)$.

Перетворення від лінійного середнього до середнього логарифмічного (в децибелах) може бути отримано як [7]

$$\mu_{x_{dB}} = 10\log_{10}(\bar{Y}_i) - \frac{\sigma_{dB}^2}{2\xi}, \quad (12)$$

Замінюючи (7) та (11) в (10), для каналу з релесівськими завмираннями середня ймовірність виявлення i -го користувача може бути обчислена як [4]

$$P_{d, rayl}^i = \int_V \frac{1}{x} Q_N(\sqrt{2N_x}, \sqrt{\lambda_i}) \exp\left(-\frac{x}{\bar{Y}_i}\right) dx$$

$$= e^{-\lambda_i/2} \sum_{n=0}^{N-2} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda_i}{2}\right)^n + \left(\frac{1 + \bar{Y}_i}{\bar{Y}_i}\right)^{N-1}$$

$$\times \left[e^{-\lambda_i/2(1+\bar{Y}_i)} - e^{-\lambda_i/2} \sum_{n=0}^{N-2} \frac{1}{n!} \frac{\lambda_i \bar{Y}_i}{2(1+\bar{Y}_i)} \right], \quad (13)$$

Для затінювань [7]

$$\begin{aligned}
 P_{d,shadow}^i &= \int_V Q_N(\sqrt{2Nx}, \sqrt{\lambda_i}) \frac{1}{x\sigma_{dB}\sqrt{2\pi}} \\
 &\times \exp\left(-\frac{10\log(x) - \mu_{X_{dB}}}{2\sigma_{dB}^2}\right) dx \\
 &= \frac{1}{\sigma_{dB}\sqrt{2\pi}} \sum_{x=x_0}^{x_f} Q_N(\sqrt{2Nx}, \sqrt{\lambda_i}) \\
 &\times \exp\left(-\frac{10\log(x) - \mu_{X_{dB}}}{2\sigma_{dB}^2}\right) \frac{\Delta x}{x},
 \end{aligned} \quad (14)$$

де Δx та x_f вибрані для мінімізації числової помилки апроксимації.

3.3. Результати моделювання. Ефективність локального аналізу спектра оцінюється використанням теоретичних результатів і результатів моделювання для побудови графіків функціональних характеристик приймача (графіки ROC – від англ. Receiver Operating Characteristic, графік залежності $P_m = 1 - Pd$ від P_f). У моделюванні ймовірність сигналу помилки

і помилки виявлення обчислюється порівнянням результатів аналізу спектра із зумовленим порогом. Передбачається, що $N = 5$. Рис. 3 ілюструє графіки ROC для локального аналізу спектра в каналі з AWGN, релесівськими завмираннями і затінюваннями при різних значеннях σ_{dB} . Для порівняння подано результати аналізу спектра в каналі з AWGN, результати моделювання перевірені порівнянням з аналітичними результатами. З рис. 3 видно, що релесівські завмирання і затінювання погіршують роботу аналізу спектра. Наприклад, у каналі з релесівськими завмираннями для досягнення $P_m < 10^{-1}$, де $P_m = 1 - Pd$, необхідно $P_f > 0.4$, що призводить до неефективного використання спектра, і навпаки. Так само з рис. 3 видно, що локальний аналіз спектра є важчим при затінюваннях, а із збільшенням завмирань (або σ_{dB}), робота датчика погіршується.

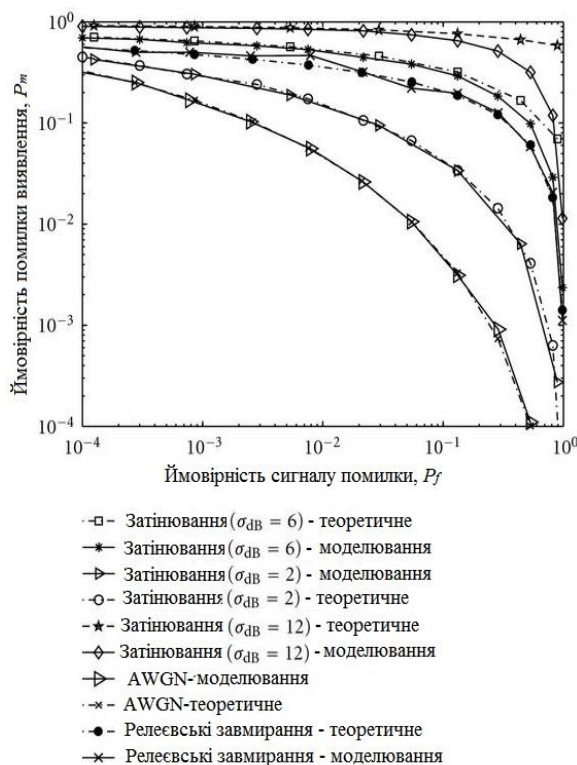


Рис. 2. ROC для локального аналізу спектра в каналах з релесівськими завмираннями і затінюваннями при $Y = 5\text{dB}$, $N = 5$

Іншим важливим показником, що характеризує ефективність аналізу спектра, є мінімальне значення SNR, яке можна виявити. Цей показник визначається як найнижче значення SNR, яке алгоритм моніторингу спектра здатний виявити з надійністю P_f та P_d для даного сигналу первинного користувача, умов поширення і часу спостереження. На рис. 3 подано

мінімальне значення SNR, що можна виявити, при різних умовах каналу для заданого $P_f = 10^{-1}$. З рис. 3 видно, що затінювання впливає на роботу датчика сильніше, ніж релеевські завмирання. Як показано на рис. 3, для досягнення $P_f = 10^{-1}$ у даному сценарії необхідне значення SNR – приблизно 10 дБ.

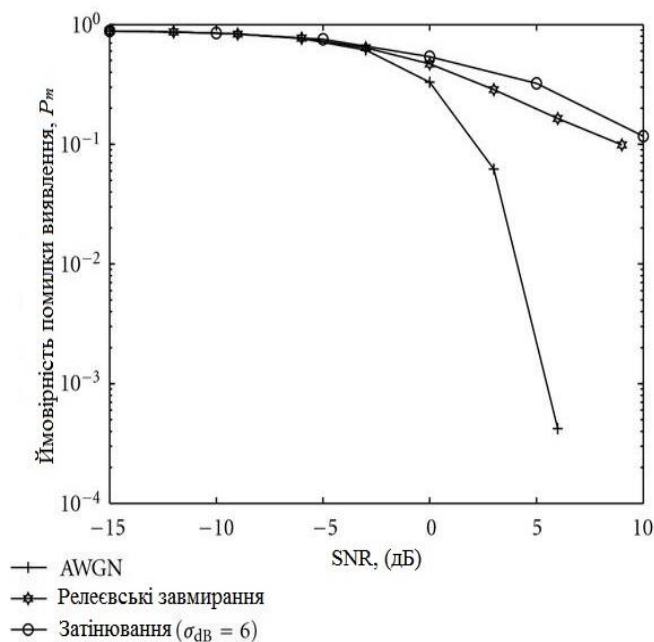


Рис. 3. Залежність ймовірності помилки виявлення від мінімального значення SNR, що можна виявити, в умовах затінювань, при $P_f = 10^{-1}$, $Y_{dB} = 5$, $N = 5$

Висновки. Розгортання когнітивних радіомереж головним чином залежить від здатності інтелектуальних терміналів точно виявити ліцензованих користувачів, і, отже, мінімізувати внутрішньосистемні завади. Тому моніторинг спектра є ключовою функціональною можливістю когнітивного радіо. Оскільки результати моніторингу єдиного когнітивного радіотерміналу не завжди достовірні, то взаємодія когнітивних приймачів підвищує рівень виявлення первинних користувачів. В даній статті були проаналізовані алгоритми оптимізації для комбінування жорстких та

м'яких рішень при спільному аналізі спектра. Для отримання оптимального правила комбінування центр комбінування повинен точно знати значення SNR у взаємодіючих користувачів, а також умови каналу. Був також проаналізований алгоритм зваженого спільного аналізу спектра, який покращує спільний аналіз з точки зору функціональних характеристик приймача. Результати моделювання показують, що проаналізовані алгоритми покращують роботу аналізу спектра з точки зору загальної ймовірності помилки виявлення.

Список використаних джерел

1. H. Urkowitz. Energy detection of unknown deterministic signals. – IEEE Proceedings. – 1967. – vol. 55. – no. 4. – pp. 523-531.
2. A. Ghasemi and E. S. Sousa. Opportunistic spectrum access in fading channels through collaborative sensing. – IEEE Journal of Communications. – 2007. – vol. 2. – no. 2. – pp. 71-81.
3. Cognitive Radio Definition,” Virginia Tech Cognitive Radio Work Group Wiki. Available Online: http://support.mprg.org/dokuwiki/doku.php?id=cognitive_radio:definition
4. F.F. Digham, M.S. Alouini, and M. K. Simon. On the energy detection of unknown signals over fading channels. – IEEE Transactions on Communications. – 2007. – vol. 55. – no.1. – pp. 21-24.
5. S. Haykin. Cognitive radio: brain-empowered wireless communications. – IEEE Journal on Selected Areas in Communications. – 2005. – vol. 23. – no. 2. – pp. 201-220.
6. P.K. Varshney. Distributed Detection and Data Fusion, Springer, Secaucus, NJ, USA, 1996.
7. A. Goldsmith, Wireless Communications, Cambridge University Press, New York, NY, USA, 2005.
8. I. Akyildiz, W.-Y. Lee, M. C. Vuran, and S. Mohanty. A survey on spectrum management in cognitive radio networks. – IEEE Communications Magazine. – 2008. – vol. 46. – no.4. – pp. 40-48.
9. F.E. Visser, G.J. M. Janssen, and P. Pawełczak. Multinode spectrum sensing based on energy detection for dynamic spectrum access in Proceedings of the 67th IEEE Vehicular Technology Conference (VTC '08), pp. 1394–1398, June 2008.
10. E. Visotsky, S. Kuffher, and R. Peterson. On collaborative detection of TV transmissions in support of dynamic spectrum sharing, in Proceedings of the 1st IEEE International Symposium on New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks (DySPAN '05), pp. 338–345, December 2005.
11. T. Weiss, J. Hillenbrand, and F. Jondral. A diversity approach for the detection of idle resources in spectrum pooling systems, in Proceedings of the 48th International Scientific Colloquium, pp. 37–38, September 2003.

Рецензент д-р техн. наук, професор С.І. Приходько

Лисечко Володимир Петрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортного зв'язку
Анохін Олег Леонідович, студент
Сопронюк Іван Іванович, аспірант
Підченко Олександр Іванович, студент.
Lysechko V.P., cand. of techn. sciences, Pidtchenko O.I., Anokhin O.L. , Sopronyuk I.I.

АВТОМАТИКА ТА КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РУХОМ ПОЇЗДІВ

УДК 656.25

АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ ЯК БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ТА БАГАТОКАНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Д-р техн. наук В.І. Мойсеєнко, С.М. Мельник

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ КАК МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ И МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Д-р техн. наук В.И. Моисеенко, С.Н. Мельник

RELIABILITY ANALYSIS OF MICROPROCESSOR CENTRALIZATION AS A MULTIFUNCTIONAL AND MULTI-SYSTEM

Dr. techn. science V.I. Moyseenko, S.N. Melnik

Проведено аналіз надійності мікропроцесорної централізації, як багатоканальної та багатофункціональної системи знаходження відмови.

Ключові слова: надійність, канал, функція, відмова, імовірність, технічна ефективність, працездатність, відмовостійкість.

Проведен анализ надежности микропроцессорной централизации, как многоканальной и многофункциональной системы нахождения отказа.

Ключевые слова: надежность, канал, функция, отказ, вероятность, техническая эффективность, работоспособность, отказоустойчивость.

A security of microprocessor-based centralization analysis is conducted, as a multichannel and multifunction system of being of refuse.

Keywords: reliability, channel function, failure probability, technical efficiency, performance, fault tolerance.

Вступ. Аналіз транспортних подій показує, що значна їх кількість пов'язана з втручанням людини, після відмови системи. Конструкція сучасних систем керування на базі мікропроцесорів [1,11] дозволяє виключити деякі відмови, що порушують експлуатаційний процес. Як відомо [2,6], безпека систем з багатоканальною структурою базується на незалежності відмов апаратних засобів. В системах з одноканальним технічним

забезпеченням необхідно знати ймовірність виникнення небезпечної помилки, яка вчасно не виявлена контрольною програмою. Досвід впровадження систем мікропроцесорної централізації (МПЦ) вказує на необхідність створення багатоканальних та багатофункціональних систем.

Постановка проблеми. Надійність є одним з найважливіших показників сучасної техніки. Прогрес, що призводить до появи сучасних мікропроцесорних систем,

повинен забезпечити більшу пропускну спроможність залізниці та безперебійну роботу пристроїв. Відомі роботи авторів [2,3], в яких розглядається питання надійності та безпечності елементів і систем МПЦ. Нормативними документами [4,5] регламентуються вимоги щодо показників надійності систем МПЦ. У той же час питання системного аналізу принципів структурної організації сучасних систем МПЦ досліджені недостатньо. Як правило, розглядаються окремі показники для конкретних структур.

Метою роботи є аналіз надійності мікропроцесорної централізації як багатофункціональної та багатоканальної системи.

Викладення основного матеріалу.

Для ідентифікації відмов багатоканальних та багатофункціональних систем вибирається деякий векторний процес $Bi..m(t)$, який описує їх поведінку відповідно до [7,10]

$$Bi..m(t) = \{Bij(t), i = 1, dj, j = 1, k\}, \quad (1)$$

де $Bij(t)$ – процес зміни параметра, що характеризує поведінку i -го каналу j -ї функції.

Після цього задаються межі працездатності по кожному каналу. Вихід одного або кількох процесів набору $Bij(t)$ за межі існуючих областей працездатності вважається відмовою.

Розглянемо більш докладно питання надійності мікропроцесорної централізації як багатофункціональної та багатоканальної системи. Будемо вважати, що кожна функція реалізується окремим програмним чи апаратним каналом тоді відмова функції рівнозначна відмові каналу.

Для кожного i -го каналу введемо подвійний процес $hi(\tau)$, де $hi(\tau) = 0$, якщо в момент τ i -й канал працездатний, і $hi(\tau) = 1$ у протилежному випадку. Тоді поведінку функції можна описати векторним процесом

$$B_{\Phi}(\tau): \Omega_{\Phi} = \{hi, i = 1, d\}, \quad (2)$$

де d – число каналів цієї функції.

Далі введемо проміжок Ω_{Φ} зміни процесу $B_{\Phi}(\tau): \Omega_{\Phi} = \{hi, i = 1, d\}$, де $hi = 0$ відповідає працездатному стану i -го каналу, $hi = 1$ – непрацездатному. Межі працездатності $\Omega_{\Phi 1} \dots \Omega_{\Phi}$ мають властивість

$$A_l = \{hi = 0, i = 1, d\} \quad (3)$$

резервування та інші межі – A_l , коли деякі канали можуть бути несправними. Таким чином, межою працездатності $\Omega_{\Phi 1} = UA_l$. Інколи як процес $B_{\Phi}(\tau)$ можна прийняти зміни сумарного числа непрацездатних каналів $\sum_{i=1}^d hi(\tau)$ незалежно від типу конкретного каналу. При цьому області $\Omega_{\Phi 1}$ відповідає деяка величина $d_{\text{доп}}$ – допустиме число непрацездатних каналів. Вхід процесу $B_{\Phi}(\tau)$ за межі області $\Omega_{\Phi 1}$, створений в окремих умовах експлуатації, назовемо відмовою функції.

Після повної відмови функції слідує регенерація властивостей вузлів або пристроїв, пов'язаних з виконанням цих функцій. Тоді потоком повних відмов функції при прийнятих раніше допущеннях також є альтернативний процес відновлення. Показниками надійності функції є параметр потоку повних, часткових або будь-яких відмов, ймовірність безвідмовної роботи за повними, частковими і будь-яким відмовами, середній час відновлення, коефіцієнт готовності.

Для знаходження значень ефективності і залежності наведених показників надійності між собою важливу роль відіграє число каналів R , зупиняючих роботу при одній відмові функції, особливо при групових відмовах, коли пристрої використовуються у різних каналах, тобто $R \geq 1$. За допомогою величини $\check{r} = MR$ знаходимо параметр потоку відмов каналу

$$q_{\text{кан}} = q_{\Phi} \check{r} / d, \quad (4)$$

де q_ϕ – параметр потоку всіх відмов функції.

Технічна ефективність і надійність функції характеризуються математичним очікуванням $MW_{\text{кан}}$ числа каналів, які не працюють через відмови в деякий момент τ . Нехай момент $\tau = 0$ відповідає ввімкненню функції. Уявимо, що тривалість роботи функцій різних каналів $\tau_1, \tau_2 - \tau'_1, \tau_3 - \tau'_2 \dots$,

(рисунок) мають однакову функцію розподілу $F_\phi(t)$ і не залежать від тривалості відновлення $\tau'_1 - \tau_1, \tau'_2 - \tau_2 \dots$. Уявимо, що вказані тривалості мають однакову функцію розподілу $F_{\text{пр}}(t)$ та не залежать від числа каналів, які відмовили. Відмітимо, що простій окремих каналів не приведе до простою інших функцій. При цьому число непрацюючих каналів є регенеруючим альтернативним процесом [10]

$$W_{\text{кан}} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } \tau_{0'i-1} \leq \tau < \tau_i; \\ Ri, & \text{якщо } \tau'_i \leq \tau < \tau'_{i+1} \ (i = 1, 2 \dots; \tau'_0 = 0), \end{cases} \quad (5)$$

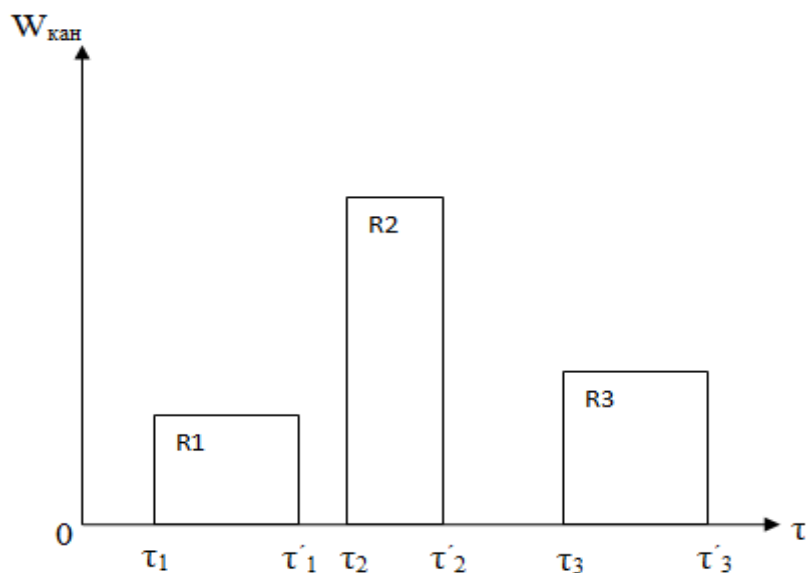


Рис. Число каналів простою через відмову функції

Величина $MW_{\text{кан}}$ у деякій мірі є технічним показником ефективності й характеризує зниження технічних показників ефективності через відмови.

Висновок. У результаті дослідження встановлено зв'язок між технічними та економічними показниками

функціонування багатоканальних і багатофункціональних мікропроцесорних систем керування на залізничному транспорті. Подальшим розвитком цього напрямку досліджень є деталізація та кількісна оцінка визначеної залежності.

Список використаних джерел

1. Мойсеєнко, В.І. Мікропроцесорні системи залізничної автоматики [Текст]: навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів / В.І. Мойсеєнко. – Харків: Регіон – інформ, 1999. – 147 с.

2. Ястребенецкий, М.А. Надежность технических средств в АСУ технологическими процессами [Текст] / М.А. Ястребенецкий. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 230 с.
3. Сапожников, В.В. О соотношении понятий надежности и безопасности [Текст] / В.В. Сапожников // Автоматика, телемеханика и связь. – 1992. – №7. – С. 18-20.
4. ДСТУ 4178-2003. Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів [Текст] / Функційна безпечність і надійність. Вимоги та методи випробувань. – К.: Держстандарт України, 2003. – 31 с.
5. ДСТУ 4151-2003. Комплекти технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів [Текст] / Електромагнітна сумісність. Вимоги та методи випробувань. – К.: Держстандарт України, 2003. – 15 с.
6. Александровская, Л.Н. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем [Текст]: учебник / Л.Н. Александровская, А.П. Афанасьев, А.А. Лисов. – М.: Логос, 2003. – С. 74-100.
7. Беляев, В.И. Теория сложных геосистем [Текст] / В.И. Беляев. – К.: Научная мысль, 1978. – 156 с.
8. ДСТУ 3433-96. Надійність техніки. Моделі відмов. Основні положення [Текст]. – К.: Видавництво стандартів, 1996. – 42 с.
9. Авдудевский, В.С. Надежность и эффективность в технике [Текст]: справочник. Т.3. Эффективность технических систем / В.С. Авдудевский; под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крюкова. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.
10. Аронов, И.З. Обеспечение безопасности сложных технических систем на примере энергоблоков атомных станций [Текст] / И.З. Аронов, Г.И. Грозовский, Г.В. Маливинский // Надежность и контроль качества. – 1994. – №5. – С.43-49.

Мойсеєнко Валентин Іванович, д-р техн. наук, професор.
Мельник Сергій Миколайович
Moyseenko V.I., dr. techn. science; Melnik S.N.

УДК 656.257

НАДІЙНІСТЬ СИСТЕМ ПЕРВИННОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

В.В. Матвєєва

НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ ПЕРВИЧНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

В.В. Матвеева

RELIABILITY OF PRIMARY SUPPLY OF RAILWAY AUTOMATICS

V.V. Matveeva

Проведено аналіз надійності пристроїв захисту систем електропостачання пристроїв залізничної автоматики з дослідженнями їх причин та пропозиціями щодо їх усунення.

Ключові слова: електроживлення пристроїв залізничної автоматики, надійність, обмежувач перенапруги.

Проведен анализ надежности устройств защиты систем электроснабжения устройств железнодорожной автоматики с исследованиями их причин и предложениями их устранения.

Ключевые слова: электропитание устройств железнодорожной автоматики, надежность, ограничитель перенапряжения.

Is carried out the analysis of the reliability of the devices of the protection of the systems of [elektrosnabzheniya] of the devices of railroad automation z by studies of their reasons and by the proposals of their elimination.

Keywords: yelektrozhyvlennya devices railway automation, reliability, limiting surge.

Вступ. За розподільними мережами 6-10 кВ здійснюється безпосереднє електропостачання споживачів, і від надійності їх роботи значною мірою залежить надійність електропостачання в цілому. Однією з головних причин аварій і порушень є грозові перенапруження на повітряних лініях (ВЛ), що викликають імпульсні перекриття і руйнування ізоляторів і призводять до дугових замикань, супутніх ушкодженням устаткування, відключенням ліній. Аварійні відключення ВЛ 6-10 кВ унаслідок грозових перенапружень складають до 40 % від загального числа їх відключень.

Постановка проблеми. У даній статті відмічено, що однією з головних причин випадків аварій і порушень є грозові перенапруження на повітряних лініях. При експлуатації електрифікованих залізниць на ізоляцію ліній електричних мереж, що живлять ці залізниці, та електрообладнання діє тривала робоча напруга, а також короточасні грозові і внутрішні перенапруги. У результаті ізоляція пошкоджується або відразу, або старіє і раніше гарантованого терміну виходить з ладу. При цьому не у всіх вузлах складної системи електропостачання (СЕР) електрифікованої залізниці передбачені системи захисту від зазначених перенапруг, а ті, що є, не відповідають вимогам надійності різних об'єктів залізниці. Це пов'язано з обмеженою пропускною спроможністю вентильних розрядників і недооцінкою небезпеки таких перенапруг для мереж сигналізації,

управління і блокування. Тому актуальним є вибір оптимального засобу обмеження перенапруг.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. Питанням захисту від перенапруг в електричних мережах присвячено достатньо публікацій [2, 4, 5, 7, 8]. Аналіз матеріалів цих робіт показує, що найбільш ефективним захистом від перенапруг є впровадження нових схем грозозахисту.

Мета роботи. Проаналізувати надійність систем первинного електропостачання систем залізничної автоматики.

Основний матеріал. Статистика відмов пристроїв електропостачання свідчить, що однією з головних причин порушень електропостачання є грозове перенапруження на повітряних лініях-до 40%, що викликають імпульсні перекриття і руйнування ізоляторів . Тому необхідно застосовувати пристрої захисту, які зменшують величину діючих перенапруг або повністю їх усувають. Заходи з грозозахисту електрообладнання електрифікованих залізниць передбачають захист підходів ліній до підстанцій (застосування грозозахисних тросів, зменшення опору заземлення опор і т. д.), самої підстанції від прямих ударів блискавки за допомогою вибору оптимального числа, місця установлення і висоти стержневих блискавковододів, а також захист від хвиль, що набігають з ліній, в основному за допомогою вентильних розрядників. Крім того, у

схемах грозозахисту підстанцій використовуються трубчасті і рокові розрядники. Захист мереж електрифікованих залізниць від внутрішніх перенапруг зводиться до схемних заходів, у ряді випадків – до встановлення дугогасних реакторів. Існуючі засоби і заходи щодо захисту від перенапруг забезпечують порівняно низькі показники надійності грозозахисту.

У той же час у пристроях електропостачання систем залізничної автоматики ефективності підвищення надійності підстанції можна досягти в результаті впровадження нових пристроїв захисту від перенапруг.

Використання обмежувачів перенапруги (ОПН) є найбільш ефективним захистом від перенапруги. ОПН встановлюється в безпосередній близькості від устаткування, що захищається, і діє як шунт для імпульсу перенапруги. Величина перенапруги зазвичай визначається в умовних одиницях «р.і.» (таблиця). Ця одиниця визначається, згідно роботи [7], за формулою

$$1p.i. = 2U_m/3,$$

де U_m - максимальне діюче значення лінійної напруги при нормальному режимі роботи мережі. Фактично напруга мережі зазвичай менше, ніж U_m .

Таблиця

Значення 1р.і. для різних значень U_m

U_m (кВ)	3.6	7.2	12	17.5	24	36	42
1 р.і.(кВ)	2.9	5.9	9.8	14.3	19.6	29.4	34.3

Грозові перенапруги виникають внаслідок атмосферних розрядів. Прямий удар блискавки викликає особливо потужні перенапруги з амплітудою до кількох мегавольт. Як правило, ці потужні імпульси не досягають обладнання, тому що ізолятори, встановлені на ЛЕП, перекриваються дугою, забезпечуючи тим самим природний захист від перенапруг. У мережі середньої напруги амплітуда, що залишається після того, як такі ізолятори перекриваються, може досягати значення до 10 р.і.

Удар блискавки в захисний трос ЛЕП також викликає перенапруження в проводах. Ці наведені перенапруги досягають амплітудних значень через кілька мікросекунд і потім швидко затухають. При цьому амплітудні значення в мережах середньої напруги досягають 10 р.і.

Грозові перенапруги являють найбільшу загрозу для мереж середньої напруги. Захист повинен бути побудований

таким чином, щоб обмежити перенапруги до безпечних для електрообладнання величин. У той же час вихід з ладу ОПН, наприклад від перевантаження, повинен викликати мінімум неминучих при цьому пошкоджень.

Оскільки ОПН не мають іскрових проміжків, блоки резисторів в них піддаються постійному впливу напруги мережі. В нормальних експлуатаційних умовах на ємнісний струм накладається дуже невелика активна складова несинусоїдальної форми. Ця активна складова створює втрати в ОПН, так що в підсумку температура ОПН незначно підвищується відносно температури навколишнього повітря.

Коли напруга підвищується, струм в резисторах і втрати швидко ростуть. Однак, завдяки своїй масі, ОПН не руйнується миттєво, а тільки нагрівається до певної міри. Якщо перенапруження короточасне, ОПН не буде пошкоджений. На рисунку показані характеристики стійкості ОПН в

залежності від тривалості впливу перенапруги. Нижня крива характерна для ОПН, які вже попередньо навантажені потужними імпульсами на додаток до чистого перенапруження з UTOV (у разі

ОПН на 5 кА і 10 кА Клас 1 з потужним імпульсом 4/10 мкс і амплітудою 65 кА або 100 кА). Друга, верхня крива, показує випадок, де на ОПН діє тільки імпульс перенапруги.

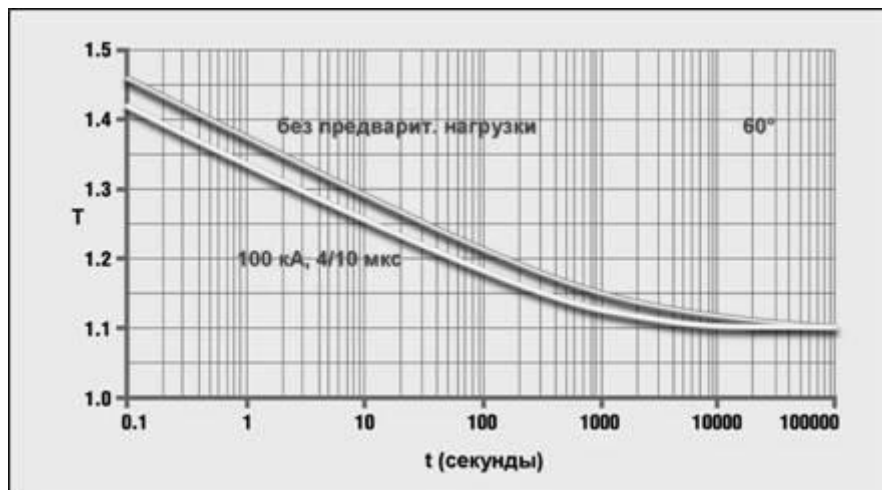


Рис. Характеристики стійкості ОПН в залежності від тривалості імпульсу перенапруги, TOV діаграма, ($T=UTOV, max/U_c$)

Значення характеристики подаються або в абсолютних одиницях, або ж по відношенню до робочої напруги ОПН U_c .

Наступний приклад пояснює використання діаграми: ОПН 10 кА, 1 Клас з U_c 6 кВ працює з напругою 6 кВ на його затискачах протягом невизначеного відрізка часу. В момент $t = 0$ відбувається розряд, і через ОПН проходить імпульс струму 100 кА формою 4/10 мкс. Відразу після розряду відбувається замикання на землю однієї фази, на непошкоджених фазах напруга зросла приблизно до 7.7 кВ ($T = 7,7/6,0 \gg 1.28$). Релейний захист мережі має витримку часу спрацьовування близько 3 секунд. Діаграма показує, що ОПН витримає цей імпульс перенапруги.

Затримка часу понад 3 секунди призвела б до того, що робоча точка знаходилася б вище нижньої кривої, що могло б призвести до термічного руйнування ОПН.

Висновок. Для надійного і безпечного функціонування рухомого і нерухомого складу залізниці насамперед необхідно забезпечити стабільну та безвідмовну роботу систем енергоживлення автоматики та телемеханіки. Для цього насамперед необхідно замінити старе обладнання пристроїв грозозахисту на сучасне та надійне. З отриманих результатів робимо висновок, що найбільш прийнятним способом захисту систем енергоживлення є впровадження нових обмежувачів перенапруг.

Список використаних джерел

1. Вентильные разрядники высокого напряжения [Текст] / Д.В. Шишман, А.И. Бронфман, В.И. Пружинина, В.П. Савельев. – Л.: Энергия, 1971.
2. Костенко, М.В. Грозозащита в районах с высоким удельным сопротивлением грунтов [Текст] / М.В. Костенко, Ю.М. Невретдинов, Ф.Х. Халилов. – Л.: Наука, 1982.
3. Сердинов, С.М. Повышение надежности устройств электроснабжения электрифицированных железных дорог [Текст] / С.М. Сердинов. – М.: Транспорт, 1985.

4. Техника высоких напряжений. Изоляция и перенапряжения в электрических системах [Текст] / под ред. В.П.Ларионова, В.В.Базуткина. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
5. Защита сетей 6 – 35 кВ от перенапряжений [Текст] / под ред. проф. Ф.Х. Халилова. – С.Пб.: Энергоатомиздат, 1998.
6. Егоров, В.В. Техника высоких напряжений. Перенапряжения в устройствах электрической тяги. Профилактические испытания изоляции [Текст] / В.В. Егоров. – М.: Маршрут, 2004.
7. Техніка і електрофізика високих напруг [Текст]: навч. посібник / за ред. В.О. Бржезицького, В.М. Михайлова. – Харків: НТУ «ХП»: Торнадо, 2005.
8. Акимов, А.И. Определение числа возникновения индуктивных перенапряжений в кабельных линиях [Текст] / А.И.Акимов, Ю.А. Акимова // Системи обробки інформації: зб. наук. праць Харк. ун-ту повітряних сил.– Харків: ХУПС, 2005. – Вип. 4 (44).
9. Делинг, А. Атмосферные перенапряжения и риск обнаружения ударов молний в линии контактной сети [Текст] / А. Делинг, Г. Бизенак, А. Шмидер // Совершенствование схем устройств электроснабжения транспорта и проектирование их конструкций: сб. науч. трудов. – Екатеринбург: Изд-во Урал.гос. ун-та путей сообщения, 2006. – Вип. 48 (131).

Рецензент д-р техн. наук, професор А.Б. Бойнік

Матвеева Вікторія Валеріївна, слухач групи МЗ-АТЗ-АКСУРП-Б-11,

Matveeva V.V.

УДК 692.478: 967.69

ВХІДНІ ФІЛЬТРИ УНІВЕРСАЛЬНИХ КОЛІЙНИХ ПРИЙМАЧІВ ТОНАЛЬНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ

Р.М. Писар, канд. техн. наук В.Ш. Хісматулін

ВХОДНЫЕ ФИЛЬТРЫ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ПУТЕВЫХ ПРИЕМНИКОВ ТОНАЛЬНОЙ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ

Р.М. Писарь, канд. техн. наук В.Ш. Хисматулин

INPUT FILTERS UNIVERSAL RECEIVER TONAL TRACK RAIL CIRCUITS

R.M Pysar, cand. of techn. sciences V.S Hismatulin

Розглянуто доцільні схеми вхідних фільтрів колійних приймачів тональних рейкових кіл, побудованих за прямим перетворенням та засупергетеродинним принципом. Встановлено, що при виборі проміжної частоти в межах 1200 – 1400 Гц вони можуть бути реалізовані як смугові фільтри, що розраховуються на базі фільтрів низьких та високих частот Чебишева або Баттерворта третього порядку.

Ключові слова: тональні рейкові кола, колійний приймач, пряме перетворення, супергетеродин, фільтр Чебишева, фільтр Баттерворта.

Рассмотрены целесообразные схемы входных фильтров путевых приемников тональных рельсовых цепей, построенных по схеме прямого преобразования и по супергетеродинному принципу. Установлено, что при выборе промежуточной частоты в пределах 1200 – 1400 Гц они могут быть реализованы как полосовые фильтры, которые рассчитываются на базе фильтров низких и высоких частот Чебышева или Баттерворта третьего порядка.

Ключевые слова: тональные рельсовые цепи, путевой приемник, прямое преобразование, супергетеродин, фильтр Чебышева, фильтр Баттерворта.

The expedient charts of entrance filters of the ground receivers of voice-frequency rail chains, built on superheterodyne principle are considered. It is set that at the choice of intermediate frequency within the limits of 1200 - 1400 Hz they can be realized as bandpass filters which settle accounts on the base of filters of low and high frequencies of Chebyshev or Butterworth of the third order.

Keywords: tone track circuits, track receiver, direct conversion superheterodyne, Chebyshev filter, Butterworth filter.

Зараз у складі апаратури ТРКЗ та ТРК4 блок колійного приймача має двадцять різновидів (виконань), які відрізняються несучою частотою і частотою модуляції робочого сигналу [1]. Велика кількість різновидів колійних приймачів обумовлена наявністю у їх складі вузькосмугових входних фільтрів. Відповідно до принципу побудови колійних приймачів як приймачів прямого підсилення, входні фільтри настраюються на одну з частот ТРК і у подальшому не можуть бути перестроєними. Саме тому й виникає необхідність у великій кількості різновидів колійних приймачів.

За вказаними причинами доцільно розглянути варіант побудови колійного приймача супергетеродинного типу або прямого перетворення [2]. У супергетеродинному приймачі настроювання на частоту f_c сигналу ТРК здійснюється встановленням частоти гетеродина f_2 , а проміжна частота $f_n = |f_c - f_2|$, на якій здійснюється фільтрація сигналів на частотах f_{ck} сусідніх каналів, не змінюється. Тому він може перенастроюватись на будь-яку частоту ТРК зміною частоти гетеродина f_2 без перестроювання входного фільтра.

Недоліком супергетеродинного принципу побудови є наявність дзеркального каналу приймання [2]. Частота дзеркального каналу приймання $f_{\partial k}$, на якій сигнал може проходити на вихід приймача, знаходиться на відстані від частоти f_c основного каналу, яка дорівнює подвійному значенню проміжної частоти:

$$|f_c - f_{\partial k}| = 2 f_n. \quad (1)$$

Заглушення дзеркального каналу приймання здійснюється у входному фільтрі. Вимоги до входного фільтра залежать від рівня завад на частотах $f_{\partial k}$. Якщо на частотах дзеркальних каналів відсутні сигнали тональних рейкових кіл та будь-які інші сигнали, то вимоги до вибірконості входних фільтрів будуть мінімальними. З цієї точки зору найбільш доцільне значення проміжної частоти знаходиться в межах від 1200 до 1500 Гц. Таке значення проміжної частоти також дозволяє побудувати достатньо прості фільтри зосередженої селекції на проміжній частоті.

На відміну від супергетеродинного приймача приймач прямого перетворення не має дзеркальних каналів приймання.

Тому відсутня необхідність у заглушенні бічних каналів. Однак з метою зменшення негативного впливу гармонік тягового струму також доцільно ввести смуговий фільтр, за допомогою якого виконується вказана функція.

Отже, відповідно до виразу (1), смуга перепускання вхідного фільтра може мати порядок 1000 Гц, а його схема може бути достатньо простою. Тому вхідний фільтр може бути виконаний як смуговий фільтр, що охоплює досить великий діапазон частот (рис. 1). Для коливних приймачів доцільно застосувати два окремі смугові

фільтри: один для частот 420-780 Гц, а інший для частот 4555-5555 Гц.

Для побудови смугового фільтра на LC-елементах застосовують схеми, амплітудно-частотні характеристики (АЧХ) яких апроксимують поліномами Чебишева, степеневими функціями Баттерворта та еліптичними функціями Кауера. Тип та необхідний порядок фільтра визначається заданим згасанням при припустимому значенні коефіцієнта нерівномірності АЧХ A_p .

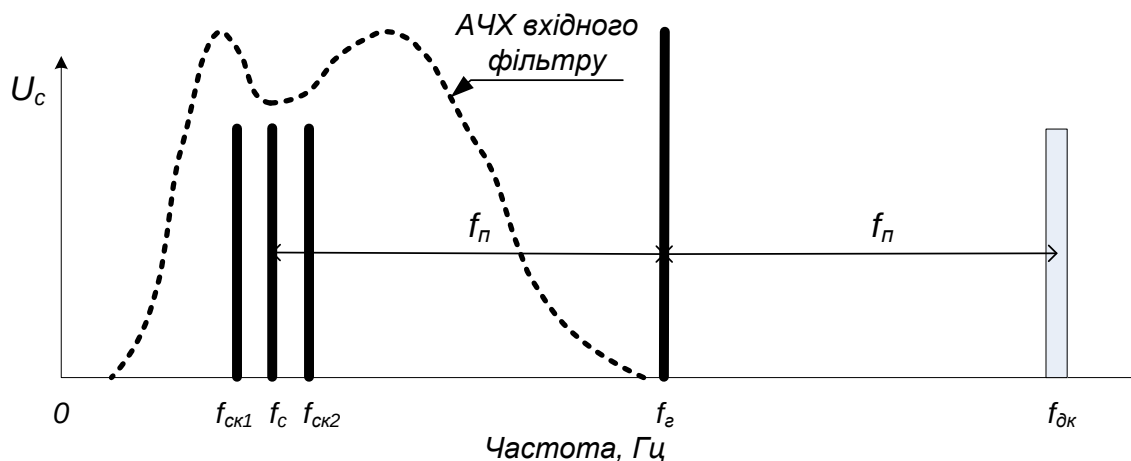


Рис. 1

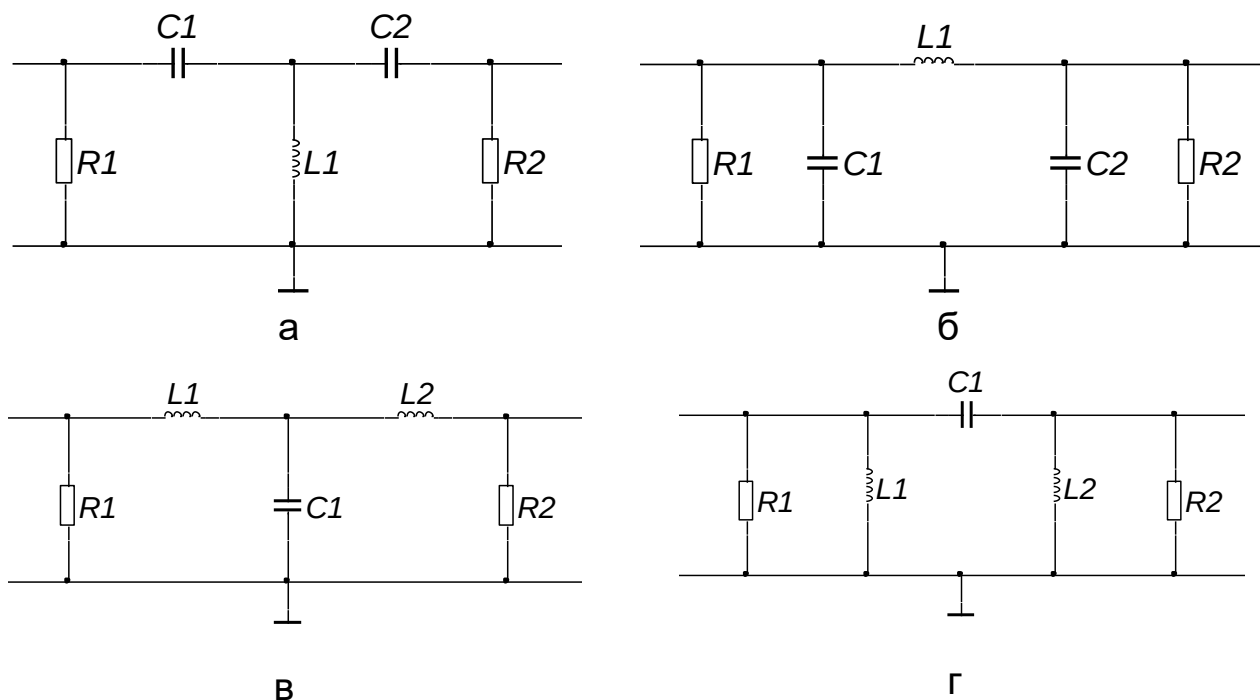
Найпростішими у реалізації є фільтри Чебишева та Баттерворта третього порядку. У фільтрів третього порядку спад АЧХ поза межами області прозорості дорівнює 18 дБ/октаву [3]. Якщо таке згасання є недостатнім, то додають додаткові ланки з двох елементів LC . Кількість ланок визначає порядок фільтра.

Типові схеми фільтрів верхніх та низьких частот Чебишева та Баттерворта третього порядку наведені на рис. 2. Тут $R1, R2$ — вхідний та вихідний опори фільтра. У випадках, коли смуга перепускання фільтра дорівнює або більше однієї октави, результуючий смуговий

фільтр будують як послідовне з'єднання відповідних ФНЧ та ФВЧ [3].

За методикою, що наведено у [3], проведено розрахунки фільтрів Чебишева та Баттерворта для вхідного та вихідного опорів $R1=R2=150$ Ом, частот зрізу фільтра ВЧ $f_{с1}=400$ Гц, фільтра НЧ $f_{с2}=800$ Гц. Вказані дані відповідають характеристикам коливних приймачів частотного діапазону 420-780 Гц [1].

За результатами розрахунків проведено моделювання фільтрів із застосуванням програмного середовища MULTISIM [4].



а – Т-фільтр верхніх частот; б – П-фільтр низьких частот;
в – Т-фільтр низьких частот; г – П-фільтр верхніх частот

Рис. 2

За результатами моделювання можна зробити такі **висновки**.

1. Амплітудно-частотна характеристика фільтра Чебишева є більш рівномірною.

2. Фільтр НЧ Баттерворта забезпечує більше згасання поза межами смуги пропускання. Так, на частоті 3580 Гц фільтр НЧ Баттерворта дає згасання – 26 дБ, а фільтр Чебишева – 23,7 дБ.

3. Фільтр ВЧ Чебишева забезпечує більше згасання поза межами смуги пропускання. Згасання – 20 дБ він забезпечує на частоті 149,2 Гц, а фільтр Баттерворта – на частоті 127,5 Гц.

Результуючий смуговий фільтр доцільно побудувати як послідовне з'єднання ФНЧ Баттерворта та ФВЧ Чебишева. Принципову схему вхідного фільтра для частот ТРКЗ наведено на рис. 3. На рис. 4 наведено результати

моделювання вхідного фільтра у програмному середовищі MULTISIM.

Проведемо аналіз отриманих результатів.

1. Вхідний фільтр має смугу пропускання від 250 до 1000 Гц, причому у межах частот 420 – 780 Гц нерівномірність АЧХ дорівнює 0,266 дБ.

2. При проміжній частоті 1400 Гц заглушення частот дзеркальних каналів приймання 3220-3580 Гц перевищує 25 дБ.

3. Заглушення сигналів з частотою до 50 Гц перевищує 50 дБ, з частотою до 75 Гц – 40 дБ, з частотою до 150 Гц – 20 дБ.

Таким чином, у колійному приймачі прямого перетворення та у приймачі супергетеродинного типу вхідний смуговий фільтр можна побудувати як послідовне з'єднання ФНЧ Баттерворта та ФВЧ Чебишева 3 порядку.

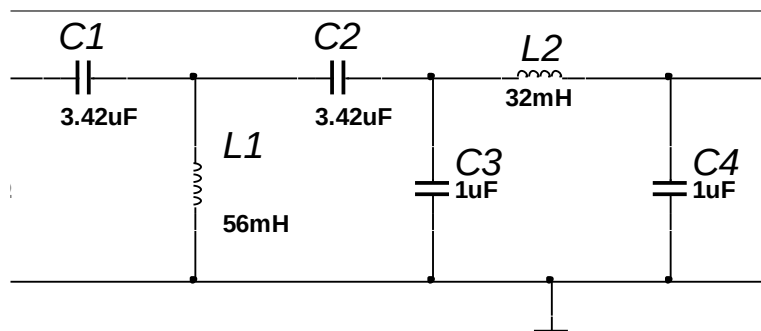


Рис. 3. Схема моделі вхідного фільтру в програмі Multisim

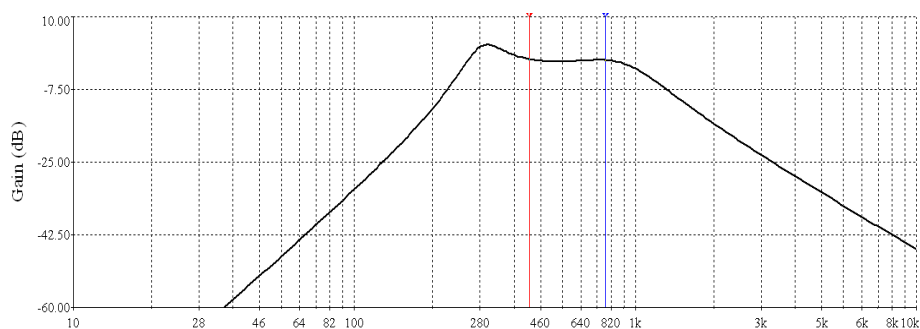


Рис. 4. Результати моделювання АЧХ вхідного фільтру

Список використаних джерел

1. Кулик, П.Д. Практичний посібник з технічного утримання апаратури тональних рейкових кіл [Текст] / П.Д. Кулик, О.О. Удовіков, В.І. Басов [та ін.]. – К.: Укрзалізниця, 2006. – 236 с.
2. Головин, О.В. Радиоприемные устройства [Текст] / О.В. Головин. – М.: Горячая линия-Телеком, 2002. – 368 с.
3. Ред, Э. Справочное пособие по высокочастотной схемотехнике [Текст] / Э. Ред. – М.: Мир, 1990. – 256 с.
4. Карлашук, С.В. Электронная лаборатория Electronics Workbench [Текст] / С.В. Карлашук. – СПб.: ПИТЕР, 2002. – 642 с.

Писар Романа Миколаївна, слухач групи МЗ-АТЗ-АКСУРП-Б-11.

Хісмагулін Володимир Шайдуллович, канд. техн. наук, професор, кафедра автоматизації та комп'ютерного телекерування рухом поїздів.

Pysar R.M., cand. of techn. sciences, prof. V.S. Hismatulin

УДК 681. 586. 73

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО КОНТРОЛЮ ПРИБОРІВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

Д-р техн. наук А.Б. Бойнік, С.В. Тетерук

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

Д-р техн. наук А.Б. Бойник, С.В. Тетерев

RESEARCH OPPORTUNITIES THERMAL CONTROL DEVICES RAILWAY AUTOMATICS

Doct. of techn. science A.B. Boynik, S.V. Teteruk

Проведено аналіз причин відмов пристроїв залізничної автоматики та дослідження способів їх діагностування методом тепловізійного контролю.

Ключові слова: тепловізійний контроль, пристрої залізничної автоматики, відмова, тепловізор, об'єкт контролю, температура, тепловізійне зображення.

Проведен анализ причин отказов устройств железнодорожной автоматики и исследование способов их диагностики методом тепловизионного контроля.

Ключевые слова: тепловизионный контроль, устройства железнодорожной автоматики, отказ, тепловизор, объект контроля, температура, тепловизионное изображение.

The analysis of the causes of failures of railway automation devices and research methods of their diagnosis by a thermal control.

Keywords: thermal control devices railway automatics, rejection, thermal, object control, temperature, Thermal Image.

Вступ. Працездатність пристроїв автоматики, телемеханіки та зв'язку на залізничному транспорті багато в чому визначається якістю вимірювань та застосуванням прогресивних методів обслуговування.

Результати вимірювань дозволяють виявити відхилення параметрів апаратури, що експлуатується, від встановлених норм і таким чином своєчасно вжити заходів для нормального її функціонування. Якщо врахувати, що пристрої автоматики, телемеханіки та зв'язку працюють у складних умовах, при яких необхідно забезпечити безпеку руху поїздів, то стає очевидним велике значення вимірювань параметрів розглянутих пристроїв.

Постановка проблем. В сучасних умовах економічного розвитку українських залізниць постає питання продовження терміну служби всього енергоємного обладнання, зокрема пристроїв залізничної автоматики (ЗА) і телемеханіки. Ті капіталовкладення, які здійснюються в теперішній час, є незначними і не вирішують загальної проблеми надійної експлуатації електрообладнання, яке в переважній більшості було введено в роботу ще в радянські часи.

Очевидно, що повне зняття з експлуатації електрообладнання, яке відпрацювало нормативний термін, неможливе, враховуючи те, що воно знаходиться в задовільному стані і може

працювати ще деякий час. З іншого боку, експлуатація такого обладнання є небезпечною і може мати важкі наслідки. Тому постає питання експлуатації електрообладнання за технічним станом, що передбачає здійснення його діагностування в процесі роботи.

Для діагностування електрообладнання застосовуються різні методи та засоби. Як показує досвід, не існує єдиних підходів до визначення технічного стану того чи іншого виду електрообладнання. В деяких випадках таке діагностування взагалі здійснити неможливо.

Мета роботи. Дослідження можливості тепловізійного контролю пристроїв ЗА та способів їх теплового діагностування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні існує велика кількість як вітчизняних, так і закордонних робіт, в яких розглядаються аспекти теорії, побудови і застосування різних видів пристроїв контролю нагрівання об'єктів. Відомо, що в багатьох випадках для визначення технічного стану електрообладнання його необхідно виводити з роботи. Аналіз робіт цієї тематики свідчить, що одним із підходів до діагностування електрообладнання, який особливо інтенсивно розвивається останніми роками, є застосування тепловізійних методів визначення технічного стану електрообладнання. Переваги такого підходу очевидні, оскільки тепловізійні методи придатні для виявлення дефектів будь-якого електрообладнання дистанційно та без виведення його з роботи.

Основний матеріал. У період з 2008 по 2012 роки у господарствах сигналізації та зв'язку було допущено 26540 відмов пристроїв ЗА.

В 2008 році кількість відмов пристроїв СЦБ склала 5547, що на 19,2 % менше, ніж у 2007. Кількість відмов у 2009 році склала 5177, тобто зменшилась на 6,7 % у порівнянні з 2008. Однак у 2010 році кількість відмов зросла на 16,2 %

по відношенню до показників 2009 року. За 2011 рік вдалося зменшити кількість відмов до 4837, тобто на 19,6 %. Кількість відмов за 2012 рік збільшилась на 2,6 % і склала 4963 випадки проти 4837 у порівнянні з 2011 роком [1-5].

Проте аналіз пошкоджень пристроїв СЦБ, які були віднесені за господарствами сигналізації та зв'язку, свідчить, що їх кількість не зменшилась.

У 2008 та 2009 роках кількість відмов пристроїв СЦБ у порівнянні з попередніми роками вдалося зменшити, а в 2010 році кількість відмов відносно 2009 року зросла на 7,5 %. Найбільша кількість відмов – на Придніпровській залізниці (358).

Протягом 2011 року кількість пошкоджень з вини господарства сигналізації та зв'язку зросла в порівнянні з 2010 роком на 5,8 % та склала 1515 відмов. При цьому найбільша кількість відмов – на Придніпровській залізниці (336).

Кількість відмов у 2012 році у порівнянні з 2011 роком збільшилась на 2,4 % і склала 1552 проти 1515. Найбільше відмов допущено на Придніпровській залізниці (342) [5].

Аналіз відмов пристроїв СЦБ, віднесених за господарством сигналізації та зв'язку, у 2012 році свідчить, що основними об'єктами відмов пристроїв СЦБ є:

1) вихід з ладу реле, блоків, трансформаторів, випрямлячів, безконтактної апаратури, пристроїв захисту. Основні причини відмов апаратури – вихід з ладу резисторів, напівпровідникових елементів, конденсаторів, обрив обмоток;

2) несправність в релейних шафах, на стативах, в колійних коробках. Основні причини відмов: втрата контакту в рознімачах, неякісне паяння, несправність штепсельних плат;

3) порушення роботи рейкових кіл. Основні причини відмов у рейкових колах – обрив дросельних перемичок і з'єднувачів;

4) порушення роботи кабельних ліній. Основні причини відмов кабельних ліній – обрив, пошкодження кабелів при виконанні робіт;

5) несправність стрілочних електроприводів, гарнітури, замків Мелентьєва.

Основними причинами відмов пристроїв СЦБ (таблиця) є:

1) експлуатаційні – 1322 відмови, або 85,2 % від усіх відмов (найбільша

кількість таких відмов на Одеській залізниці – 243 відмови);

2) відмови з інших причин – 230 відмов, або 14,8 % від усіх відмов (найбільше таких відмов на Південно-Західній залізниці – 51 відмова).

При цьому з вини обслуговуючого персоналу сталося 830 відмов.

Таблиця

Співвідношення відмов пристроїв СЦБ за причинами у 2012 році

Причини відмов	Кількість відмов, %
Основні:	
- порушення технології виконання робіт при ТО та ремонті пристроїв СЦБ;	53,5
- вихід з ладу приладів, пристроїв через фізичне старіння;	18,4
- неякісний ремонт та перевірка приладів у РТД СЦБ;	4,6
- причина не виявлена	7,2
Інші:	
- вплив грозових та комутаційних перенапруг;	9,2
- конструктивно-заводський недолік	4,5

У 2012 році середній час усунення відмов пристроїв СЦБ, віднесених за дистанціями сигналізації та зв'язку, склав 1 год 26 хв проти 1 год 25 хв у порівнянні з 2011 роком. Найбільший середній час усунення відмов на Південно-Західній залізниці – 1 год 40 хв, а найменший серед-

ній час усунення відмов на Одеській залізниці – 1 год 11 хв, що говорить про необхідність удосконалення системи ТО [5].

Співвідношення загальної кількості відмов пристроїв СЦБ до кількості відмов з причини теплового перегрівання наведено на рис. 1.

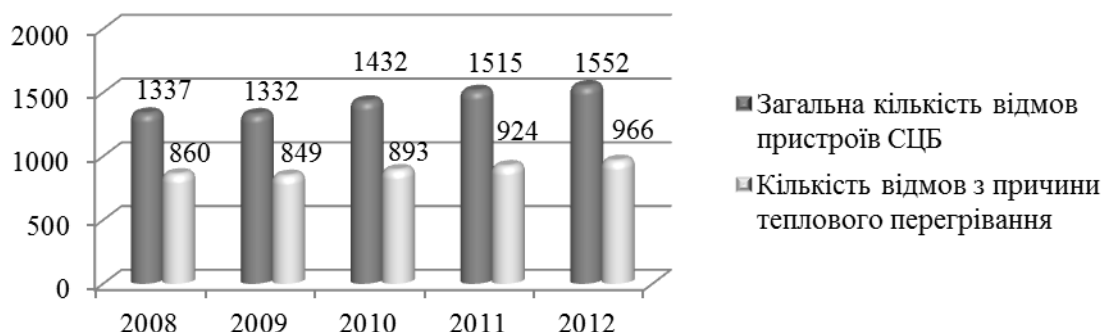


Рис. 1. Співвідношення загальної кількості відмов пристроїв СЦБ до кількості відмов з причини теплового перегрівання за період 2008-2012 років

Основні причини теплового нагрівання такі: зменшення опору ізоляції електричних кіл, перевищення амплітуди робочих струмів, збільшення перехідного опору контактів реле і перемикачів, зміна параметрів напівпровідникових елементів і т.д.

Для виявлення та попередження відмов пристроїв ЗА слід використовувати метод тепловізійного діагностування. Це найсучасніший, високоефективний і перспективний напрямок у діагностиці станів і властивостей різноманітних об'єктів. Тепловізор служить для приймання сигналів в інфрачервоній (ІЧ) області спектра (теплове випромінювання) і перетворення їх у видимі зображення.

Специфіка методу полягає в його універсальності, яка обумовлена тим фактом, що інформативним якісним параметром досліджуваних об'єктів є температура. Температура служить невід'ємним індикатором роботи технічних установок і складних систем, а також

характеризує структурні та теплові процеси в конструкційних матеріалах. Розшифровка температурних розподілів надає інформацію про різноманітні процеси, що протікають в об'єктах контролю.

Нескануючі тепловізійні системи засновані на використанні багатоеlementних приймачів випромінювання, так званих “спостерігаючих” матриць, тобто матриць, число елементів яких дозволяє сформувати повноформатний телевізійний кадр з хорошим просторовим розділенням. У цих тепловізійних системах відсутні механічні вузли сканування. Більшість сучасних тепловізійних приладів побудовано за цим принципом, і у зв'язку з успіхами в технології виробництва матричних приймачів випромінювання не тільки не поступається, але навіть перевершує прилади з механічним скануванням за споживчими властивостями. На рис. 2 подана узагальнена функціональна схема тепловізора з фокальною ІЧ матрицею.

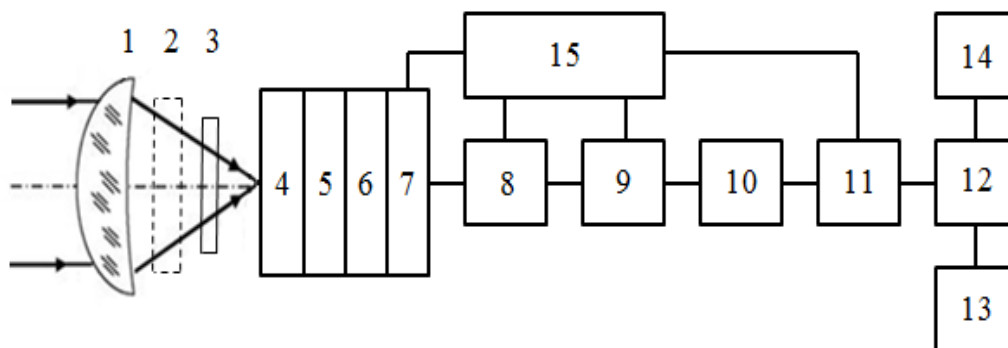


Рис. 2. Функціональна схема тепловізора на “спостерігаючій” матриці

Основні елементи тепловізора: 1 – об'єктів, 2 – почорнений затвор, 3 – фільтр, 4 – детекторна матриця, 5 – попередні підсилювачі, 6 – інтегратори, 7 – мультиплексор, 8 – аналоговий коректор неоднорідності сигналів чарунок, 9 – аналого-цифровий перетворювач, 10 – цифровий коректор неоднорідності, 11 – коректор непрацюючих чарунок, 12 – формувач

зображення, 13 – дисплей, 14 – цифровий вихід, 15 – тактовий генератор.

Принцип роботи тепловізора можна описати наступним. ІЧ випромінювання від нагрітих об'єктів спостереження та фонів проходить через атмосферу і потрапляє в оптичну систему приладу. Об'єктів 1 формує на фоточутливій матриці 4 зображення об'єкта, випромінювання якого проходить через інтерференційний фільтр

3. Фотострум кожного чутливого елемента детекторної матриці 4 посилюється передпідсилювачем 5 і накопичується протягом кадру в інтеграторі (ємності) 6, який виконує роль низькочастотного фільтра, а потім надходить на мультимплексор 7. Ці елементи матриці виготовляють в інтегральному виконанні в одному блоці і розміщують при охолодженні в кріостаті. Далі слідує комп'ютерна обробка сигналів, які спочатку направляються в неохолоджувану аналогову схему обробки 8, де відбувається попередня корекція неоднорідності чутливості, фонового і темнового струмів осередків матриці. Потім аналогові сигнали перетворюються в цифрові 9 і надходять в цифрову схему коригування 10. Після цього віднімають непрацюючі чарунки 11, замінюють сигнал на місці непрацюючої

чарунки інтерпольованим між прилеглими осередками і направляють в блок формування зображення 12. На виході інформація виводиться на дисплей 13, а також видається в цифровому вигляді 14 [7].

Важливою функцією теловізорів є моделювання тепловізійних зображень. Аналіз поляризації тепловізійних зображень об'єктів показав, що матеріал, з якого виконаний досліджуваний об'єкт, впливає на яскравість поляризаційних зображень. Як наслідок, необхідно враховувати вплив оптичних властивостей поверхні досліджуваних об'єктів на значення кута для всіх елементів поляризаційних термограм (рис. 3).

Метод моделювання тепловізійних зображень, рівень відеосигналів у яких визначається виразом (1), дозволяє розпізнати об'єкти усередині їх контуру [10].

$$U(N, L) = \left(\frac{1}{\pi}\right) \cdot \varepsilon(\psi) \cdot \omega \cdot \cos\psi(N, L) dS(N, L) \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} S_{\lambda} \cdot W(\lambda, T, y, z) \cdot \tau_o(\lambda) \cdot \tau_a(\lambda) d\lambda, \quad (1)$$

де ω – передній апертурний кут системи-приймача теловізора;

ψ – кут між нормаллю до елемента $dS(N, L)$ поверхні об'єкта і напрямом спостереження;

$W(\lambda, T, y, z)$ – спектральна світимість елемента $dS(N, L)$ поверхні об'єкта, що має абсолютну температуру T ;

$\varepsilon(\psi)$ – індикатриса спектрального коефіцієнта випромінювання поверхні об'єкта;

S_{λ} – абсолютна спектральна чутливість приймача випромінювання теловізора;

λ_1, λ_2 – межі спектральної чутливості приймача випромінювання;

$\tau_o(\lambda), \tau_a(\lambda)$ – спектральний коефіцієнт пропускання оптичної системи і шару атмосфери;

y, z – координати елемента $dS(N, L)$ поверхні об'єкта у просторі предметів.

Актуальним також є вирішення проблеми виявлення об'єктів на слабко контрастних тепловізійних зображеннях. Проблеми виявлення об'єктів виникають внаслідок потенційно слабкої їх контрастності, низького рівня помітності і наявності шумів. Обробка зображень проводиться в реальному масштабі часу. Основними способами обробки зображень є алгоритми цифрового шумозаглушення, накопичення сигналів, підвищення контрастності, сегментації, підкреслення меж тощо.

Вірогідність правильного виявлення сигналу об'єкта на фоні шумів визначається як [10]:

$$F = \int_{u_0}^{\infty} u \cdot I_0(qu) \cdot e^{-(u^2+q^2)/2} du. \quad (2)$$

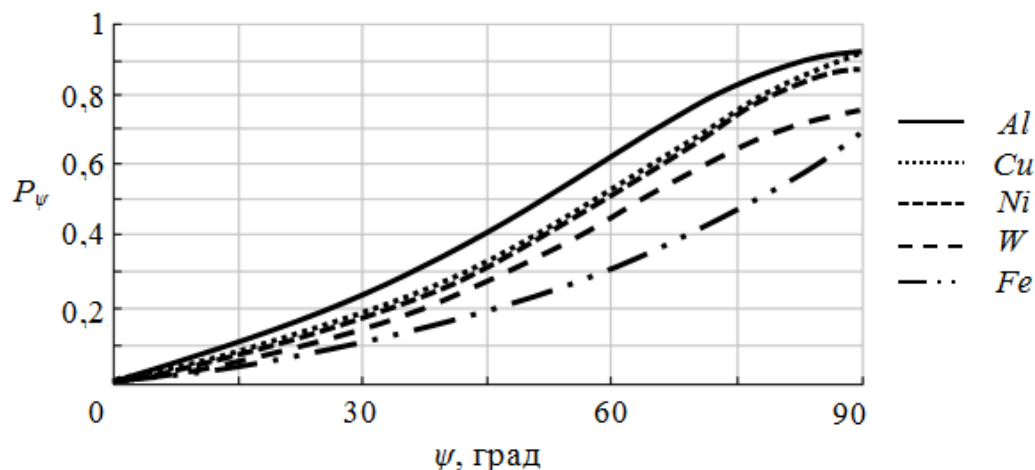


Рис. 3. Залежність ступеня поляризації P_ψ від кута ψ власного випромінювання для металевих об'єктів

Дослідження тепловізійного контролю в режимі ручного використання свідчить про те, що існують певні недоліки, характерні для більшості відомих методів контролю, а саме “людський фактор”. Вони знижують достовірність, об'єктивність і продуктивність результатів контролю, а оскільки об'єкти електрообладнання контролюються в комплексі (до декількох сотень об'єктів одночасно), то завдання підвищення достовірності з одночасним збільшенням продуктивності та об'єктивності контролю виходить на перше місце.

У зв'язку з цим, доцільно використовувати метод автоматизованого процесу теплового контролю електроустаткування. Одним з основних етапів контролю є автоматичне виявлення потенційно небезпечних ділянок у великому масиві аналізованих об'єктів, їх вибірка, ідентифікація та класифікація. Для елемента, що діагностується, залежно від його типу, технічних особливостей та режиму роботи визначається оптимальне порогове значення (знаходження мінімуму, який відповідає оптимальному положенню порогу), тобто розмежовуються якісні та аномальні зони.

На наступному етапі відбувається зіставлення передбачуваних дефектів

(аномальних зон) з еталонними зразками дефектів шляхом порівняння термограм по контрольних точках або областях з подальшим аналізом за відомими критеріями дефектності.

У результаті автоматизованого контролю виключаються помилки обслуговуючого персоналу, зменшується періодичність контролю устаткування, з'являється можливість прогнозування станів контрольованих пристроїв, а також пожежної безпеки приміщення.

Висновок. Традиційні методи контролю електроустаткування, як правило, орієнтовані на необхідність тимчасового виведення його з роботи. На відміну від них тепловізійна діагностика дозволяє виконувати поелементну, а також загальну оцінку технічного стану електрообладнання в процесі його роботи, виявляти велику кількість дефектів на ранній стадії їх розвитку, а також визначати прийнятні експлуатаційні обмеження, що перешкоджають розвитку дефектів.

Результати досліджень свідчать, що за пристроями ЗА необхідно вести постійне спостереження, що стає можливим при використанні автоматизованого способу контролю нагрівання.

Список використаних джерел

1. Аналіз експлуатаційної роботи господарств галузі автоматики, телемеханіки та зв'язку Укрзалізниці за 2008 рік [Текст] / Державна адміністрація залізничного транспорту України. – К., 2009. – 63 с.
2. Аналіз експлуатаційної роботи господарств галузі автоматики, телемеханіки та зв'язку Укрзалізниці за 2009 рік [Текст] / Державна адміністрація залізничного транспорту України. – К., 2010. – 64 с.
3. Аналіз експлуатаційної роботи господарств галузі автоматики, телемеханіки та зв'язку Укрзалізниці за 2010 рік [Текст] / Державна адміністрація залізничного транспорту України. – К., 2011. – 65 с.
4. Аналіз експлуатаційної роботи господарств галузі автоматики, телемеханіки та зв'язку Укрзалізниці за 2011 рік [Текст] / Державна адміністрація залізничного транспорту України. – К., 2012. – 62 с.
5. Аналіз експлуатаційної роботи господарств галузі автоматики, телемеханіки та зв'язку Укрзалізниці за 2012 рік [Текст] / Державна адміністрація залізничного транспорту України. – К., 2013. – 71 с.
6. Бойник, А.Б. Диагностирование и прогнозирование состояния систем железнодорожной автоматики [Текст] / А.Б. Бойник; Заліз. трансп. України. – 2002. – № 4. – С. 2-7.
7. Афонин, А.В. Основы инфракрасной термографии [Текст] / А.В. Афонин, Р.К. Ньюпорт, В.С. Поляков [и др.] // ПЭИПК. – СПб., 2004. – 240 с.
8. Тымкул, О.В. Методика определения объемной формы объектов на основе поляризационной комбинированной термограммы [Текст] / О.В. Тымкул, В.М. Тымкул, О.К. Ушаков // Оптический журнал. – 1999. – Т. 66. – № 2. – С. 54–59.
9. Выров, В.Б. Современные методы обработки сигналов [Текст] / В.Б. Выров, Ф.Н. Бузылёв, А.В. Герасимов [и др.] // Нелинейный мир. – 2010. – Т. 8, № 5. – С. 432-435.
10. Мисюк, Ю.П. Підвищення якості зображень тепловізійних засобів візуального спостереження охорони державного кордону [Текст] / Ю.П. Мисюк // Світлотехніка та теплоенергетика: наук.-техн. зб. – К.: НДІ ДПСУ, 2012.
11. Тарасов, В.В. Инфракрасные системы «смотрящего» типа [Текст] / В.В. Тарасов, Ю.Г. Якушенков // Логос. – М., 2004. – 444 с.

Бойник Анатолій Борисович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів

Тетерук Сергій Вікторович, слухач групи МЗ-АТЗ-АКСУРП-Б-11, ХЦПО, начальник сектору інформаційних технологій

Boynik A.B., doct. of techn. science, Teteruk S.V.

УДК 681.5

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

Д-р техн. наук В.І. Мойсєєнко, Б.В. Чегодаєв

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ

Д-р техн. наук В.И. Мойсееenko, Б.В. Чегодаев

MODERNIZATION OF TECHNICAL RAILWAY AUTOMATICS SWITCHYARD

Doct. of techn. science V.I. Moyseyenko, B.V. Chehodayev

У статті надані результати аналізу технічних засобів існуючих систем гіркової централізації та можливість застосування розподілених мікропроцесорних систем у сучасних умовах технічного розвитку. Наводиться порівняльна характеристика сучасних закордонних систем гіркової автоматизації та структурна схема мікропроцесорної гіркової централізації для однієї із сортувальних станцій.

Ключові слова: сортувальна гірка, системи гіркової автоматизації, автоматичне регулювання швидкості скочування відцепів, гіркова централізація, мікропроцесорні системи гіркової централізації

В статье представлены результаты анализа технических средств существующих систем горочной централизации и возможность использования распределенных микропроцессорных систем в современных условиях технического развития. Приводится сравнительная характеристика современных зарубежных систем горочной автоматизации и структурная схема микропроцессорной горочной централизации для одной из сортировочных станций.

Ключевые слова: сортировочная горка, системы горочной автоматизации, автоматическое регулирование скорости скатывания отцепов, горочная централизация, микропроцессорные системы горочной централизации.

Results of the analysis of technical means of existing systems of hump centralization and possibility of use of the distributed microprocessor systems are presented in article in modern conditions of technical development. The comparative characteristic of modern foreign systems of hump automation and the block diagram of microprocessor hump centralization for one of sorting stations is provided.

Keywords: screening bitter hirkovoyi automation systems, automatic speed control slide Unhook, hirkova centralization, centralization of microprocessor systems hirkovoyi.

Постановка проблеми. Для виконання об'ємних і якісних показників перевезень необхідно постійно удосконалювати функціональні принципи і механізми керування, усувати перешкоди

просуванню поїздопотоків на міжзалізничних стиках. Механізмом, який дозволяє швидко і якісно зробити перерозподіл потоку вагонів, є сортувальна

станція, а саме одна із найважливіших її складових частин – сортувальна гірка.

На теперішній час значна кількість гіркового обладнання має граничні до допустимих норм показники зношеності, більшість експлуатується понад 30 років і потребує значних коштів для проведення ремонту. Причин зносу гіркового обладнання дуже багато – це як фізичний знос понад 70 %, так і моральний. Другий фактор не менш важливий, так як не дозволяє у повній мірі розкрити потенціал сортувального процесу. Тому тема роботи є актуальною.

Аналіз досліджень та публікацій. У літературі [1,2,3,4,5,6,7,8] розглядаються мікропроцесорні гіркові системи як вітчизняних виробників, так і закордонних, їх функціональні, технічні можливості та проблеми, зв'язані з їх ремонтом та обслуговуванням.

У США та Канаді ринок гіркової залізничної автоматики в 90-ті роки міцно втримується багатопрофільною корпорацією GE. Її підрозділ GE Transportation розробив систему Proyard, що була розрахована на сортувальні гірки із двома гальмовими позиціями, тим самим забезпечивши потреби в нових системах автоматизації для Північної Америки (США та Канади). Розглянемо систему *Proyard II* компанії *General Electric (GE) Transportation (США)*, уявляючи її як автоматизовану систему керування [2]. Відразу ж після вдалого впровадження системи, заснованої на процесорах 386 серії, та у міру швидкого розвитку мікропроцесорного встаткування була створена модифікація системи, що одержала назву Proyard II [2].

Система Proyard II складається з резервованого контролера, що здійснює розрахунок алгоритмів. У АРМі чергового (Yardmaster) відображається і коректується сортувальний листок, що надходить від станційного центра керування. Система управляє стрілками на сортувальній гірці (тобто маршрутами руху відчеплень),

уповільнювачами I та II гальмівної позиції ГП (функції APC) [2].

На основі мікропроцесорів фірмою "Saxbi" (Франція) розроблена система автоматизації гірок, що реалізує функції керування стрілками та регулювання швидкостей скочування відчеплень по двох гальмових позиціях (ГП) [2, 3].

В основу функціонування системи покладений принцип "попадання у мету". По мірі скочування відчеплення в п'ятьох контрольних зонах за допомогою колійних датчиків фіксуються швидкості руху, які рівняються зі значеннями розрахованих швидкостей.

Система фірми "Saxbi" має кілька модифікацій. Одним з таких варіантів є керування однією ГП із установленням по всіх коліях підгіркового парку з ухилом гідравлічних гвинтових уповільнювачів фірми AS EA (Швеція).

Гіркові системи фірми "Saxbi" широко експлуатувалися в XX столітті на 54 сортувальних гірках Франції, у Габоні, Марокко, Алжирі, Тунісі, Єгипті, Камеруні, Бельгії (сім гірок), Люксембурзі, Іспанії, Пакистані, Фінляндії, Болгарії (Пловдив, Подуяне, Горно-Оряховица) та ін. [2, 3].

У Російській Федерації та у Республіці Беларусь широкого розповсюдження набула мікропроцесорна система автоматизації гіркових процесів *ГЦ-АРС ГТСС*. Уперше її дослідний зразок впроваджений у Беларусі на сортувальній гірці станції Могильов. У цей час вона функціонує також на сортувальній гірці станції Молодечно в Беларусі для сортувальних гірок станцій Мінськ (пуск в 2006 р.), Калинковичи (пуск в 2007 р.) у Республіці Беларусь і на станції Мууга в Естонській республіці – Європейський Союз.

Система *ГЦ-АРС ГТСС* містить у собі засіб обчислювальної техніки, її сполучення із пристроями СЦБ, мережеве комунікаційне спеціалізоване встаткування. Система управляє розформуванням складу в програмному режимі, коли сортувальний

листок завантажується в АРМ чергового по сортувальній гірці з інформаційно-плануючого рівня станції та коректується (за необхідності) для подальшої реалізації, або в маршрутному режимі, при якому не забезпечується автоматичне одержання сортувального листка. У цьому випадку вручну вводиться інформація про стан об'єктів, коректуються та накопичуються маршрути, а також автоматично коректується заданий маршрут для наступного відчеплення при розпуску. По закінченні розпуску автоматично видається протокол з контролем реалізації введеного сортувального листка, режиму функціонування системи, основних параметрів розформованих відчеплень,

їхніх швидкостей і вільності паркових колій. При неавтоматизованому розпуску оперативний працівник приймає на себе функції керування розпуском [3].

Система спроектована за модульним принципом з використанням спеціалізованого стандартного встаткування та мережевої інформаційної взаємодії. Система забезпечує зв'язок з будь-якою необхідною суміжною системою, реалізованою в мережевій структурі, зокрема із системами, що входять у комплексну систему автоматизації сортувальної станції. Зв'язок здійснюється за допомогою спеціалізованого міжмережевого шлюзу. На основі аналізу складена порівняльна таблиця.

Таблиця

Порівняльна характеристика систем гіркової автоматизації

Система гіркової центра-лізації	Параметр системи							
	Кількість перероблених вагонів	Кількість колій насування	Кількість ГП	Кількість колій у сортувальному парку	Кількість реле на 1 стрілку	Наявність функції АРС	Вагопівні пристрої, лічильники вісей	Країни встановлення системи
Proyard II компанії General Electric (GE)	4000-5000	1-2	2	60-70	- (мікро-процесорний блок)	так	так	США, Канада
"Saxbi" (Франція)	5000-6000	1-2	2	60-70	-	так	так (близько 90 на 1 пучок)	Франція, Марокко, Алжир, Туніс, Єгипет, Камерун, Бельгія (7 гірок), Люксембург, Іспанія, Пакистан, Фінляндія, Болгарія
ГАЦ-АРС ГТСС	≥5000	1-3	3	до 64	≈20	так	так	Російська Федерація та Республіка Беларусь

За таблицею можливо зробити висновок, що доцільніше впроваджувати системи, які зовсім виключають застосування релейної техніки. Але слід брати до уваги і проблему обслуговування систем закордонного виробництва. Насамперед необхідно навчання обслуговуючого персоналу і розміщення базового комплексу програмного та інтерфейсного забезпечення безпосередньо на об'єкті впровадження даної системи.

Основний матеріал. На Донецькій залізниці 10 механізованих гірок, із яких вісім обладнані гірковою автоматичною централізацією, введені у експлуатацію на початку 80-х років. Аналіз гіркових систем показує, що застосування ГАЦ блочного чи релейного типу на великих станціях, таких як Ясинувата, Красний Лиман, Волноваха та ін., не вигідно і неперспективно. Розглянемо приклад реалізації мікропроцесорної гіркової централізації на станції Ясинувата для східної сортувальної гірки.

Станція Ясинувата – найбільша сортувальна станція на Донецькій залізниці (Ясинуватська дирекція залізничних перевезень) та по Україні, яка географічно розтягнута майже на 20 кілометрів. Має децентралізовану структуру, тобто у своєму складі вона об'єднує дві сортувальні гірки, парки приймання та відправлення та пасажирський парк, безліч під'їзних колій та колій підприємств, підпорядкованих УЗ. Сортувальні гірки (східна та західна) обладнані морально та фізично застарілим обладнанням систем БГАЦ.

Недоліки системи ГАЦ, встановленої на східній сортувальній гірці (рік введення у експлуатацію 1982 р.), є характерні для будь-якої релейної апаратури, а саме:

- неможливість розширення функцій, що пов'язано з жорсткою логікою, притаманною релейним схемам;
- значно вища вартість виробів релейної техніки, ніж мікропроцесорної;
- збільшені експлуатаційні витрати через великі площі, які займає апаратура;
- енергоємність релейних систем;

- складність у попередженні відмов через відсутність вмонтованих засобів діагностики;

- відсутність засобів обміну інформацією і, отже, неможливість інтеграції в системи АСУ, глобальні бази даних, комп'ютерні мережі.

Позбутися перерахованих вище недоліків дозволяє мікропроцесорна техніка, що за показниками більш ніж на порядок перевершує характеристики релейних схем (функціональність, гнучкість, швидкодія, економічність, термін служби та ін.).

Синтезована структура ГАЦ-МП для сортувальної гірки Ясинувата східна подана на рисунку. До складу комплексу систем автоматики для станції Ясинувата входять такі засоби та підсистеми гіркової автоматизації: ГАЦ-МП – дозволяє керувати маршрутами відчеплень при розформуванні составів, контролює нагромадження відчеплень і маневрових пересувань у зонах гірки й парків, здійснює вв'язування з АСУ-СС і ГАЛС-Р (за технічними умовами); АРМ ДСПГ, АРМ операторів ГП – автоматизовані робочі місця чергового та операторів по гірці; АДК-СЦБ гірки – автоматизує контроль і діагностування пристроїв, процес гальмування відчеплень (на основі АРМ-ГАЦ і СКДТ); СКДТ – контролює та діагностує роботу пристроїв регулювання швидкості скочування відчеплень і технологічні операції керування на гальмових позиціях; АРС-МП – автоматично регулює швидкість відчеплень на гальмових позиціях, контролює й діагностує технологічні процеси гальмування; КСАУ-КС – автоматизує керування компресорами для виробництва стисненого повітря та забезпечує безперервний автоматичний контроль і діагностування стану компресорного встаткування; АДК-СЦБ парків автоматизує контроль, діагностування та технічне обслуговування пристроїв залізничної автоматики; КДК-СС – контрольно-діагностичний комплекс сортувальної станції вирішує завдання централізації та моніторингу технологічних і діагностичних даних про роботу сортувальної станції, здійснює інформаційне вв'язування.



Структура системи керування складається з трьох рівнів.

Перший рівень – рівень автоматизованих робочих місць чергового по сортувальній гірці (АРМ ДСПГ), АРМ експлуатаційного персоналу і керівництва сортувальної гірки (рівень I(a)), АРМ оперативного персоналу гірки (АРМ операторів ІПП, ІІПП, ІІІПП; АРМ ШН – рівень I(б)). Усі АРМ дубльовані, тобто мають основний та резервний промисловий ПК.

Другий – рівень програмувальних логічних контролерів, які безпосередньо пов'язані з об'єктами контролю та керування. Через модуль процесора інформація надходить у конструктив ПЛК (попередньо знята з підлогових об'єктів), відбувається обробка даних у блоці виробничого комп'ютера, далі надходить у блок логіки системи (БЛС) з подальшим виведенням інформації через БДК СС у АРМ першого (вищого) рівня.

Другий рівень системи має двоканальну структуру з гарячим резервуванням у кожному каналі.

Третій рівень реалізується у вигляді схем узгодження з двополюсною комутацією, безпечними комутаторами живлення та типовими релейними схемами керування підловим гірковим обладнанням, але можливо синтезувати даний рівень без застосування релейних схем.

ГАЦ-МП здійснює інформаційне вв'язування з АСУ сортувальною станцією на терміналі чергових по гірці та станції. Це дає можливість приймати та коректувати сортувальні листки, запитувати інформацію про стан парку приймання, передавати в АСУ СС інформацію про вагони, що надійшли на колії сортувального парку. За допомогою функції формування параметрів відчеплень на вимірювальній ділянці (номера вагона, кількості осей, ваги, особливих ознак вантажу) і прив'язки їх до програми розпуску можна міняти по ходу розпуску

маршруту і їхню спеціалізацію, відновлювати маршрутні завдання у випадках нерозчепів і нагонів на спускній частині гірки. Завдяки функції автоматизованого керування маршрутами здійснюється керування стрілками відповідно до програми розпуску, сформованої по сортувальному листку й з урахуванням коригувальних дій чергового по гірці й/або маневрового диспетчера. У маршрутному режимі керування стрілками відбувається відповідно до підготовленої черговим по гірці послідовності маршрутів. У ручному та автоматичному режимах розпуску виконуються контроль і протоколювання роботи сортувальної гірки. При цьому стрілки під звичайними та довгобазними вагонами захищені від переведення, а при маневрових пересуваннях – від розрізу.

Наочне відображення всього технологічного процесу забезпечує можливість розпуску составів в умовах поганої видимості відчеплень. Технологічні алгоритми ГАЦ-МП дозволяють контролювати та діагностувати роботу підлогових гіркових пристроїв і керуючого обчислювального комплексу. У результаті контролю стану підлогових пристроїв (світлофорів, датчиків, рейкових кіл, радіотехнічних датчиків та ін.) можна протоколювати та архівувати інформацію про весь сортувальний процес, а також розпуск состава на вимірювальній і стрілочній ділянках. Для експлуатаційного та оперативного персоналу формуються зведення, звітні форми і архіви поїзної обстановки на сортувальній гірці. Підсистему ГАЦ-МП можна апаратно і програмно розширити та з'єднати з іншими підсистемами для вирішення функціональних завдань комплексної автоматизації сортувальної станції: керування гірковим локомотивом (ГАЛС-Р), сповільнювачами (АРС), компресорною станцією (КСАУ-КС), контролю та діагностування стану постового і підлогового встаткування (АДК-СЦБ гірки), процесу гальмування

(СКДТ), а також з контрольно-діагностичним комплексом сортувальної станції (КДК-СС), АСУ-Ш2 з комплексу завдань контролю і обліку відмов та контролю технічного обслуговування та ін. Підсистема автоматизації діагностування і контролю гіркових пристроїв (АДК-СЦБ гірки) призначена для діагностування та автоматизації технічного обслуговування гіркових пристроїв СЦБ. Об'єктами діагностування є гіркові пристрої: стрілки, рейкові кола, світлофори, датчики – колійні, рахунку осей, повітряна магістраль, вагонні сповільнювачі, вагоміри, панелі живлення, кабельні мережі та ін. АДК-СЦБ гірки виконує функції формування протоколів моніторингу і діагностування поточного та динамічного стану пристроїв, несправності ізолюючих стиків, проходження відчеплень по гальмових позиціях, кількості переведень стрілок і включень вагонних сповільнювачів, роботи датчиків рахунку осей, логічної вільності/зайнятості рейкових кіл, втрати контролю положення стрілки, несправності інших пристроїв у процесі насування й розпуску состава; керування сповільнювачами з урахуванням результатів діагностування їхнього технічного стану і оцінки якості гальмування відчеплень відповідно до діагностики СКДТ; забезпечення оперативною інформацією чергового по гірці (операторів) для ефективного та оперативного контролю за роботою системи і рухом відчеплень; автоматизоване керування із центрального поста вагонними сповільнювачами, розташованими на 1, 2 і 3-й гальмових позиціях, дистанційне та прицільне регулювання швидкостей руху відчеплень, а також з постів резервного керування, прицільне регулювання на 3-й гальмовій позиції; протоколювання команд керування вагонними сповільнювачами при розпуску составів та контроль при ручному керуванні оперативного персоналу; забезпечення режимів роботи автоматизованого керування швидкістю

руху відчеплень на гальмових позиціях: ручний режим – команди керування сповільнювачами виконуються з пультів операторів; автоматичний режим – команди керування сповільнювачами передаються від керуючого обчислювального комплексу на основі значення розрахункових швидкостей моделі або значень, установлених з пульта. Оперативний персонал сповіщається про збої й відмови постового та підлогового встаткування, а експлуатаційний – при ручному втручанні в процес розпуску состава. Для автоматизації прицільного регулювання без паркових гальмових позицій і КЗП алгоритми АРС-МП моделюють процеси скочування і керування відчепленнями з урахуванням припустимих швидкостей входу на пристрої паркових колій.

Функціонування системи ГАЦ-МП розглянемо на прикладі задання маршруту розпуску з АРМу ДСПГ. Черговий по сортувальній гірці, використовуючи клавіатуру або маніпулятор “миша”, задає маршрут (за яким світлофором на який пучок та колію). АРМ перевіряє логічні умови та видає команду в CPU (модуль процесора TSX P57 554M), який перевіряє умови безпеки та видає команду ПЛК1 або ПЛК N, які у свою чергу вмикають відповідні кола модулів [6].

На прикладі поданої системи можливо зробити висновки, що даний варіант значно розширює функційні можливості системи, дозволяє об'єднати сукупність децентралізованих систем у один надійний комплекс, який забезпечує повністю всю лінійку інформації про всі станційні та гіркові процеси. Важлива складова розміщення усього станційного комплексу – це можливість часткового встановлення складових системи, тобто виконується поетапна інтеграція нового обладнання попарково. Система гнучка, у якій системно закладена можливість до подальшої модернізації. Не менш важлива складова – це фінансовий бік встановлення системи, яка дозволяє у процесі

експлуатації скоротити матеріальні затрати на енергоносії та обслуговуючий персонал, складові системи (модулі та блоки), що за своєю сукупністю коштують набагато менш, ніж комплекс електромагнітних реле.

Висновки. Підвищення ефективності функціонування системи ГАЦ можливе за рахунок перерозподілу функцій між оператором та технічними засобами. Це

можливо при переході на нову елементну базу, що використовує обчислювальну техніку, це було проаналізовано у даній статті. Перераховані можливості нових систем гіркової централізації значно покращать мораль праці, зроблять весь технологічний процес контрольованим і чітким, значно знизять витрати на обслуговування.

Список використаних джерел

1. Аналіз стану безпеки руху на залізницях України у 2012 році [Текст] / О. Мусієнко, О. Ходаківський, С. Ребриков, В. Крот. – К., 2012. – 110 с.
2. Бураков, В.А. Проектирование станций в условиях механизации и автоматизации трудоемких станционных процессов [Текст]: учеб. пособие / В.А. Бураков. – М.: МИИТ, 1987. – 98 с.
3. Залізничі світу в ХХІ столітті [Текст] / за ред. Г.М. Кирпи. – Дніпропетровськ: Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту, 2004. – 224 с.
4. Нагорний, Є.В. Гіркові технічні засоби [Текст] / Є.В. Нагорний, І.В. Берестов, В.О. Крючков. – Харків: Регіон-інформ. – К.: Трансп. України, 1998. – 84 с.
5. Выбор типов тормозных средств для сортировочных горок [Текст]: отчет о НИР / В.П. Шейкин, В.М. Рудановский, Л.В. Тишков [и др.]; п.р.№78025543. – М.: ЦНИИ МПС. – 1978. – 126 с.
6. Мойсеєнко, В.І. Мікропроцесорні системи залізничної автоматики. Частина 1. Централізація стрілок та сигналів [Текст] / В.І. Мойсеєнко. – Харків: Транспорт України, 1999. – 148 с.
7. Загарий, Г.И. Программируемые контроллеры для систем управления. Часть 1. характеристики микроконтроллеров и ПЛК [Текст] / Г.И. Загарий, Н.О. Ковзель, В.С. Коновалов [и др.]. – Харків: Транспорт України, 2003. – 262 с.
8. Загарий, Г.И. Программируемые контроллеры для систем управления. Часть 2. характеристики микроконтроллеров и ПЛК [Текст] / Г.И. Загарий, Н.О. Ковзель, В.С. Коновалов [и др.]. – Харків: Транспорт України, 2003. – 262 с.

Мойсеєнко Валентин Іванович, д-р техн. наук, професор, кафедра спеціалізовані комп'ютерні системи
Чегодаєв Борис Володимирович, ДП "Донецька залізниця", дорожня лабораторія автоматики телемеханіки та зв'язу

Moyseyenko V.I., doct. of techn. science; Chehodayev B.V.

РУХОМИЙ СКЛАД ТА СПЕЦІАЛЬНА ТЕХНІКА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ. ВАГОНИ

УДК 629.4.083:629.4.027.5

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ РЕМОНТНОГО ВАГОННОГО ДЕПО

Канд. техн. наук І.Д. Борзилов, Ю.А. Зайцев

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ РЕМОНТНОГО ВАГОННОГО ДЕПО

Канд. техн. наук И.Д. Борзилов, Ю.А. Зайцев

WAYS TO IMPROVE THE REPAIR DEPOTS

Cand. of techn. sciences I.D. Borzilov, U.A. Zaitsev

Наведені результати досліджень аспектів підвищення ефективності роботи ремонтного вагонного депо та обґрунтовані заходи для досягнення поставленої мети в умовах реформування залізничної галузі.

Ключові слова: вагонне депо, ремонт, ефективність, спеціалізація, концентрація, інвестиції, собівартість.

Приведены результаты исследований аспектов повышения эффективности работы ремонтного вагонного депо и обоснованы мероприятия для достижения поставленной цели в условиях реформирования железнодорожной отрасли.

Ключевые слова: вагонное депо, ремонт, эффективность, специализация, концентрация, инвестиции, себестоимость.

Results over of researches of aspects of increase of efficiency of work of repair carhouse are brought and measures are reasonable for achievement of the put purpose in the conditions of reformation of railway industry.

Keywords: railroad depot repair, efficiency, specialization, concentration, investment cost.

Постановка проблеми. Безліч способів підвищення ефективності виробничо-господарської діяльності ремонтного вагонного депо (ВЧДР) можна звести до трьох основних напрямків: підвищення технічного і технологічного рівня; підвищення рівня організації та управління; підвищення рівня знань та кваліфікації працівників.

Найважливішим аспектом підвищення ефективності роботи ВЧДР було і залишається підвищення технічного і

технологічного рівня, основні напрямки якого такі: комплексний характер механізації виробництва, що найбільш ефективно сприяє зменшенню ручної праці; автоматизація виробництва; комп'ютеризація всіх сфер діяльності вагонного депо; впровадження принципово нових технологій ремонту вагонів та їх вузлів і деталей.

Значного підвищення ефективності роботи ВЧДР можна досягти шляхом спеціалізації та концентрації виробництва,

що відбуваються в умовах реформування галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні роки виконано достатньо досліджень, присвячених підвищенню ефективності роботи вагонного депо [1-3]. В той же час досліджень, що спрямовані на розкриття сутності та обґрунтування принципів оцінки ступеня спеціалізації та концентрації ремонтного виробництва, надто мало. В останніх дослідженнях і публікаціях щодо реформування вагонного господарства [4] також не в повній мірі ураховуються аспекти щодо підвищення ефективності роботи ремонтного вагонного депо.

Формування мети. Метою даної роботи є дослідження аспектів та наукове обґрунтування заходів щодо підвищення ефективності роботи ремонтного вагонного депо в умовах реформування галузі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Проведений аналіз діяльності вагонного господарства дозволяє зробити висновок, що парк вантажних вагонів не відповідає потребам сьогодення. Вагони нового покоління мають значно більш високі техніко-економічні параметри, які дозволяють не тільки підвищити продуктивність вагонів, але й значно збільшити продуктивність праці в галузі. Разом з тим, для насичення залізниць вагонами нового покоління ще потрібен час, а тому, щоб забезпечити приріст обсягів перевезень, необхідне підвищення ефективності виробничо-господарської діяльності ВЧДР вже сьогодні.

Розвиток виробничої потужності депо відбувається за рахунок реконструкції, тобто посилення їх виробничої потужності. У зв'язку з цим велике значення має перш за все пошук резервів та максимальне використання існуючої виробничої потужності, тобто збільшення випуску вагонів із ремонту без додаткових інвестицій.

Під виробничою потужністю ВЧДР розуміють максимально можливий випуск

вагонів із ремонту протягом визначеного часу (змін, доба, місяць, рік) при відповідному стані розвитку техніки, рівня організації виробництва.

Виробнича потужність ВЧДР має задовольняти потреби в ремонті вагонів, на яких спеціалізується підприємство. У цьому зв'язку вирішення питань спеціалізації та розвитку депо повинно відбуватися з повним урахуванням особливостей забезпечення його об'єктами ремонту.

Виробнича потужність розраховується за виробничими площами вагоно-складальної дільниці (ВСД), тобто за наявністю ремонтних позицій (стіл), оскільки ця дільниця є головною і визначає результати роботи всього виробництва депо.

Зазвичай розрахунок потужності вагонного депо виконують за формулою

$$M_{ВЧДР} = 250 \cdot m_c \cdot n_{зм}, \quad (1)$$

де 250 – число робочих днів упродовж року;

m_c – число ремонтних позицій (стіл) у вагоноскладальній дільниці;

$n_{зм}$ – кількість змін роботи депо.

Завантаження потужності депо визначається з урахуванням приведення за рахунок витрат всіх видів ремонту, що виконуються в депо для різних типів вагонів з використанням коефіцієнтів приведення

$$П = N_{ВЧДР} / M_{ВЧДР}, \quad (2)$$

де $N_{ВЧДР}$ – сумарна програма ремонту вагонів у депо, в приведених одиницях.

З урахуванням коефіцієнтів приведення

$$N_{ВЧДР} = \sum (N^{\phi}_{ДР} \cdot K_{пр})_i + \sum (N^{\phi}_{КР} \cdot K_{пр})_i, \quad (3)$$

де $N^{\phi}_{ДР}$ – потреба в деповському ремонті i -го типу вагонів, од.;

N^{ϕ}_{KP} – потреба в капітальному ремонті i -го типу вагонів, од.;

K_{np} – коефіцієнт приведення для вагонів i -го типу, що ремонтують у депо.

Розрахунок потреби в планових обсягах ремонту виконується за формулами:

- деповський ремонт: $N^{\phi}_{DP} = N_n \cdot K_{DP}$,
- капітальний ремонт: $N^{\phi}_{KP} = N_n \cdot K_{KP}$,

де N_n – парк вантажних вагонів i -го типу на залізниці;

K_{DP} та K_{KP} – коефіцієнти деповського та капітального ремонту вагонів відповідно.

Як показує аналіз, в даний час ВЧДР переважно ремонтують вагони трьох-чотирьох типів. Однак у ряді випадків 10-20 % депо виконує ремонт п'яти-шести типів, а ремонт одного-двох – незначна кількість ВЧДР.

Для узагальнення характеристики ВЧДР пропонується використання середньовагової величини кількості типів вагонів, що ремонтують у депо,

$$p = \sum p_i a_i / \sum a_i, \quad (4)$$

де p_i – питома вага i -го типу вагонів у загальному обсязі ремонту;

a_i – питома вага вагонних депо, що ремонтують визначену кількість вагонів у загальній їх кількості, %.

На підвищення кількості типів вагонів, що ремонтують у ВЧДР, впливає ремонт приватних та орендованих вагонів.

Поряд з подібною оцінкою можливо оцінювати спеціалізацію вагонних депо з урахуванням кількості вагонів, що ремонтуються. В цьому випадку середня кількість типів вагонів, що ремонтується в депо, розраховується таким чином:

$$p = \sum p_j k_j / \sum k_j \quad (5)$$

де k_j – питома вага кількості вагонів визначеного типу, що ремонтують у депо, в приведених одиницях, %.

Розрізняють ступінь екстенсивного та інтенсивного використання виробничої

потужності ВЧДР, тобто обладнання та виробничих площ депо.

Ступінь екстенсивного використання обладнання буде тим вище, чим більше часу воно працює та менше простоє.

Використання обладнання та виробничих площ, що характеризує випуск продукції в одиницю часу, є показник інтенсивності використання обладнання та виробничих площ. Ступінь екстенсивного використання обладнання та виробничих площ характеризується, головним чином, змінністю роботи підприємств, а для вагонних депо – змінністю роботи виробництва, окремо складальних та заготівельних дільниць.

Середня змінність по залізницях вагоноскладальних дільниць вантажних вагонних депо порівняно невисока – 1,65. Це пояснюється перш за все тим, що в даний час значна кількість ВЧДР працюють в однозмінному режимі виробництва. У зв'язку з цим є можливість за умов переходу виробництва вагоноскладальних дільниць на двозмінний режим роботи збільшити загальний випуск вагонів більше ніж на 20 % без будь-яких капітальних вкладень.

Змінність роботи заготівельних дільниць вагонних депо в середньому по залізницях не перевищує 1,5, тобто трохи нижче, ніж у вагоноскладальних дільницях, що вказує на можливість забезпечити дані дільниці продукцією для вагоноскладальних дільниць при переході останніх на двозмінний режим роботи виробництва.

Найкращі показники інтенсивного використання обладнання та виробничих площ, що характеризують випуск продукції за одиницю часу (рік) з одного ремонтного стійла вагоноскладальної дільниці, досягаються в депо, у яких рівень концентрації та спеціалізації ремонту вагонів порівняно високий. Однак слід зазначити, що найбільші значення випуску продукції з одного ремонтного стійла в приведених вагонах у ВЧДР з більш

високим рівнем концентрації ремонту досягнуті в основному за рахунок збільшення змінності роботи виробництва і в меншій мірі за рахунок інтенсивного використання обладнання та виробничої площі в одиницю часу. Це вказує на те, що у вагонних депо є значні резерви щодо скорочення простою вагонів у депоєвому ремонті та збільшення за рахунок цього їх виробничої потужності.

Рівень концентрації ремонту вагонів впливає й на зміну структури основних виробничих фондів вагонного депо. Зі збільшенням програми ремонту вагонів питома вага активної частини основних виробничих фондів (обладнання, транспортні засоби та ін.) збільшується, а пасивна їх частина (будівлі та споруди, виробничий інвентар тощо) зменшується.

Зі збільшенням рівня концентрації ремонту за рахунок зниження питомої ваги пасивної частини основних виробничих фондів та кращого використання технологічного обладнання, зменшуються також питомі інвестиції в розрахунку на один вагон депоєвого ремонту.

Залежність питомих інвестицій на депоєвий ремонт вагонів від виробничої потужності вагонного депо визначають за формулою

$$Y = K_{yn} / X + K_{ni}, \quad (6)$$

де K_{yn} – сума умовної постійної частини інвестицій;

K_{ni} – питома величина змінних інвестицій;

X – потужність вагонного депо в приведених вагонах депоєвого ремонту.

Залежність питомих інвестицій на депоєвий ремонт вагонів від виробничої потужності показує, що вона має тенденцію до зниження при збільшенні концентрації ремонту.

Питання залежності рівня собівартості одиниці продукції від обсягу його виробництва досліджувалися за допомогою розв'язання залежності

$$C = B / N + a, \quad (7)$$

де C – собівартість одиниці продукції;

B – сума умовно-постійних (незалежних) витрат;

N – виробнича програма депоєвого ремонту вагонів;

a – величина собівартості змінних (залежних) витрат від програми ремонту.

На сьогодні до залежних від обсягу продукції при розрахунках собівартості депоєвого ремонту вагонів відносять витрати на матеріали, покупні вироби, комплектуючі деталі та вузли вагона, заробітну плату виробничих робітників, технологічне паливо та електроенергію тощо.

До незалежних від обсягу продукції відносять витрати на опалення та освітлення приміщень депо, заробітну плату інженерно-технічного персоналу, витрати на експлуатацію будівлі і т. ін.

Питома вага вартості продукції заготівельних дільниць у загальних витратах на матеріали депоєвого ремонту вантажних вагонів складає від 30 до 75 %.

Залежність собівартості депоєвого ремонту вагонів від обсягу виробництва має гіперболічний характер. Наприклад, для ВЧДР при збільшенні випуску з депоєвого ремонту на 500 приведених вагонів, собівартість одиниці ремонту зменшується на 5 %.

Висновки. Значного підвищення ефективності роботи об'єктів інфраструктури ВЧДР можна досягти шляхом спеціалізації та концентрації виробництва, що відбувається в умовах реформування галузі.

Найкращі показники інтенсивного використання обладнання та виробничих площ, що характеризують випуск продукції за одиницю часу (рік) з одного ремонтного стійла складальної дільниці, досягаються в депо, у яких рівень концентрації та спеціалізації ремонту вагонів порівняно високий.

Залежність питомих інвестицій на депоєвий ремонт вагонів від виробничої потужності показує, що вона має тенденцію

до зниження при збільшенні концентрації ремонту.

Залежність собівартості деповського ремонту вагонів від обсягу виробництва має гіперболічний характер.

Вагонні депо з ремонту вантажних вагонів потребують значних інвестицій, і одним із шляхів вирішення цієї проблеми є концентрація та спеціалізація ВЧДР.

Список використаних джерел

1. Борзилов, І.Д. Оцінка параметрів витрат на ремонт вагона протягом його життєвого циклу [Текст] / І.Д. Борзилов // зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2007. – Вип. 9. – С. 105-112.
2. Борзилов, І.Д. Концепція спеціалізації підприємств з технічного утримання вагонів [Текст] / І.Д. Борзилов, В.О. Міхійченко, М.Г. Котов // зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2008. – Вип. 14. – С. 108-114.
3. Борзилов, І.Д. Наукові основи реструктуризації виробничо-технічної бази технічного утримання вагонів [Текст] / І.Д. Борзилов // зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ. – 2009. – Вип. 17. – С. 87-96.
4. Шмаров, П.П. Основные результаты первого этапа реформирования вагонного хозяйства ОАО РЖД [Текст] / П.П. Шмаров, Н.А. Никулина, А.А. Вовк // Экономика ж.-д. транспорта. – 2004. – № 9.

Рецензент д-р техн. наук, професор І.Е. Мартинов

Борзилов Иван Дмитриевич, канд. техн. наук, професор кафедри вагонів.
Зайцев Юрий Анатольевич, слухач ІППК.

Borzilov I.D., cand. of techn. sciences; Zaitsev U.A.

УДК 629.4.023.14

ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОЇ ТА БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

С.В. Волков, А.Д. Сірадчук

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ НАДЕЖНОЙ И БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

С.В. Волков, А.Д. Сирадчук

WAYS SOLUTION TO THE PROBLEM OF RELIABLE AND SAFE OPERATION OF PASSENGER CARS

S.V. Volkov, A.D. Siradchuk

Наведені результати дослідження проблеми та наукове обґрунтування шляхів забезпечення надійної та безпечної роботи пасажирського вагонного парку в сучасних умовах господарювання.

Ключові слова: вагон, експлуатація, надійність, безпека, технічне обслуговування, ремонт.

Приведены результаты исследования проблемы и научное обоснование путей обеспечения надежной и безопасной работы пассажирского вагонного парка в современных условиях хозяйствования.

Ключевые слова: вагон, эксплуатация, надежность, безопасность, техническое обслуживание, ремонт.

Results over of research of problem and scientific ground of ways of providing of reliable and safe work of passenger of carriage park are brought in the modern terms of management.

Keywords: car, maintenance, reliability, security, maintenance and repair.

Постановка проблеми. Проблема забезпечення надійної та безпечної роботи пасажирського вагонного парку в теперішній час стоїть дуже гостро. Її вирішення можливо двома шляхами: закупівля нових вагонів або забезпечення працездатності існуючого парку через впровадження сучасних технологій в процесі технічного обслуговування та ремонту вагонів. Через обмеженість коштів на придбання нових пасажирських вагонів у необхідній кількості для безпечної експлуатації пасажирських вагонів віддають перевагу другому варіанту. При цьому особлива увага повинна приділятися: використанню засобів технічної діагностики та апаратурних способів контролю технічного стану вагонів; автоматизованим системам управління виробничими процесами експлуатації та ремонту; комплексній механізації та автоматизації процесів технічного обслуговування та ремонту пасажирських вагонів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішенню проблеми безпечної експлуатації пасажирських вагонів присвячені роботи [1-3], в яких автори пропонують свої напрямки, в яких потрібно прикладати зусилля для забезпечення надійної роботи пасажирського вагонного парку. На підставі аналізу стану безпеки руху поквартально кожен рік по залізницях України визначаються напрямки роботи щодо стабілізації стану безпеки руху у пасажирському господарстві. Разом з тим, досліджень, що спрямовані на розкриття сутності та наукове обґрунтування шляхів вирішення існуючої проблеми безпечної

експлуатації пасажирських вагонів, явно недостатньо.

Формування мети. Метою даної роботи є дослідження проблеми та наукове обґрунтування шляхів забезпечення надійної та безпечної роботи пасажирського вагонного парку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сучасний пасажирський вагон являє собою складну інженерну конструкцію, яка включає до себе комплекс механічних і електричних систем, найважливішими з яких є кузов, ходова частина, електрообладнання, система опалення та водопостачання. Збільшення швидкостей руху поїздів, підвищення рівня безпеки та вимог до комфорту пасажирів вимагають забезпечення високої експлуатаційної надійності пасажирських вагонів. Необхідний рівень надійності різних елементів та систем вагонного обладнання залежить від їхнього призначення, розташування та ступеня впливу на працездатність вагона в цілому. В експлуатації несправності за вищезазначеними системами, вузлами, та деталями вагона розподіляються наступним чином (таблиця).

З аналізу стану безпеки руху у пасажирському господарстві Укрзалізниці встановлено, що майже кожен рік, від загальної кількості, через людський фактор виникає близько 80 % транспортних подій; через виникнення технічних несправностей на шляху прямування – близько 15 % транспортних подій; через недосконалість конструкції вузлів та деталей вагонів – близько 5 % випадків.

Таблиця 1

Перелік несправностей, через які вагони надходять у поточний відчіпний ремонт

№ п/п	Несправності за системами, вузлами та деталями вагона	Відсотки	Часткове значення
1	Колісні пари	79	0,79
2	Кузов	3,4	0,034
3	Візок	2	0,02
4	Автозчеплення	3,4	0,034
5	Гальмо	1,4	0,014
6	Опалення	2	0,02
7	Водопостачання	3,4	0,034
8	Електрообладнання	5,4	0,054
	Усього	100	1,00

Перевірки, які систематично проводяться як керівниками структурних підрозділів, так і пасажирських служб, не відіграють свою роль у підвищенні якості ремонту та безпечній експлуатації пасажирських вагонів. Необхідне комплексне дослідження факторів, що впливають на надійну та безпечну роботу пасажирського вагонного парку. В системному підході до вирішення проблеми безпечної експлуатації пасажирських вагонів – запорука успіху.

Упорядкування (структуризацію) факторів, що впливають на надійну та безпечну роботу пасажирського вагонного парку, подано за допомогою схеми Ісікави, що зображена на рисунку.

Як видно з рисунка, всі фактори згруповані в чотири так звані суперфактори: надійність та безпека вагонів (НБВ); рівень розвитку ремонтної бази (РРБ); людський фактор (ЛФ); добротність інформаційної бази (ДІБ).

Кожен з цих суперфакторів поділяється на фактори більш конкретного змісту, а ті, у свою чергу, на фактори ще більш конкретного змісту і т.д.

Найбільш ефективним шляхом вирішення задачі забезпечення надійності та працездатності пасажирських вагонів є покращення таких якостей вагонних

конструкцій, як контролепридатність, доступність, легкоснімність та розділюваність, які у сукупності віддзеркалюють таку якість надійності, як ремонтпридатність. Вказані якості вагонних конструкцій необхідно закладати на етапі їх проектування.

Велику кількість причин транспортних пригод на стадії експлуатації пасажирських вагонів поділяють на причини, що виникають внаслідок: відмови техніки; людського фактора; несприятливих поєднань обставин, кожна з яких окремо часто не є небезпечною.

Причини, що виникають внаслідок відмов техніки, усуваються, в основному, на етапі проектування, конструювання та виготовлення пасажирського вагона.

Дії ревізорського апарату, інструкторів і керівних працівників пасажирських депо направлені на розробку та організацію виконання заходів, що мінімізують причини людського фактора, та причини, які виникають через несприятливі поєднання обставин.

Необхідно також наукове обґрунтування гарантійного плеча ЛПТО вагонів ($I_{гд}$), тобто періодичності контролю технічного стану пасажирських вагонів на шляху прямування.

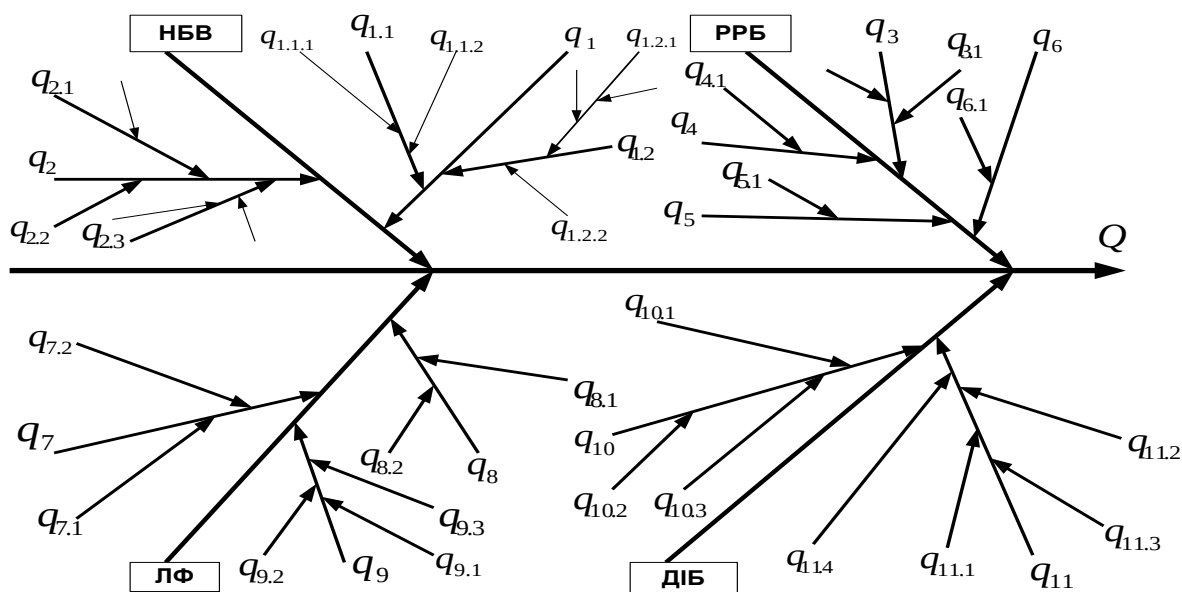


Рис. Структуризація факторів, які впливають на надійну та безпечну роботу вагонів пасажирського парку

Для цього розглянемо так званий план контролю технічного стану пасажирського вагона на відрізку часу $(0, l_{БД})$.

$$X_n = (x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1)$$

де $l_{БД}$ – періодичність депоських ремонтів вагонів;

x_i – пробіг вагона до i -го контролю технічного стану вагона;

n – число перевірок технічного стану вагона на відрізку часу $(0, l_{БД})$.

План контролю стану вагона X_n є об'єктом оптимізації.

Як цільову функцію обираємо так звану функцію експлуатаційних витрат

$$G_{X_n}(\xi) = \begin{cases} nc; & \text{при } \xi > l_{БД} \\ nc + (l_{БД} - \xi) \cdot V; & \text{при } x_n < \xi \leq l_{БД} \\ kc + P \cdot [(X_{k+1} - \xi) \cdot V + C] + P \sum_{s=1}^{n-k-1} (1-P)^s \times \\ \times [(X_{k+s+1} - \xi) \cdot V + (S+1)c] + (1+P)^{n-k} \times \\ \times [(l_{БД} - \xi) \cdot V + (n-k)c] & \text{при } x_k < \xi \leq x_{k+1}, \kappa = \overline{0, n-1}, \end{cases} \quad (2)$$

де ξ – напрацювання вагона до відмови;

c – витрати на один контроль технічного стану вагона;

V – середня величина втрат від перебування вагона у прихованому аварійному стані в одиницю часу;

P – імовірність виявлення відмови оглядачем вагонів.

Потрібно знайти такий план технічних оглядів пасажирських вагонів X_n на інтервалі $(0, l_{БД})$, при якому експлуатаційні втрати мали б мінімальні значення. Зазначимо, що план контролю X_n характеризується кількістю технічних оглядів n за період $(0, l_{БД})$, і величинами $x_1, x_2, \dots, x_n$.

Оптимальні моменти часу x_i , в яких слід було б перевірити технічний стан

вагона, обчислюються за формулою

$$x_i = iP \cdot \left[\frac{l_{БД}}{n^*P+1} + \frac{c}{2V} \cdot \left(\frac{n^*[(n^*+1)P+2]}{n^*P+1} - (i+1) \right) \right], \quad (3)$$

де n^* – найбільше n , при якому виконується нерівність

$$cP^2n^2 + cP(2-P)n + 2(c - PVl_{БД}) \leq 0. \quad (4)$$

Як видно з виразу (3), оптимальна періодичність перевірок технічного стану змінна, що в принципі можливо реалізувати на практиці за допомогою системи АСУ-ЕРПВ.

Однак, ураховуючи мінімаксну постановку задачі, цілком допустимо використовувати в експлуатації приблизне значення періодичності контролю технічного стану вагонів ($l_{ГД}$), яке рекомендується розраховувати за формулою

$$l_{ГД} = \frac{l_{БД}}{n^*}. \quad (5)$$

Практична цінність формули для обчислення оптимальних гарантованих пробігів вагонів полягає у такому:

- знайдений зв'язок між періодичністю деповського ремонту та довжиною гарантованого плеча ЛПТО вагонів;

- отримана явна залежність довжини гарантованої ділянки ЛПТО вагонів від імовірності браку в роботі оглядачів вагонів, а отже, і від рівня організації роботи ЛПТО, оснащення працівників технічними засобами виявлення пошкоджень і т.п.

Аналіз рівня розвитку експлуатаційної та ремонтної бази пасажирських вагонів дав можливість визначити основні задачі, які повинні бути вирішені у пасажирському господарстві: виведення із експлуатації застарілого парку пасажирських вагонів та заміна його новим; переоснащення та модернізація підприємств з технічного обслуговування та ремонту пасажирських вагонів; покращення технічного обслуговування

пасажирських вагонів за рахунок впровадження засобів діагностування, механізації, автоматизації, енергозбереження; впровадження на підприємствах з технічного обслуговування та ремонту пасажирських вагонів європейських стандартів якості.

Особливістю сучасного етапу інформатизації системи технічного обслуговування та ремонту пасажирських вагонів є створення так званої вагонної моделі, що буде працювати в режимі реального часу з відображенням номера, технічного стану, координат знаходження вагона. Така модель створюється на базі АСУ-ЕРПВ. Використання цієї системи дасть змогу перейти на принципово нову технологію управління технічним обслуговуванням та ремонтом пасажирських вагонів. Всі зміни стану вагона фіксуються в пам'яті ЕОМ по кожному номеру вагона.

Висновок. На сьогоднішній день існують проблеми безпечної експлуатації пасажирських вагонів. Це обумовлено в значній мірі фізичним і моральним старінням вагонного парку та виробничо-технічної бази з технічного обслуговування та ремонту пасажирських вагонів.

Шляхи вирішення проблеми надійної та безпечної експлуатації пасажирських вагонів лежать в системному підході і стосуються: покращення технологічності вагонних конструкцій; встановлення обґрунтованої періодичності контролю технічного стану пасажирських вагонів на шляху прямування; всебічного розвитку експлуатаційної та ремонтної бази пасажирських вагонів; широкого впровадження в систему технічного обслуговування та ремонту вагонів інформаційних технологій.

Список використаних джерел

1. Головка, В.Ф. Моделювання технічного стану пасажирських вагонів [Текст] / В.Ф. Головка, І.Д. Борзилов, І.О. Куденко // Залізничний транспорт України. – 2004. – № 3 – С. 27-28.
2. Борзилов, І.Д. Інформаційна технологія в процесі технічного обслуговування та ремонту пасажирських вагонів [Текст]/ І.Д. Борзилов, С.О. Зайцев, А.В. Писаренки // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – Вип. 94. – С. 65-72.
3. Борзилов, І.Д. Моделі ефективного функціонування підрозділів з технічного обслуговування пасажирських вагонів за умов реформування депо [Текст] / І.Д. Борзилов, М.В. Троян // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 133. – С. 220–225.

Рецензент д-р техн. наук, професор І.Е. Мартинов

Сірадчук Андрій Дмитрович, слухач ІППК, Південна залізниця.

Волков Сергій Вікторович, слухач ІППК, Придніпровська залізниця.

Volkov S.V., Siradchuk A.D.

УДК 629.488.519

**ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРЕСИВНИХ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ
З МЕТОЮ ЗБЕРЕЖЕННЯ І ПОКРАЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
ПІДВАГОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ З ПРИВОДОМ РЕДУКТОРНО-
КАРДАННОГО ТИПУ**

Канд. техн. наук Р.І. Візняк, канд. техн. наук В.В. Бондаренко, Ю.О. Фофанов

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРЕССИВНЫХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ
РЕШЕНИЙ С ЦЕЛЬЮ СОХРАНЕНИЯ И УЛУЧШЕНИЯ
ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДВАГОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ С ПРИВОДОМ
РЕДУКТОРНО-КАРДАННОГО ТИПА**

Канд. техн. наук Р.И. Визняк, канд. техн. наук В.В. Бондаренко, Ю.О. Фофанов

**THE APPLICATION OF ADVANCED SCIENTIFIC AND
TECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN ORDER TO MAINTAIN AND
IMPROVE EKSPLUATATSIYIPIDVAHONNYH GENERATORS WITH
GEAR DRIVES, CARDAN TYPE**

Cand. of techn. sciences R.I. Viznyak, cand. of techn. sciences V.V. Bondarenko,
Yu.O. Fofanov

Розглянуто питання застосування зарезонансного стенда для карданного вала привода підвагонного генератора для збереження і покращення його експлуатації.

Ключові слова: пасажирський вагон, привод генератора, карданний вал, стенд балансування.

Рассматривается вопрос применения зарезонансного стенда для карданного вала привода подвагонного генератора с целью сохранности и улучшения его эксплуатации.

Ключевые слова: пассажирский вагон, привод генератора, карданный вал, стенд балансировки.

The article discusses the use of unresonant stand for shaft generator drive passenger car with a view to the preservation and improvement of its operation.

Keywords: passenger car, drive the generator, drive shaft balancing stand.

Постановка проблеми. Як відомо, редукторно-карданний привод генератора від середньої частини осі встановлений на пасажирських вагонах, які обладнані системами кондиціонування повітря, і вагонах-ресторанах. Напрям обертання і відповідно крутильний момент передається редуктором на карданный вал і послідовно на муфту зчеплення та якорь мотор-генератора (перетворювача). Під час руху, особливо з підвищенням швидкості, виникають поштовхи на перетворювач та його вібрації, послаблення болтових з'єднань поміж муфтою карданного вала та якорем і перекосів опорних елементів зварної підтримувальної рами. Тому виникає дисбаланс ланцюгового типу у місцях поєднання деталей привода і, як наслідок, непрогнозовані зноси в експлуатації і зменшення технічного ресурсу генераторів. Актуальним стає питання збереження і покращення експлуатації підвагонних генераторів з приводом редукторно-карданного типу із застосуванням новітнього й технологічного обладнання на базових підприємствах ДП «Укрзалізниця» (УЗ).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанню вирішення даної науково-технічної проблеми і покращенню роботи приводів підвагонних генераторів присвячені праці багатьох вітчизняних та закордонних спеціалістів [1-3]. Дослідження базуються на вивченні конструкції, роботи і покращенні характеристик технологічного процесу ремонту привода підвагонного генератора із застосуванням стенда зарезонансного балансувального для динамічного балансування карданних валів редукторів

для привода генератора електрообладнання пасажирських вагонів, який розроблений для балансування карданних валів типу ТРКП і МАБ-ІІ приводів генераторів пасажирських вагонів, відповідно до Технічного завдання №2226 від 26.07.2004.

При розробленні і виготовленні стенда враховані вимоги Керівництва по ремонту Л2.0003/12-4694 РВ «Редукторно-карданні приводи вагонних генераторів пасажирських ЦМВ».

Виклад основного матеріалу. Конструкційне виконання типового редукторно-карданного привода підвагонного генератора пасажирського вагона показано на рис. 1.

Стенд зарезонансний балансувальний для динамічного балансування карданних валів моделі БВИ-03-72 призначений для визначення параметрів динамічної незрівноваженості двох опорних карданних валів масою від 1 до 80 кг. Стенд складається з механічної частини і стояка керування – електрошафи. В стояку розміщені блок керування роботою привода стенда і прилад балансувальний мікропроцесорний двоплощинний моделі БВИ-03.

На стенді можливе балансування інших карданних валів, аналогічних за конструкцією, відповідних технічним даним стенда. Стенд не має пристрій коректування мас балансованих карданних валів. Умови експлуатації стенда визначають згідно з ГОСТ 15150-69. Загальний вигляд вузла поєднання вала з перетворювачем через муфту та пристосування для балансування показані на рис. 2, а технічні характеристики наведено у таблиці.

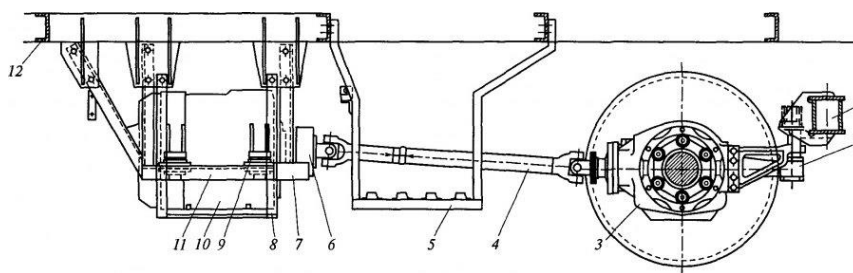


Рис. 1. Привод з редуктором ВБА-32/2:

- 1 — рама візка; 2 — опора; 3 — редуктор; 4 — карданний вал;
5 — уловлювальний пристрій карданного вала; 6 — гумометалева муфта;
7 — запобіжний пристрій; 8 — запобіжна скоба; 9 — гумометалеві опори генератора;
10 — генератор; 11 — кронштейн підвіски генератора; 12 — рама кузова вагона

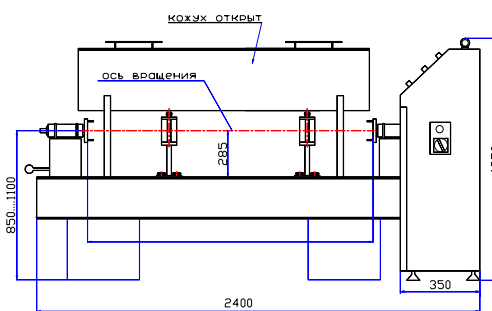
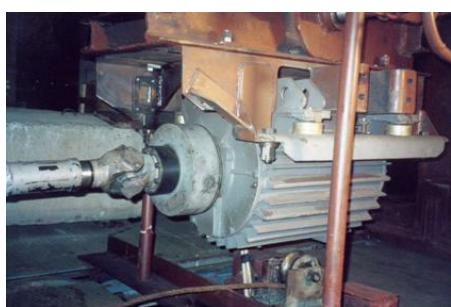


Рис. 2. Загальний вигляд стенда у робочому стані

Допустимі відхилення на основні параметри і розміри встановлюють не більше $\pm 10\%$.

Принцип роботи стенда може бути описаний таким чином. Для динамічного балансування карданного вала Р необхідно вибрати дві площини І-І і ІІ-ІІ, перпендикулярні осі обертання, в яких можливо видаляти або додавати коректуючі маси. Ці площини, що мають назву площин корекції, вибираються за конструктивними і технологічними ознаками. Величину і кутове положення коректуючих мас визначають вимірюванням дисбалансу на балансувальному стенді. Вал встановлюється в адаптерах на шпинделях переднього і рухомого стояків. На стояках встановлені п'єзоелектричні датчики АНС. Обертання карданного вала здійснюється електродвигуном через плоскоремінну передачу.

Коливання стояків, що викликані обертанням незрівноваженого ротора, передаються датчиком. Датчики створюють п'єзоелектричний сигнал — сигнал дисбалансу, частота якого дорівнює частоті обертання балансованого вала, амплітуда пропорційна амплітуді коливань стояка, тобто величині дисбалансу, а фаза визначається місцеположенням незрівноваженої маси.

Для виконання цих вимірювань на поверхні карданного привода нанесена контрастна мітка.

На стенді установлений датчик мітки (фотодатчик), який має випромінювач-світлодіод і приймач-фототранзистор. Відбитий від поверхні світловий потік сприймається фототранзистором.

При проходженні перед фотодатчиком контрастної мітки він подає імпульсний сигнал, що надходить у електронний пристрій. В електронному пристрої імпульсний сигнал синхронізує

Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту. Вагони

роботу засобів аналізу сигналів, що надходять від датчиків вібрації.

Стенд не містить пристроїв усунення незрівноваженості. Як правило, для цього

балансований вал доводиться знімати зі стенда. Після корекції дисбалансу вал, при необхідності, знову встановлюється на стенд для контролю.

Таблиця

Основні технічні дані і характеристики стенду

Найменування	Значення
Основні параметри і розміри	
Найбільша маса балансованого карданного вала, кг	80
Найбільший діаметр карданного вала, мм	100
Максимальна довжина карданного вала, мм	1875
Діапазон частот обертання деталі при балансуванні, об/хв	1000-2500
Мінімальний досяжний залишковий питомий дисбаланс, гмм/кг, не менше	10
Найменша одиниця корекції, гмм/кг, не менше	5
Габаритні розміри стенда (разом з електрообладнанням), мм (Д x Ш x В)	2400x1100x1250
Маса стенда (разом з окремо розташованим електрообладнанням), кг	530
Установлене безвідмовне напрацювання у добу, год, не менше	21
Установлене безвідмовне напрацювання у тиждень, год, не менше	126
Установлене безвідмовне напрацювання, год, не менше	1500
Установлений строк служби до першого капітального ремонту, рр., не менше	10
Рівень звуку на робочому місці, дБ, не більше	72
Коректований рівень звукової потужності, дБ, не більше	80
Характеристика електрообладнання стенда	
Рід струму живлення мережі	~3-х фазний
Частота струму, Гц	50±1
Напруження мережі, В	380±10%
Напруження, В, ланцюга привода стенда ланцюга керування	~ 380 ~ 24
Кількість електродвигунів	1
Потужність електродвигуна привода обертання деталі, кВт	0,75
Технічна характеристика приладу мікропроцесорного БВИ-03	
Число вимірюваних площин корекції ротора	2
Вимірювання у кожній площині	Одночасно
Система вимірювання координат	Полярна
Діапазон робочих частот при балансуванні, Гц	8.....100
Вхідний опір, кОм, не менше	10
Ступінчасте переключення чутливості у відношенні	0,1:1:10
Перевантажувальна здатність за рівнем перешкод, віднесена до верхньої межі шкали: для значення шкали "0,1" и "1", не менше для значення шкали "10", не менше	10 5
Індикація модуля дисбалансу, кута дисбалансу, частоти обертання	ЖКИ дисплей
Похибка вимірювання модулю і кута дисбалансу, %, не більше	1

Висновки. Впровадження у вагонне (пасажирське) господарство ДП «Укрзалізниця» стентів зарезонансних балансувальних для динамічного балансування карданних валів редукторів для привода генератора електрообладнання пасажирських вагонів для балансування карданних валів

типу ТРКП и МАБ-II приводів генераторів пасажирських вагонів значно впливатиме на збереження елементів поєднань привода та самого перетворювача і покращення його експлуатації, що напряду буде впливати на безпеку руху потягів, особливо у сполученні з підвищенням швидкостей руху.

Список використаних джерел

1. Москвина, К.И. Влияние основных эксплуатационных факторов на долговечность карданных валов приводов подвагонных генераторов [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / К.И. Москвина. – Л., 1984. – 19 с.
2. Булавина, Е.А. Повышение долговечности шлицевых соединений карданных валов приводов вагонных генераторов [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Е.А. Булавина. – Ростов н/Д, 2006. – 21 с.
3. Соловьев, С.А. Совершенствование клиноременного привода вагонного генератора от средней части оси колесной пары [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / С.А. Соловьев. – М., 2006. – 20 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор І.Е. Мартинов

Візняк Руслан Іванович, канд. техн. наук, доцент кафедри вагонів.

Бондаренко В'ячеслав Володимирович, канд. техн. наук, доцент кафедри вагонів.

Фофанов Юрій Олександрович, слухач ІППК, гр. МЗ-В-Б-11, Донецька залізниця.

Viznyak R.I., cand. of techn. sciences; Bondarenko V.V., cand. of techn. sciences; Fofanov Yu.O.

УДК 629.4.06:621.822.614

ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВІБРОДІАГНОСТУВАННЯ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ ВАГОНІВ З ПІДШИПНИКАМИ КОЧЕННЯ

Старш. викл. В.Г. Равлюк, Л.С. Стасів, А.О. Дудник, О.Г. Сологуб

ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВИБРОДИАГНОСТИКИ БУКСОВЫХ УЗЛОВ ВАГОНОВ С ПОДШИПНИКАМИ КАЧЕНИЯ

Старш. преп. В.Г.Равлюк, Л.С. Стасив, А.О. Дудник, А.Г. Сологуб

FEATURES MATHEMATICAL MODELING OF VIBRO AXLE UNIT CAR FROM ROLLING BEARINGS

V.H. Ravlyuk, L.S. Stasiv, A.O. Dudnyk, O.H. Solohub

Описано діагностичні та математичні моделі підшипника кочення буксового вузла вагона, які подані у вигляді системи алгебраїчних рівнянь і диференціальних рівнянь, феноменологічних моделей, логічних співвідношень, функціональних, структурних, регресійних та інших типів моделей.

Розглянут особливості методів математичного моделювання, які дозволяють визначити оцінку технічного стану буксових вузлів вагонів з підшипниками кочення.

Ключові слова: *вібродіагностування, буксовий вузол, підшипник, діагностування, діагностична модель, математичне моделювання, діагностична ознака.*

Описаны диагностические и математические модели подшипника качения буксового узла вагона, которые представлены в виде системы уравнений и дифференциальных уравнений, феноменологических моделей, логических соотношений, функциональных, структурных, регрессионных и других типов моделей.

Рассмотрены особенности методов математического моделирования, которые позволяют определить оценку технического состояния буксовых узлов вагонов с подшипниками качения.

Ключевые слова: *вибродиагностики, буксовой узел, подшипник, диагностирование, диагностическая модель, математическое моделирование, диагностический признак.*

Describes the diagnostic and mathematical models of the rolling bearing axle-box host of the car, which is represented as a system of equations and differential equations, phenomenological models, logical relationships, functional, structural, regression and other types of models.

Considered are the peculiarities of mathematical modeling methods, which allow to determine the assessment of the technical condition of axlebox units of cars with rolling bearings.

Keywords: *Vibro, axle hub, bearing, diagnosis, diagnostic model, mathematical modeling, diagnostic feature.*

Вступ. Визначення технічного стану буксових вузлів вагонів безрозбірними методами є природним шляхом підвищення якості ремонту й зниження експлуатаційних витрат. Головним завданням зазначеного заходу можна вважати перехід на обслуговування й ремонт рухомого складу за фактичним технічним станом шляхом удосконалення існуючої технології вібродіагностування.

Широке застосування у промисловості методів та засобів технічної діагностики забезпечує перехід на якісно новий рівень експлуатації машини, що залежить від її фактичного технічного стану, а не від жорсткого графіка планово-попереджувальних ремонтів (ППР). Графік ППР, що складається на основі середньостатистичних даних про величину міжремонтного періоду, не гарантує безаварійної роботи машини в міжремонтний період.

Використання засобів діагностики дає змогу збільшити міжремонтний період, значно зменшити експлуатаційні витрати, зокрема, за рахунок зниження потреби в

запасних частинах і зниження трудомісткості ремонтних робіт.

Аналіз останніх досліджень.

Значного поширення у всьому світі набули методи контролю й діагностики підшипників кочення, що базуються на вимірюванні параметрів вібрації. Обумовлено це тим, що вібраційні сигнали несуть в собі інформацію про стан механізму та підшипників зокрема. При цьому теорія й практика аналізу вібросигналів до теперішнього часу так відпрацьована, що можна отримати достовірну інформацію про поточний технічний стан не тільки підшипника, але і його елементів [1, 4, 5].

Методи й засоби вібродіагностування підшипників локомотивів та вагонів описано в працях РПЗТ, ХІПТ, ТашПТ, ВНДІЗТ та ін. [2, 3]. В той же час досліджень, що спрямовані на створення моделей працездатності буксових вузлів вагонів з використанням методів вібродіагностування, проводиться надто мало.

За існуючою технологією контролю стан підшипників кочення буксового вузла

вагона оцінюється за непрямыми параметрами: наявністю металевої стружки в мастилi; зміною температури корпусу букси; зміною вібрації в штатних точках у діапазоні роторних частот [5-11].

Мета статті. Розглянути особливості методів математичного моделювання для визначення оцінки технічного стану буксових вузлів вагонів з підшипниками кочення.

Викладення основного матеріалу. Здійснення процесу діагностування

підшипників кочення у загальному випадку припускає обов'язкову наявність:

- об'єкта діагностування;
- технічних засобів діагностування;
- людини-оператора.

При цьому для забезпечення оператора відповідною діагностичною інформацією необхідна певна організація взаємодії об'єкта і засобів діагностування, що у результаті утворює систему діагностування.

Структурну схему системи діагностування наведено на рисунку.

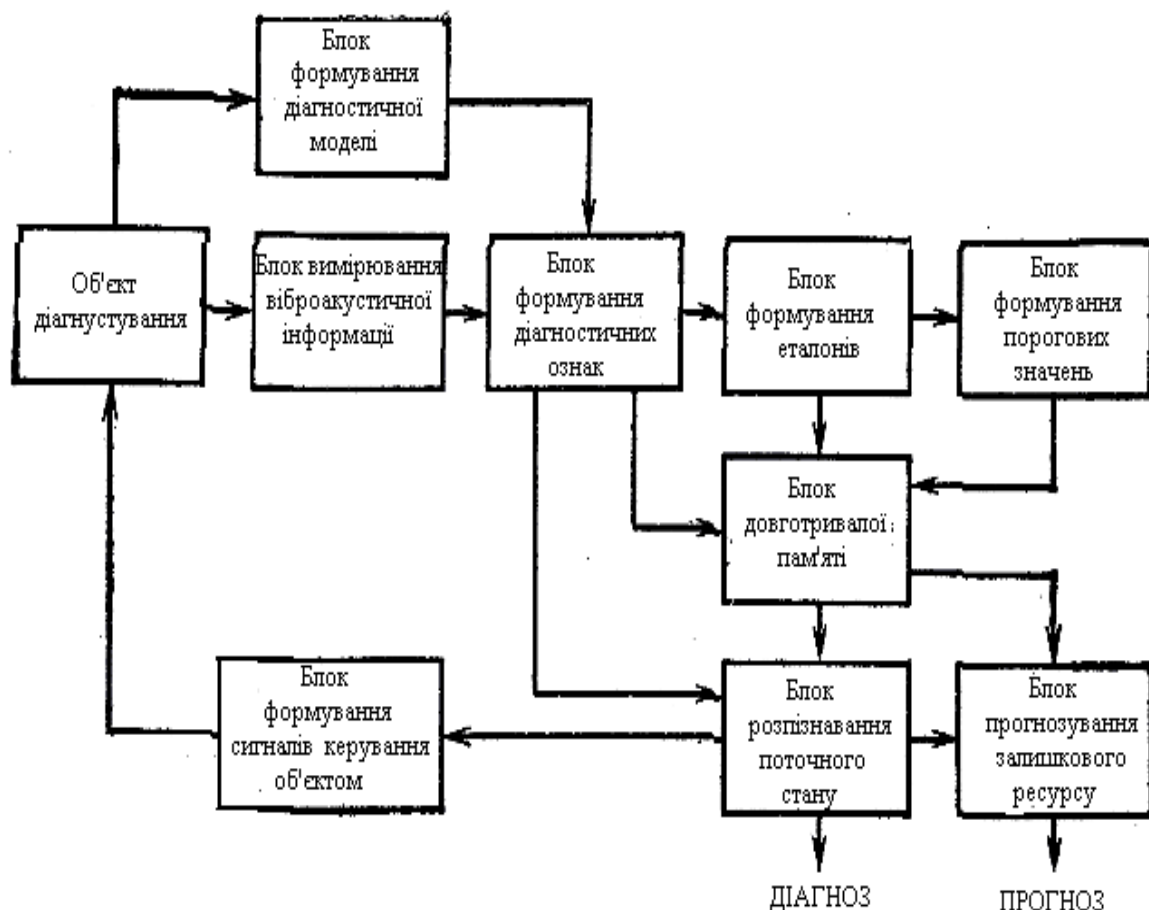


Рис. Структурна схема діагностування

Згідно з даною схемою система включає такі взаємодіючі між собою складові частини, що реалізують певні операції у процесі діагностування [9, 11]:

- об'єкт діагностування, що змінює свій технічний стан;

- підсистему формування діагностичної моделі, що забезпечує взаємозв'язок між технічним станом і вібрацією;

- підсистему вимірювання, що поставляє початкову для аналізу інформацію, що міститься у вібраційному сигналі;

- підсистему формування діагностичних ознак, що перетворює отриману при вимірюваннях інформацію у форму, зручну для розпізнавання поточного технічного стану;

- підсистему формування еталонів, що встановлює відповідність між фіксованим технічним станом і набором діагностичних ознак;

- підсистему вирішальних правил, що містить правила, згідно з якими здійснюється розпізнавання технічного стану;

- підсистему розпізнавання поточного стану, в якій на підставі вирішальних правил ставиться діагноз технічного стану;

- підсистему прогнозування, де на основі аналізу трендових характеристик параметрів технічного стану визначається залишковий ресурс.

Діагностична модель підшипника кочення

Модель, моделювання є фундаментальними поняттями, якими оперує дослідник у процесі вивчення дійсності, що його оточує.

У найбільш загальному вигляді під моделлю розуміють спрощений тією чи іншою мірою розгляд явища, що нас цікавить, спрямований на виявлення його обґрунтованих закономірностей.

Моделюванням відповідно називається процедура розроблення моделі явища і подальшого вивчення з її допомогою особливостей цього явища [8, 10, 11].

Залежно від виду моделі, що використовується, моделювання ділиться на математичне, фізичне і змішане.

Моделювання в діагностиці дає змогу:

- сформулювати умови працездатності, тобто умови поділу множини станів M , в яких підшипники кочення перебувають протягом свого життєвого циклу, принаймні, на дві підмножини: працездатна M_1 і непрацездатна M_2 ;

- отримати критерії для оцінки ступеня працездатності підшипників

кочення (тобто розрізняти зони M_{1i} в підмножині M_1);

- встановити ознаки несправностей (тобто розрізняти зони M_{2j} в підмножині M_2);

- встановити відповідність між параметрами, що визначають працездатність M (простором станів) і діагностичними ознаками D (простором діагностичних ознак).

Розглянемо докладніше, як вирішується це завдання при використанні вказаних вище моделей.

Математичне моделювання підшипника кочення

При математичному моделюванні підшипники кочення [10, 11] умовно розглядають як якийсь перетворювач A параметрів її технічного стану x_i (величини зазорів, натягу, перекошення кілець тощо) в параметри вібрації y_i (рівень і спектральний склад віброзсуву, віброшвидкості, віброприскорення тощо), що виникає при його функціонуванні [10]:

$$\{Y\} = A\{X\}, \quad (1)$$

де $\{Y\} = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ – вектор діагностичних ознак розмірністю n , складений з параметрів вібрації y_i , які використовуються при діагностуванні і називаються діагностичними ознаками;

$\{X\} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вектор структурних параметрів, розмірність якого n визначається кількістю параметрів технічного стану x_i , які виявляються у процесі діагностування.

Розмірності n і m у загальному випадку нерівні між собою, причому діагностування можливе лише при виконанні умови $n > m$.

Задача вібродіагностування полягає в побудові залежності, зворотної для формули (1),

$$\{X\} = G^{-1}\{Y\}. \quad (2)$$

У простому випадку залежність (2) може бути функціональною:

$$x_i = F_i(y_1, y_2, \dots, y_n), \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (3)$$

конкретний вид якої встановлюється в період навчання, що передусь етапу встановлення діагнозу. Цю функцію або систему функцій можна розглядати як відображення простору технічних станів, заданого координатами $x_1, x_2, \dots, x_n$, в простір діагностичних ознак з координатами $y_1, y_2, \dots, y_n$. При цьому виникає і становить особливий інтерес питання однозначності цього відображення.

Якщо кожному з параметрів стану x_i вдається поставити у відповідність тільки одну характерну діагностичну ознаку y_i , то система (3) розпадається на m незалежних співвідношень виду

$$x_i = F_i(y_i), \quad (4)$$

причому $n=m$. Діагностичні ознаки в цьому випадку вибираються з фізичних міркувань на основі математичного моделювання динаміки підшипника кочення [10].

Висновок. При побудові моделі підшипника кочення буксового вузла вагона необхідно розглядати істотні властивості підшипника, виключно важливі для встановлення діагнозу. Заміна реальних пристроїв їх моделями, що ідеалізуються, дозволить відмовитися від їх фізичної природи і за допомогою різних

математичних методів формалізувати вирішення діагностичних.

Діагностичні моделі розглядають, як правило, як моделі, подані у вигляді системи алгебраїчних рівнянь і диференціальних рівнянь, феноменологічних моделей, логічних співвідношень, функціональних, структурних, регресійних та інших типів моделей.

Вибір того або іншого типу моделі залежить від цілого ряду чинників (умови експлуатації підшипників кочення, конструктивного виконання, частотного діапазону вібрацій, що генеруються ними, тощо). Розрахункова модель (схема) складається з урахуванням найбільш істотних властивостей підшипників кочення, що визначають їх динамічну поведінку.

Вплив дефекту, що визначається, на параметри підшипника кочення як динамічної системи дуже багатогранний. В одних випадках дефект змінює характер збурення G , в інших – впливає на матриці жорсткості, демпфірування та інерції. Тому в конструкції реального підшипника кочення параметри елементів системи можуть відрізнятися від розрахункових значень і змінюватися у процесі експлуатації із зміною технічного стану. Тому у вібродіагностуванні існує необхідність аналізу впливу зміни технічного стану на зміну параметрів системи аналітичним шляхом, тобто на основі відомої математичної моделі.

Список використаних джерел

1. Борзилов, І.Д. Визначення працездатності буксових вузлів вагонів вібродіагностичними методами [Текст] / І.Д. Борзилов, В.Г. Равлюк, М.Г. Равлюк // Зб. наук. праць ДонІЗТ. – Донецьк, 2009. – Вип. 19. – С. 83 - 92.
2. Погребняк, А.В. Совершенствование методики диагностирования подшипников тепловозных турбокомпрессоров по вибрационным характеристикам [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / А.В. Погребняк. – Днепропетровск, 1990. – 164 с.

3. Тартаковский, Э.Д. Вибродиагностика подшипников скольжения турбокомпрессоров с помощью кепстра [Текст] / Э.Д. Тартаковский, Е.А. Игуменцев, А.В. Погребняк // Сб. науч. трудов. – Харьков: ХИИТ, 1990. – 15 с. – Деп. в ЦНИИТЭИ МПС, № 5266.
4. Мартинов, І.Е. Вібродіагностування підшипників кочення рухомого складу методом обвідної [Текст] / І.Е. Мартинов, В.Г. Равлюк // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2010. – Вип. 23. – С. 127-134.
5. Павлов, Б.В. Акустическая диагностика механизмов [Текст]: учебник / Б.В. Павлов. – М.: Машиностроение, 1971. – 427 с.
6. Барков, А.В. Диагностика и прогноз состояния подшипников качения по сигналу вибрации [Текст] / А.В. Барков // Судостроение. – 1985. - №3. – С. 21-23.
7. Равлюк, В.Г. Обґрунтування доцільності розробки технології вібродіагностування буксових вузлів вантажних вагонів [Текст] / В.Г. Равлюк // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 111. – С. 214-221.
8. Кравченко, В.М. Технічне діагностування механічного обладнання [Текст]: підручник / В.М. Кравченко, В.А. Сидоров, В.Я. Седуш. – Донецьк: ТОВ „Юго-Восток, Лтд“, 2007. - 447 с.
9. Равлюк, В.Г. Вібродіагностика та методи діагностування підшипників кочення буксових вузлів вагонів [Текст] / В.Г. Равлюк // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2010. – Вип. 21. – С. 177-189.
10. Барков, А.В. Вибрационная диагностика машин и оборудования. Анализ вибрации [Текст]: учебник / А.В. Барков, Н.А. Баркова; СЗУЦ. – С.Пб.: СПбГМТУ, 2004. – 156 с.
11. Генкин, М.Д. Виброакустическая диагностика машин и механизмов [Текст]: учебник / М.Д. Генкин, А.Г. Соколова. — М.: Машиностроение, 1987. –288 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор І.Е. Мартинов

Равлюк Василь Григорович, старш. викл. кафедри вагонів.
Стасів Леонід Станіславович, начальник, слухач ІППК, гр. МЗ-В-Б-11, Львівська залізниця.
Дудник Андрій Олексійович, слухач ІППК, гр. МЗ-В-Б-11, Південна залізниця.
Сологуб Олександр Геннадійович, слухач ІППК, гр. МЗ-В-Б-11, Південна залізниця.

Ravlyuk V.H., Stasiv L.S., Dudnyk A.O., Solohub O.H.

УДК 629.4.027

ДО ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ КОНСТРУКЦІЇ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ РУХОМОГО СКЛАДУ

Д-р техн. наук І.Е. Мартинов, канд. техн. наук А.В. Труфанова, В.Л. Мельничук, М.В. Христан, К.О. Кобзар

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ БУКСОВОГО УЗЛА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Д-р техн. наук И.Э. Мартынов, канд. техн. наук А.В. Труфанова, В.Л. Мельничук, М.В. Христан, К.О. Кобзар

THE ISSUE OF OPTIMIZATION DESIGN AXLE UNIT ROLLING STOCK

Dr. of techn. sciences I.E. Martynov, cand. of techn. sciences A.V. Trufanova, V.L. Melnychuk, M.V. Hrystan, K.O. Kobzar

У результаті проведеного морфологічного аналізу зроблено висновок, що в сукупності всіх значень варіантів конструкцій буксових вузлів найбільш перспективною є конструктивна схема буксового вузла з дворядними конічними підшипниками (TBU). Використання підшипників TBU з вбудованими датчиками дасть змогу значно збільшити надійність роботи рухомого складу.

Ключові слова: касетний підшипник, температура нагріву букс, надійність, безпека руху.

В результате проведенного морфологического анализа сделан вывод, что в совокупности всех значений вариантов конструкций буксовых узлов наиболее перспективной является конструктивная схема буксового узла с двухрядными коническими подшипниками (TBU). Использование подшипников TBU с встроенными датчиками позволит значительно увеличить надежность работы подвижного состава.

Ключевые слова: касетный подшипник, температура нагрева букс, надежность, безопасность движения.

As a result of the conducted morphological analysis concluded that in the set of all values of variants of construction of axlebox units the most promising is the constructive scheme of the axlebox site with double-row tapered roller bearings (TBU). The use of TBU bearings with built-in sensors will significantly increase the reliability of rolling stock.

Постановка проблеми у загальному вигляді, її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Залізничний транспорт відіграє вирішальну роль в єдиній транспортній системі України. Його діяльність забезпечує економічні зв'язки між виробниками та споживачами продукції, областями та економічними регіонами України, а також з іншими країнами.

Україна має одну з найбільш розвинених у Європі мережу залізниць, експлуатаційна довжина якої складає понад 22 тис. км. За густотою вона посідає провідне місце серед країн СНД і наближається за цим показником до європейських країн – Франції та Італії.

За обсягами вантажних перевезень залізниці України посідають четверте місце на Євразійському континенті,

поступаючись тільки залізницям Китаю, Росії та Індії.

Вигідне географічне положення країни посилює значущість залізничного транспорту та обумовлює наявність одного з найбільших у Європі потенціалів транзитності залізниць України, які взаємодіють із залізницями 7 сусідніх країн через 56 пунктів перетину кордону та з 13 основними морськими портами Чорного та Азовського морів і річки Дунай.

Подальше збільшення перевезень, якого потребує стрімко зростаюча економіка та попит населення, вимагає формування нового рівня транспортного забезпечення потреб економіки і суспільства, що базується на якісно новому здійсненні всього комплексу технологічних операцій. А високотехнологічна якісна робота не може спиратися на морально та фізично застарілі основні засоби. Новий рівень транспортного забезпечення вимагає впровадження рухомого складу нового покоління з більш високим рівнем якісних, технічних та економічних показників експлуатації, збільшеними термінами служби та відповідності новим сучасним вимогам, в тому числі і світовим.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним з найвідповідальніших вузлів рухомого складу є буксові вузли з підшипниками кочення. Історія використання підшипників кочення в буксах вагонів нараховує вже кілька десятиліть [1]. З початку 60-х років минулого сторіччя вантажні та пасажирські вагони обладнуються буксами з двома циліндричними роликовими підшипниками, що мають габаритні розміри 130×250 мм і закріплюються на шийці осі за допомогою теплової посадки [1].

Підшипники кочення, що використовуються в буксах вагонів, також не відстають від нових вимог, що ставляться споживачами. Цьому сприяли такі заходи, як удосконалення матеріалів для несучих елементів; оптимізація методів термічної обробки; поліпшення геометрії

контакту кілець та роликів; удосконалення мастильних матеріалів; вдосконалення конструктивних елементів підшипника сепаратора, ущільнювача, кріпильних деталей; поліпшення обробки поверхні корпусів букс.

Але останнім часом все частіше трапляються випадки порушення працездатності циліндричних роликових підшипників, що призводить до відчеплення вагонів на шляху прямування і порушення безпеки руху [3]. Це свідчить про те, що їх надійність недостатня для забезпечення безпеки руху та необхідні дослідження для забезпечення вибору оптимальної конструкції буксового вузла з урахуванням експлуатаційних навантажень.

Основна частина. У інженерній практиці зазвичай відсутні способи, що дають змогу за умови наявності технічного завдання одразу ж вибрати оптимальну структуру пристрою. В результаті процес розроблення носить інтерактивний характер. Зазвичай розробник визначає, до якого класу пристрою може належати проєктована модель, а потім звузити цей клас за допомогою випробувань до декількох технічних рішень, які належать цьому класу, і вибрати найбільш оптимальне.

Сутність морфологічного методу полягає у пошуці найкоротшого шляху розв'язання технічної задачі або об'єкта шляхом оптимального вибору варіантів конструкцій. За допомогою морфологічного аналізу й синтезу технічних рішень, заснованих на евристичному підході, з'являється можливість досліджувати об'єкт з системних позицій і здійснювати направлений підбір можливих варіантів рішень, а також відкинути свідомо непотрібні об'єкти та до мінімуму скоротити число варіантів, які можуть підлягати техніко-економічному порівнянню.

Буксовий вузол є технічним об'єктом, для оптимізації якого необхідно здійснити

техніко-експлуатаційні критерії оцінки варіантів конструкції буксового вузла.

Оптимізація здійснювалась в такій послідовності: спочатку за вказаним критерієм з технічно обґрунтованих конструкцій проводився відбір декількох основних варіантів, потім за допомогою техніко-економічного порівняння обирався найбільш раціональний варіант конструкцій буксового вузла, який би міг повністю здійснювати зв'язок між рамою візка й колісною парою, а також забезпечував надійність експлуатації вантажних вагонів.

На етапі аналітичної обробки даних за допомогою морфологічної таблиці здійснювались арифметичні обчислення, включаючи порівняльний та факторний

аналіз, на етапі наведення результатів аналізу різних конструкцій буксових вузлів подано зведення цих показників (таблиця 1), отримане в результаті цього аналізу.

При використанні морфологічної таблиці забезпечувалось зменшення обсягу вихідних даних аналітичного запису, систематизація та виявлення закономірностей, а також видно повну наочність дослідження. Сукупність аналізованих значень упорядковувалась за принципом від кращого варіанта до гіршого. Кращому значенню присвоювалось перше місце, наступному – друге і т.п. Отримані місця підсумовувались та кращим варіантом виявлявся той варіант конструкції буксових вузлів, який набере найменше значення.

Таблиця

Зведення показників оцінки якостей конструкцій буксових вузлів

Тип підшипника	Оцінка якості			Підсумковий коефіцієнт
	Особливості конструкції	Посадка підшипника на вісь	Торцеве кріплення	
Кулькові	9	3	1-	13
Сферичні	8	3	1	12
Сферичні	7	3	1	11
Циліндричні	6	2	1	9
Циліндричні	5	2	1	8
два циліндричні та один кульковий	4	2	1	7
Два циліндричні та один кульковий	3	2	1	6
Дворядний конічний	2	1	1	4
Дворядний конічний	1	1	1	3

В результаті проведеного морфологічного аналізу можна зробити висновки, що в сукупності всіх значень варіантів конструкцій буксових вузлів найбільш низькі бали отримала конструктивна схема буксового вузла з дворядними конічними підшипниками.

Така конструкція має принципові переваги саме в буксах вантажних вагонів, тому що вони сприймають осьові зусилля торцевими частинами роликів з тертям ковзання.

Їх застосовують тільки у вигляді готових підшипникових вузлів, заповнених мастилом і повністю підготовлених до

монтажу на рухомому складі всіх типів, включаючи високошвидкісний. Конструктивні особливості конічних касетних роликів підшипників полегшують процеси їх монтажу, демонтажу і технічного обслуговування. Це пов'язано з тим, що збирання, регулювання зазорів, змащування і герметизація блока викуповується на заводі-виготовлювачі або його спеціалізованому відділенні. Отже, постачання комплектних конічних підшипників у вигляді готової букси звільняє монтажників від багатьох операцій. Це не тільки скорочує витрати праці, але і захищає підшипник від втручання часто недостатньо кваліфікованого обслуговуючого персоналу.

Конічні роликові підшипники можна застосовувати тільки при незначних кутах нахилу; конструкції з такими підшипниками були розроблені спочатку в США, а потім вдосконалені в Європі введенням нових систем ущільнення.

До цих підшипників ставляться такі вимоги: мінімальна довжина шийки осі; ефективні, по можливості нековзні ущільнення; посадка, що виключає зміну положення на шийці осі. Найважливіші конструкторські рішення реалізовані, зокрема, в опорах колісних пар, призначених для швидкісних потягів Intercity Express (ICE) Державних німецьких залізниць.

На залізницях Японії для швидкісного руху був розроблений поїзд Star 21, де в буксових вузлах були застосовані конічні підшипники.

Рішення японських залізниць застосувати конічні роликопідшипники з консистентним мастилом було достатньо сміливим, оскільки раніше в потягах застосовувалися виключно підшипники з циліндричними роликами і мастилом.

Нові підшипники були виготовлені фірмою Timken. У порівнянні зі звичайними роликопідшипниками нові підшипники мають помітно менший

момент тертя і, отже, значно нижчу робочу температуру, що продовжує термін служби мастила і підвищує працездатність підшипника в цілому.

Тобто вирішальним чинником є робоча температура, яка залежить у свою чергу від геометрії підшипника, діаметра і довжини роликів, їх числа і середнього діаметра, кута конуса в зовнішньому кільці, властивостей поверхні кілець і властивостей використаної підшипникової сталі.

Для герметизації підшипників було використане запатентоване гідродинамічне лабіринтове ущільнення HDL, яке проявляє свої переваги саме у високошвидкісному русі.

Світовий лідер у виробництві підшипникових вузлів компанія SKF пропонує споживачам компактні конічні підшипникові вузли з вбудованими датчиками.

Інтеграція системи датчиків в систему дворядних конічних підшипників TBU (рисунок) забезпечує можливість реалізації функції широкого моніторингу важливих параметрів:

- швидкість обертання коліс для протитязових систем та блока керування тягою;
- температуру підшипника для блока моніторингу;
- напрямок руху поїзда;
- контроль перебування поїзда в системі автоматичного керування рухом поїздів;
- вертикальне або повздовжнє прискорення.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Використання підшипників TBU з вбудованими датчиками дасть змогу значно збільшити надійність роботи рухомого складу. В першу чергу їх застосування доцільне при використанні на пасажирських вагонах та рухомому складі для перевезення небезпечних вантажів.



Рис. Принципова схема та зовнішній вигляд підшипникового вузла TBU з вбудованими датчиками

Список використаних джерел

1. Эггольм, К.Ф. Вагонные буксы с роликовыми подшипниками [Текст] / К.Ф. Эггольм, В.Ф. Девятков. – М.: Трансжелдориздат, 1953. – 240 с.
2. Мартынов, И.Э. Буксовые узлы отечественных вагонов: история и перспективы [Текст] / И.Э. Мартынов // Залізнич. транспорт України. – 2002. – № 6. – С. 34-37.
3. Мартынов, И.Э. Анализ опыта эксплуатации цилиндрических роликоподшипников букс грузовых вагонов [Текст] / И.Э. Мартынов // Вісник Східноукраїнського державного університету. – Луганськ, 2000. – № 5 (27) – С. 157-159.
4. Пути повышения безопасности движения в вагонном хозяйстве [Текст] / А.Ф. Гаврилюк, Н.Е. Вещева, И.Э. Мартынов [и др.] // Восточно-украинский журнал передовых технологий. – 2003. – № 5. – С. 30-32.

Мартынов Ігор Ернстович, д-р техн. наук, професор кафедри вагонів.
Труфанова Альона Володимирівна, канд. техн. наук, старш. викл. кафедри вагонів.
Мельничук Валерій Леонідович, слухач ІППК, гр. МЗ-В-Б-11.
Христан Маріанна Володимирівна, слухач ІППК, гр. МЗ-В-Б-11.
Кобзар Костянтин Олександрович, слухач ІППК, гр. МЗ-В-Б-11.

Martynov I.E., dr. of techn. sciences; Trufanova A.V., cand. of techn. sciences;
Melnichuk V.L., Hrystan M.V., Kobzar K.O.

УДК 629.4.027

МАГНІТНИЙ КОНТРОЛЬ РІВНЯ НАКОПИЧЕНИХ ВТОМНИХ ПОШКОДЖЕНЬ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Старш. викл. К.В. Шевченко, С.А. Кравченко

МАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ УРОВНЯ НАКОПЛЕННЫХ УСТАЛОСТНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Старш. преп. К.В. Шевченко, С.А. Кравченко

MAGNETIC CONTROL LEVEL ACCUMULATED FATIGUE DAMAGE METALS FREIGHT CARS

K.V. Shevchenko, S.A. Kravchenko

У даній статті розглянуто питання можливості застосування коерцитиметрії при контролі стану металокопункцій вантажних вагонів. Подано аналіз процесів, які лежать в основі проведення коерцитиметрії. Виявлено та обґрунтовано необхідність застосування коерцитиметрії при оцінці поточного стану металокопункцій вантажних вагонів.

Ключові слова: *неруйнівний контроль, структура металу, ферромагнетик, коерцитивна сила, напруження металу.*

В данной статье рассмотрен вопрос возможности применения коэрцитиметрии при контроле состояния металлоконструкций грузовых вагонов. Представлен анализ процессов, которые лежат в основе проведения коэрцитиметрии. Выявлена и обоснована необходимость применения коэрцитиметрии при оценке текущего состояния металлоконструкций грузовых вагонов.

Ключевые слова: *неразрушающий контроль, структура металла, ферромагнетик, коэрцитивная сила, напряжение металла.*

In this article the question of the possibility of applying coercimetry in monitoring the state of metal wagons. The analysis of the processes that underlie the conduct coercimetry. Identified and justified the need for coercimetry in assessing the current state of metal wagons.

Keywords: *non-destructive testing, metal structure, ferromagnetic, coercive force, tension of the metal.*

Постановка проблеми. Оцінка рівня накопичених втомних пошкоджень металокопункцій, як правило, проводиться за результатами втомних випробувань модельних зразків, виготовлених за технологією, аналогічною досліджуваній копункції, або вирізаних з реальних копункцій [1].

Вирізання зразків призводить до порушення цілісності копункції і

неможливості її подальшої експлуатації, а визначення рівня накопичених втомних пошкоджень на модельних зразках призводить до спотворення результатів через неминучі відмінності численних факторів, пов'язаних зі структурою і хімічним складом матеріалу, з якого виготовлена копункція. Саме через це існує проблема визначення рівня

накопичених втомних пошкоджень металоконструкцій вантажних вагонів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками коерцитиметрія [1] стала широко застосовуватися для контролю рівня накопичених втомних пошкоджень металоконструкцій, що є досить актуальним для технічної діагностики несучих елементів вантажних вагонів.

Завдяки досвіду з проведення неруйнівного контролю металоконструкцій встановлено [2], що всі зміни в структурі матеріалу в процесі його виготовлення, обробки, зародження і розвитку пошкоджень відображаються у відповідних змінах магнітних і електрофізичних параметрів. Поява цих змін пояснюється розворотом і переміщенням доменів і міждоменних кордонів, що становлять у сукупності доменну структуру матеріалу.

На рис. 1 умовно показано, що кожне зерно феромагнітного металу розбито на декілька доменів, вектори яких орієнтовані взаємно-протилежно. Середній розмір доменів – від 1 до 10 мікрометрів, тобто кожне зерно містить сотні і тисячі доменів. За відсутності зовнішнього магнітного поля вектори доменів компенсують один одного і загальна намагніченість тіла відсутня. При накладенні зовнішнього поля відбувається зміна доменної структури і тіло намагнічується. Ті ж самі зміни відбуваються і в матеріалі металоконструкцій вантажних вагонів протягом їх експлуатації.

Прикордонні зміни, що відбуваються в матеріалі металоконструкцій вантажних вагонів, можна відстежувати за допомогою коерцитиметрії, прогножуючи руйнівні пошкодження, які можуть виникнути внаслідок накопичення втомних пошкоджень.

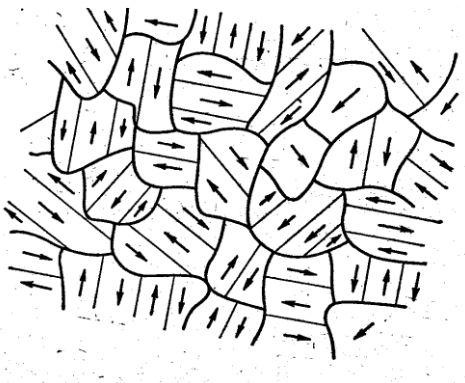


Рис. 1. Доменна структура полікристалічного феромагнетика

Постановка завдання. Фактори невизначеності, які завжди існують у використанні методів неруйнівного контролю, вносять елемент ризику в оцінку рівня накопичених втомних пошкоджень металоконструкцій. У зв'язку із цим виникає необхідність аналізу обраного методу магнітної структуроскопії, щоб можна було його науково-обґрунтовано рекомендувати в практику використання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Мікро- та макродефекти структури, накопичуючись у металі в процесі циклічного навантаження при розтягуванні, стисненні, вигині або крученні, ніби збирають і зберігають інформацію, однозначно пов'язану з максимальними величинами навантажень, які діяли на металоконструкцію, внаслідок чого структура металу сталевих деталей конструкції виконує функцію своєрідного

запам'ятовуючого датчика пікового значення сили [3].

Як основний контрольований магнітний параметр обирається величина коерцитивної сили H_c , оскільки вона однозначно пов'язана із залишковою пластичною деформацією ϵ_{pl} при статичному і циклічному навантаженні металоконструкцій у процесі експлуатації. За своєю природою H_c і ϵ_{pl} є взаємопов'язаними параметрами, зростаючими при циклічному навантаженні, як це можна бачити при аналізі магнітних і деформаційних петель гістерезису, рис. 2 [5]. За своїм фізичним змістом коерцитивна сила H_c – це напруженість магнітного поля, необхідна для повного розмагнічування попередньо намагніченого до насичення феромагнетика

(при $B = 0$ щодо граничної петлі гістерезису), і може бути зображена, як:

$$H_c = B/E + (B/K)1/n, \quad (1)$$

де B – залишкова індукція;

K – циклічний коефіцієнт напруги;

n – циклічний коефіцієнт зміцнення;

E – модуль пружності.

Залишкова деформація ϵ_{pl} – амплітуда необоротної деформації – визначається аналогічними параметрами:

$$\epsilon_{pl} = \sigma/E + (\sigma/K)1/n, \quad (2)$$

де σ – амплітуда навантаження;

E – модуль пружності.

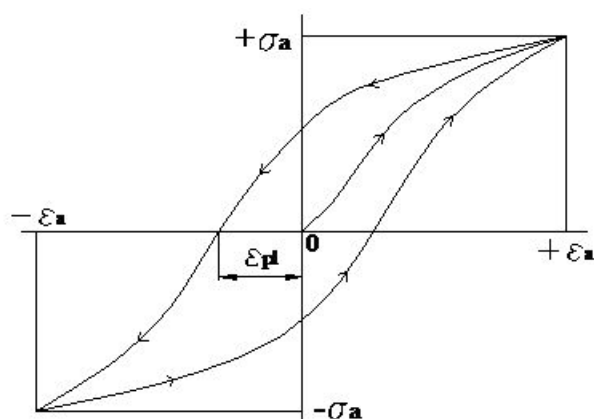
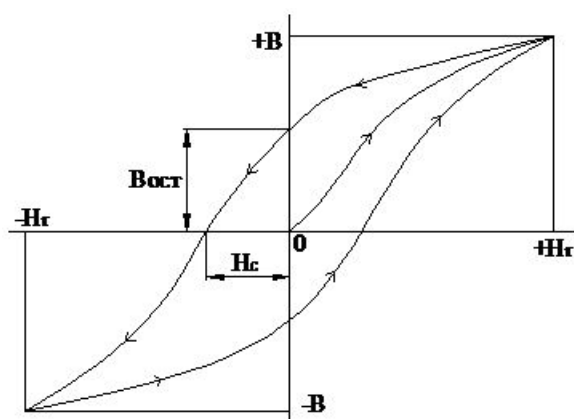


Рис. 2. Магнітна і деформаційна петлі гістерезису:

H_c – коерцитивна сила;

$B_{ост}$ – залишкова індукція;

K – циклічний коефіцієнт напруги;

ϵ_{pl} – залишкова деформація;

σ_a – амплітуда напруження;

n – циклічний коефіцієнт зміцнення

За наявності кореляційних залежностей між H_c і ϵ_{pl} за величиною коерцитивної сили можна вести контроль накопичення пошкоджень у металі, пружно-пластичної деформації металу, а також прогнозувати втрату довговічності металу. При знятті намагнічувального поля H через незворотності процесів індукція не звертається на нуль, а залишається деяка

величина залишкової індукції. Поява великої кількості дефектів у кристалічній решітці, напруги, які накопичуються за час експлуатації, викликають зменшення проникності і збільшення коерцитивної сили.

Початкові та кінцеві значення коерцитивної сили для кожної марки металу – це свої характерні константи.

Кінцеве значення коерцитивної сили не залежить від кількості та властивостей експлуатаційних значень факторів, які призвели метал до руйнування. Обидві величини коерцитивної сили – у початковому стані (поставка) та у стані перед руйнуванням – так само значимі параметри для кожної марки металу, як, наприклад, межа міцності і межа плинності. Вони легко вимірюються з практичної точки зору.

Різниця між цими двома значеннями коерцитивної сили (початковим та кінцевим) рівнозначна експлуатаційному ресурсу металу. Прирошення від початкового до будь-якого проміжного поточного значення коерцитивної сили являє собою відпрацьований ресурс, а різниця поміж кінцевим та поточним – залишковий ресурс за реальним станом накопиченої втоми.

Висновок. Втомні дефекти матеріалу металоконструкцій вантажних вагонів є

наслідком розвитку мікропошкодженості металу.

Крім того, руйнуванню металоконструкцій зазвичай передують пластична деформація. За вимірами коерцитивної сили можна кваліфікувати стан металу за еквівалентними питомими напруженнями і ступенем деградації металу.

На підставі кількісної оцінки втомного стану металу, в межах його неприпустимої втомної пошкодженості, можна приймати обґрунтовані рішення про черговість, доцільність та обсяги ремонту металоконструкцій вантажних вагонів.

Виходячи з цього об'єктивна оцінка стану металоконструкцій вантажних вагонів має формуватися з даних про їх поточний втомний стан. Знаходження зон, де мала або має місце пластична деформація, є важливою задачею з контролю накопичених та попередження появи руйнівних пошкоджень у металоконструкціях вантажних вагонів.

Список використаних джерел

1. Бида, Г.В. Коэрцитиметрия в неразрушающем контроле [Текст] / Г.В. Бида // Дефектоскопия. – 2000. – № 10. – С. 3-28.
2. Фирсов, А.М. Основы неразрушающего контроля материалов и деталей машин [Текст]: учеб. пособие / А.М. Фирсов. – С.Пб.: Центр СПбГМТУ. – 2009. – 51 с.
3. Мельгуй, М.А. Магнитный контроль механических свойств сталей [Текст]: учеб. пособие / М.А. Мельгуй. – Наука и техника. – 1980. – 184 с.
4. Богачева, Н.Д. Расширение возможностей применения коэрцитивной силы [Текст] / Н.Д. Богачева // В мире неразрушающего контроля. – 2005. – № 2. – С. 8-10.
5. Михеев, М.Н. Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля [Текст] / М.Н. Михеев. – М.: Наука, 1993. – 252 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор І.Е. Мартинов

Шевченко Костянтин Віталійович, старш. викл. кафедри вагонів.
Кравченко Сергій Анатолійович, слухач ІППК УкрДАЗТ.

Shevchenko K.V., Kravchenko S.A.

УДК 629.4.083.:629.463

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЧОЇ СИСТЕМИ ДЕПО З РЕМОНТУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

О.М. Мигиріна

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ДЕПО ПО РЕМОНТУ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

О.Н. Мигирина

EVALUATION OF PRODUCTION SYSTEM DEPOT REPAIR OF FREIGHT CARS

O.N. Myhyrina

У статті проведений аналіз виробничої системи ремонту вантажних вагонів за допомогою методу експертних оцінок. Визначено основні фактори, що впливають на якість ремонту вагонів.

Ключові слова: виробнича система, метод експертних оцінок, матеріали та запасні частини, матеріально-технічне постачання.

В статье проведен анализ производственной системы ремонта грузовых вагонов с помощью метода экспертных оценок. Определены основные факторы, которые влияют на качество ремонта вагонов.

Ключевые слова: производственная система, метод экспертных оценок, материалы и запасные части, материально-техническое снабжение.

In the article the analysis of the production system of repair of freight carriages is conducted by the method of expert estimations. Basic factors which influence on quality of repair of carriages are certain.

Keywords: manufacturing system, method of peer review, materials and spare parts logistics.

Постановка проблеми. Сучасні підприємства з ремонту вантажних вагонів функціонують у складних економічних і технічних умовах. Відсутність постійного оновлення рухомого складу, застарілість технологічного обладнання, недостатня кількість запасних частин і матеріалів при планових та непланових ремонтах вагонів створюють важкі умови праці, знижують якість ремонту та значно підвищують його собівартість [1].

У зв'язку з цим головним завданням для подальшого розвитку виробничих систем з ремонту вагонів є розроблення нових методів ефективного проведення робіт з ремонту та утримання вагонів.

Номенклатура і обсяг технологічних робіт у даний час тільки наближаються до нормативних вимог, тому можна прогнозувати подальше збільшення матеріальних, енергетичних і фінансових витрат при ремонті вагонів. Для зниження витрат ресурсів вагоноремонтних підприємств потрібним вважається проведення наукових досліджень у галузі ресурсо- та енергозберігаючих технологій, застосування сучасного технологічного обладнання з ремонту вагонів, використання якісних ремонтних матеріалів і запасних частин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні роки проблемам

матеріально-технічного забезпечення підприємств були присвячені роботи Р. Брауна, Е.В. Булінської, Н.Н. Голдобіної, Д.А. Гаврилова, А.П. Долгова, А.М. Зєвакова, К.В. Інютіної, Д.В. Ісаєва, Е. Кенінгсберга, В.К. Козлова, С.М. Корнілова, В.М. Макарова, С.Р. Мікитянца, М.О. Оладова і багатьох інших, що показало перспективність розробок у даному напрямку.

Викладення основного матеріалу статті. Для обґрунтування та вибору економічно доцільних варіантів організації ефективного вагоноремонтного підприємства необхідним вважається визначення основних недоліків системи ремонту вантажних вагонів з метою отримання необхідних векторів впливу. Для вирішення подібних задач, як правило, застосовується метод експертних оцінок [2].

Сутність даного методу полягає в проведенні експертами інтуїтивно-логічного аналізу проблеми з кількісною

оцінкою суджень і формальною обробкою результатів. Одержувана в результаті обробки узагальнена думка експертів приймається як рішення проблеми.

До основних видів експертного оцінювання належать: анкетування і інтерв'ювання; мозковий штурм; дискусія; нарада; оперативна гра; сценарій. Для обробки даних та перевірки їх достовірності використовують метод ранжирування.

В нашому випадку експертне оцінювання виконуватиметься методом анкетування, а обробка даних та перевірка їх достовірності – методом ранжирування.

У табл. 1 подано анкету, яку запропонували заповнити п'яти експертам, розташування балів виконувалося від 1 до 16 у порядку важливості впливу їх на появу недоліків системи ремонту вантажних вагонів в умовах депо.

Таблиця 1

Експертні оцінки причин виникнення недоліків системи ремонту

Елемент системи ремонту	Причини виникнення недоліків системи ремонту вагонів	Номер експерта				
		1	2	3	4	5
1. Обладнання та засоби системи ремонту вагонів	1. Відсутність вільних ремонтних стійл	10	12	11	12	12
	2. Відсутність запасних частин та матеріалів	1	1	1	2	1
	3. Відсутність необхідного інструменту	2	4	3	1	3
	4. Низький рівень механізації робіт і технічної забезпеченості дільниць та відділень	3	3	4	4	6
	5. Відсутність запасних частин та матеріалів для ремонтного обладнання	5	5	6	3	2
2. Трудові ресурси системи ремонту	6. Порушення технологічних циклів	4	6	2	5	7
	7. Відсутність робочих необхідної спеціальності та кваліфікації	6	10	10	13	11
	8. Висока плінність кадрів	14	14	15	14	13
	9. Невиконання виробничих норм	7	2	7	6	4
	10. Невихід робітника на виробництво	15	16	14	15	15
	11. Запізнення на роботу	16	15	16	16	16
3. Організація та управління системою ремонту вагонів	12. Відсутність встановленого порядку усунення виникаючих відмов та збоїв обладнання	9	11	12	8	14
	13. Використання застарілих технологій	8	7	5	7	8
	14. Неповнота та недостовірність інформації	12	13	13	10	10
	15. Порушення норм технічного контролю	11	8	8	9	5
	16. Помилки в технічній документації	13	9	9	11	9

Після проведення упорядкування рангів, визначення суми рангів кожної причини відмови і середньої суми їх значень маємо можливість отримання коефіцієнта конкордації, який характеризує узгодженість думок експертів.

$$W = \frac{12 \cdot \sum_{j=1}^n \Delta_j^2}{m \cdot [mn \cdot (n^2 - 1) - \sum_{i=1}^m T_i]},$$

де T_i – кількість виключених рангів, $T_i=0$;

Δ_j^2 – квадрат відхилення Δ_j суми рангів j -ї причини виходу з ладу від середньої суми рангів сукупності.

Після оцінки значущості коефіцієнта конкордації за критерієм X^2 проводимо оцінку коефіцієнтів важливості (переваги) кожного варіанта, що дозволяє виявити варіант із найбільшим значенням коефіцієнта важливості (табл. 2).

Таблиця 2

Значення коефіцієнтів важливості

Елемент системи ремонту	Причини виникнення недоліків системи ремонту вагонів	Чисельне значення коефіцієнта важливості	Примітка
1. Обладнання та засоби системи ремонту вагонів	1. Відсутність вільних ремонтних стійл	0,041	
	2. Відсутність запасних частин та матеріалів	0,116	max 1
	3. Відсутність необхідного інструменту	0,106	max 2
	4. Низький рівень механізації робіт і технічної забезпеченості діляниць та відділень	0,096	
	5. Відсутність запасних частин та матеріалів для ремонтного обладнання	0,094	
2. Трудові ресурси системи ремонту	6. Порушення технологічних циклів	0,090	
	7. Відсутність робітників необхідної спеціальності та кваліфікації	0,051	
	8. Висока плинність кадрів	0,022	
	9. Невиконання виробничих норм	0,087	
	10. Невихід робітника на виробництво	0,015	
	11. Запізнення на роботу	0,009	
3. Організація та управління системою ремонту вагонів	12. Відсутність встановленого порядку усунення виникаючих відмов та збоїв обладнання	0,046	
	13. Використання застарілих технологій	0,074	
	14. Неповнота та недостовірність інформації	0,040	
	15. Порушення норм технічного контролю	0,065	
	16. Помилки в технічній документації	0,050	

Аналізуючи отримані коефіцієнти важливості у табл. 2, можна зробити

висновок, що найбільш вирішальним фактором, що впливає на якість проведення

ремонту вагонів, є відсутність запасних частин і матеріалів та відсутність необхідного інструменту.

Висновки. За допомогою методу експертних оцінок зроблено висновок, що найбільш впливовим фактором якості ремонту вантажних вагонів є низька ефективність системи матеріально-

технічного постачання [3]. Вдосконалення системи нормування витрат потрібно починати зі створення єдиної методики розрахунку матеріально-технічних ресурсів, що враховує сучасні умови роботи вагона, технологію ремонту та діючі нормативні документи.

Список використаних джерел

1. Корнилов, С.Н. Логистика ремонта железнодорожного подвижного состава [Текст]: монография / С.Н. Корнилов, А.Н. Рахмангулов, Е.П. Дудкин, А.А. Горшенин. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2005. – 182 с.
2. Бешелев, С.Д. Экспертные оценки [Текст] / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – М.: Наука, 1973. – 246 с.
3. Линдерс, М.Р. Управление снабжением и запасами. Логистика [Текст] / М.Р. Линдерс, Х.Е. Фирон. – С.Пб.: ООО «Виктория плюс», 2002. – 768 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор І.Е. Мартинов

Мигиріна Ольга Миколаївна, слухач ІППК, гр. МЗ-В-Б-11.

Muhyrina O.N.

УДК 629.4.083:629.45

РОЗРОБЛЕННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ МАКЕТНОГО ЗРАЗКА ПРИБРОЮ АКУСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ КОЛІСНИХ ПАР

Канд. техн. наук В.В. Бондаренко, асист. Д.І. Скуріхін, Т.В. Мосійчук

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ МАКЕТНОГО ОБРАЗЦА УСТРОЙСТВА АКУСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КОЛЕСНЫХ ПАР

Канд. техн. наук В.В. Бондаренко, ассист. Д.И. Скурехин, Т.В. Мосийчук

DEVELOPMENT AND TESTING OF MOCK-ACOUSTIC CONTROL DEVICES WHEELSETS

Cand. of techn. sciences V.V. Bondarenko, D.I. Skurikhin, T.V. Mosiychuk

Розглянуто сучасні засоби неруйнівного контролю ходових частин вагонів, виділено їх недоліки та запропоновано альтернативний підхід до контролю технічного стану колісних пар під час руху пасажирського вагона. На основі проведених досліджень сформульоване технічне завдання та розроблений макетний зразок пристрою акустичного контролю з імітатором сигналу. Доведено, що пристрій акустичного контролю дає змогу автоматично

визначати відмови колісних пар під час руху пасажирського вагона, відтворювати в реальному режимі часу аудіоінформацію, зняту з мікрофонів для оцінки технічного стану колісних пар експертом віддалено.

Ключові слова: вагон, колісні пари, акустичний контроль, короткі нерівності, макетний зразок, імітатор акустичного сигналу.

Рассмотрены современные средства неразрушающего контроля ходовых частей вагонов, выделены их недостатки и предложен альтернативный подход к контролю технического состояния колесных пар при движении пассажирского вагона. На основе проведенных исследований сформулировано техническое задание и разработан макетный образец устройства акустического контроля с имитатором сигнала. Доказано, что устройство акустического контроля позволяет автоматически определять отказы колесных пар при движении пассажирского вагона, воспроизводит в реальном режиме времени аудиоинформацию, снятую с микрофонов для оценки технического состояния колесных пар экспертом удаленно.

Ключевые слова: вагон, колесные пары, акустический контроль, короткие неровности, макетный образец, имитатор акустического сигнала.

The article deals with modern means of nondestructive testing undercarriages of cars are highlighted their shortcomings and propose an alternative approach to the control of the technical condition of wheel sets in motion a passenger car. Based on these studies formulated terms of reference and developed scale-model device with acoustic control signal simulator. It is proved that a sonic control to automatically identify failures wheelsets when driving a passenger car, play, real-time audio data removed from microphones to evaluate the technical condition of wheelsets expert remotely.

Keywords: car, wheel sets, acoustic control, short inequality model sample, wannabe acoustic signal.

Постановка проблеми. Технічний стан колісних пар безпосередньо впливає на безпеку руху поїздів, а його зміна під час рейсу створює аварійні умови експлуатації. Короткі ізольовані нерівності на поверхні кочення коліс є однією з найпоширеніших відмов ходових частин [2], які знижують довговічність осей колісних пар та підшипників буксових вузлів. Непідресорені елементи ходових частин пасажирського вагона за весь термін служби при експлуатації без пошкоджень поверхні кочення колеса сприймають орієнтовно $37 \cdot 10^4$ ударів із прискореннями взимку та влітку. При експлуатації колісної пари з короткими нерівностями на поверхні кочення частота появи зазначених прискорень збільшується:

- для $k = 2$ – в 20,5 разів;
- для $k = 3$ – у 32 рази,

(k – коеф. динамічного перевантаження).

Аналіз досліджень і публікацій.

Аналіз технології експлуатації й технічного обслуговування пасажирських вагонів показав, що на залізницях України немає засобів автоматизованого контролю технічного стану колісних пар під час руху поїздів, окрім теплових. Відмови колісних пар виявляють оглядачі вагонів на станціях, що не задовольняє вимоги підвищення достовірності, автоматизації та оперативності контролю технічного стану вагонів.

Постановка завдання. Природний знос і пошкодження випадкового характеру коліс істотно обмежують безвідмовний пробіг вагонів, що знижує економічну ефективність роботи залізниць. В даній публікації проведений короткий огляд сучасних засобів контролю технічного стану колісних пар під час руху вагона.

Значна увага приділена розробленню та дослідженню конструкційних особливостей пристрою для контролю технічного стану колісних пар.

Виклад основного матеріалу дослідження. Використання ефективних методів та засобів контролю технічного стану найбільш відповідальних елементів вагонів дозволяє поєднати планово-попереджувальну систему ремонту й технічного обслуговування вагонного парку з більш доцільною з економічної точки зору системою ремонту за технічним станом.

На залізницях України технічний стан колісних вагонів під час руху контролюють оглядачі вагонів на станціях прямування, що не забезпечує безперервності і оперативності контролю. Щодо бортових систем безперервного контролю ходових частин під час руху існують лише розробки

українських вчених: система АСТК і пристрій на базі електромагнітно-акустичних перетворювачів. В цих системах первинні перетворювачі (датчики вібрації) встановлені на елементах ходових частин, що зумовлює такі недоліки: громіздкість конструкції, невисоку надійність і складності при технічному обслуговуванні вагонів.

Нами запропоновано альтернативний підхід до контролю технічного стану колісних пар під час руху вагона, в основі якого лежить реєстрація пружних коливань колісної пари через повітря датчиками, які розташовані на рамі вагона.

Після аналізу результатів попередніх досліджень [1, 3, 4] нами сформульоване технічне завдання на бортовий пристрій контролю колісних пар пасажирських вагонів під час руху (таблиця).

Таблиця

Технічне завдання на пристрій акустичного контролю колісних пар

Модулі	Призначення	Галузь застосування	Вимоги
Зовнішній пристрій	Приймання і перетворення акустичного сигналу Формування сигналу тривоги	Пасажирські вагони	Формування опорного сигналу, пропорційного швидкості поїзда $T_o \sim V_n$ Приймання вхідного акустичного сигналу в смузі частот 2-5кГц Формування сигналу тривоги; Перетворення сигналу з мікрофона для подачі його на GPS/GSM/GPRS-модуль для прослуховування оточення; Спрямованість дії мікрофона
GPS/GSM/GPRS-модуль	Передача на віддалений ПК користувача: поточних координат об'єкта сигналу тривоги аудіоінформації.	пасажирські вагони	Відображення на віддаленому ПК: індивідуальних даних і місця розташування вагона на карті сигналу тривоги (звуковий, світловий) on-line прослуховування аудіоінформації від зовнішнього пристрою

Розроблений макетний зразок пристрою акустичного контролю складається з мікрофонів, які закріплені на рамі вагона, мікрофонного підсилювача 1, активного смугового фільтра 2, формувача обвідної сигналу 3, формувача каліброваних імпульсів 4, перетворювача частоти в напругу 5, пристрою порівняння

6. До входу пристрою порівняння підключений вихід формувача сигналу швидкості вагона 8, вихід пристрою порівняння підключений до вихідного пристрою 7, причому вихід активного смугового фільтра 2 підключений до входу вихідного пристрою 7 (рис. 1).

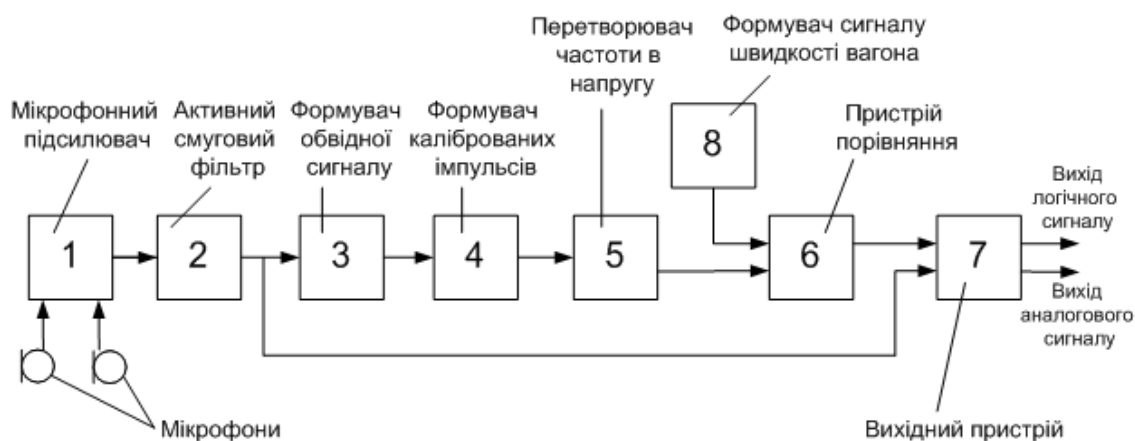


Рис. 1. Структурна схема пристрою акустичного контролю колісних пар

Пристрій працює таким чином. На кожному вагоні пасажирського поїзда розташовані мікрофони М, які сприймають звукові коливання від руху вагона, зокрема взаємодії таких елементів, як колесо-рейка, колесо-гальмівна колодка та ін. Електричний сигнал з виходу мікрофонів подається на вхід мікрофонного підсилювача 1, амплітудно-частотна характеристика якого розрахована для проведення первинної селекції за частотою. З виходу підсилювача 1 сигнал подається на активний смуговий фільтр, де виділяється корисний сигнал, що подається на вхід формувача обвідної сигналу 3 і далі на формувач каліброваних імпульсів 4 для отримання сигналу зі стабільною тривалістю та амплітудою, отримані імпульси надходять у перетворювач частоти в напругу 5, в якому частота імпульсів перетворюється в пропорційну напругу. В пристрої порівняння порівнюються величини напруг з виходів перетворювача частоти в напругу 5 і формувача сигналу швидкості вагона 8, у

випадку рівності напруг в заданому діапазоні пристрій порівняння спрацьовує і сигнал подається на вихідний пристрій 7, що призначений для запобігання спрацюванню від випадкових короточасних імпульсів і що має затримку спрацювання у часі, на виході якого отримується логічний нуль або одиниця (5 В), також на вхід вихідного пристрою 7 подається сигнал з виходу активного смугового фільтра 2.

Експериментальне дослідження роботи макетного зразка (рис. 2) проведено за допомогою спеціально розробленого імітатора звукового сигналу від взаємодії колеса і рейки (рис. 3). Імітатор підключається до аудіоколонок та відтворює акустичний сигнал від удару колеса по рейці. В імітатор закладені регулювання таких параметрів: швидкість вагона, рівень шуму оточення, тривалість імпульсу. Такі функціональні можливості дають змогу дослідити роботу пристрою в різних експлуатаційних умовах під час руху пасажирського вагона.



Рис. 2. Макетний зразок пристрою акустичного контролю



Рис. 3. Імітатор акустичного сигналу

Спосіб та пристрій акустичного контролю технічного стану колісних пар під час руху вагона захищені патентами на винаходи України №95863 та №96483.

Висновки. В публікації розглянуто сучасні засоби неруйнівного контролю ходових частин вагонів, виділені їх недоліки та запропоновано альтернативний підхід до контролю технічного стану колісних пар під час руху пасажирського вагона. На основі проведених досліджень

сформульоване технічне завдання та розроблений макетний зразок пристрою акустичного контролю з імітатором сигналу. Доведено, що пристрій акустичного контролю дає змогу автоматично визначати відмови колісних пар під час руху пасажирського вагона, відтворювати в реальному режимі часу аудіоінформацію, зняту з мікрофонів, для оцінки технічного стану колісних пар експертом віддалено.

Список використаних джерел

1. Мартинов, І.Е. Підвищення експлуатаційної надійності пасажирських вагонів на основі акустичного контролю колісних пар [Текст] / І.Е. Мартинов, В.В. Бондаренко, Д.І. Скуріхін // Міжнародний інформаційно-технічний журнал «Вагонний парк». – Харків, 2011. – № 6 – С. 36-39.
2. Бондаренко, В.В. Аналіз несправностей пасажирських вагонів у сучасних умовах експлуатації [Текст] / В.В. Бондаренко, Д.І. Скуріхін // Надійність рейкового рухомого складу: зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. № 107. – С. 106-110.
3. Бондаренко, В.В. Динамический анализ колебаний колесной пары вагона при ее движении с короткой неровностью на поверхности катания [Текст] / В.В. Бондаренко, А.Н. Кузнецов, А.И. Рубаненко, Д.И. Скурихин // Научно-технический сборник «Коммунальное хозяйство городов». – Харьков: ХНАГХ. – 2011. – Вип. 97 – С. 278 – 289.
4. Бондаренко, В.В. Бортовая система акустического контроля колесных пар [Текст] / В.В. Бондаренко, Д.І. Скуріхін // Залізничний транспорт України. – 2012. – № 1. – С. 32-35.

Рецензент д-р техн. наук, професор І.Е. Мартинов

Бондаренко В'ячеслав Володимирович, канд. техн. наук, доцент кафедри вагонів.
Скуріхін Дмитро Ігорович, аспірант кафедри вагонів.
Мосійчук Тарас Валерійович, слухач ППІК, гр. МЗ-В-Б-11.

Bondarenko V.V., Skurikhin D.I., Mosiychuk T.V.

УДК 658.516:656.2

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАГОНІВ
ЗА РАХУНОК УПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ
ДІАГНОСТУВАННЯ ГАЛЬМ**

Канд. техн. наук А.О. Ніколаєнко, І.В. Паньків

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
ВАГОНОВ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ТОРМОЗОВ**

Канд. техн. наук А.А. Николаенко, И.В. Паньков

**UPGRADING TECHNICAL MAINTENANCE FOR ACCOUNT OF
INTRODUCTION OF CAS OF DIAGNOSTICS OF BRAKES**

Cand. of techn. sciences A.O. Nikolaienko, I.V. Pankiv

Проведено аналіз стану безпеки руху поїздів за I півріччя 2013 року по експлуатаційному вагонному депо Ужгород. Обґрунтована доцільність упровадження автоматизованої системи діагностики гальм вантажних составів «АСДТ» на ПТО ВЧДЕ-10 Львівської залізниці для підвищення якості технічного обслуговування вагонів.

Ключові слова: вагони, якість технічного обслуговування, безпека руху, гальмівне обладнання, відмова, системи діагностики.

Проведен анализ состояния безопасности за I полугодие 2013 года в эксплуатационном вагонном депо Ужгород. Обоснована необходимость внедрения автоматизированной системы диагностики тормозов грузовых вагонов «АСДТ» на ПТО ВЧДЕ-10 Львовской железной дороги с целью повышения качества технического обслуживания вагонов.

Ключевые слова: вагоны, качество технического обслуживания, безопасность движения, тормозное оборудование, отказ, системы диагностики.

The analysis of the state of safety is conducted after half-year 2013 years in an operating carhouse Uzhgorod. The necessity of introduction of the avtomatizirovanooy system of diagnostics of brakes of freight carriages of «ASDT» is grounded on PTO VCHDE-10 the Lvov railway with the purpose of upgrading technical maintenance of carriages.

Keywords: cars, quality maintenance, traffic safety, braking equipment failure, system diagnostics.

Постановка проблеми. Основною метою забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті є спроможність транспорту функціонувати в заданих межах параметрів, що забезпечують виконання поїзної та маневрової роботи й унеможливають чи мінімізують рівень відхилень від нормального експлуатування, що є потенційною або наявною небезпекою, а також здатність змінювати свої параметри у разі виникнення потенційної загрози, щоб унеможливити її подальший розвиток.

За останні роки у вагонному господарстві кількість транспортних подій через несправності гальм вагонів значно зросла і стала основною причиною відмов вагонного парку. Основними несправностями гальмівного обладнання вагонів стали витоки повітря у місцях з'єднання гальмівної мережі й несправності гальмівних приладів. Невирішеним питанням у вагонному господарстві залишається недосконала технологія проведення технічного обслуговування поїздів, що призводить до систематичних порушень безпеки руху. У відповідності до наказу Укрзалізниці №164Ц «Про заходи щодо забезпечення безпеки руху в поїзній і маневровій роботі на залізничному транспорті» необхідно сконцентрувати

увагу на впровадженні автоматизованих систем діагностування.

Аналіз останніх досліджень. Гальмівне обладнання пасажирських та вантажних вагонів працює в дуже жорстких умовах [1, 2]. У зв'язку з цим актуальним є завдання розроблення та впровадження автоматичних систем, призначених для постійного контролю та діагностування працездатності гальмівного обладнання вагонів на ПТО, а також забезпечення функцій дистанційного моніторингу технічного стану гальм у реальному масштабі часу під час рейсу поїздів.

Мета статті. Аналіз стану безпеки руху поїздів за I півріччя 2013 року по експлуатаційному вагонному депо Ужгород [3]. Обґрунтування доцільності впровадження автоматизованої системи діагностики гальм вантажних составів «АСДТ» на ПТО ВЧДЕ-10 Львівської залізниці для підвищення якості технічного обслуговування вагонів.

Викладення основного матеріалу. Аналіз кількості неграфікових зупинок поїздів, допущених з вини ВЧДЕ-10, на інших залізницях Укрзалізниці за червень та 6 місяців 2013 року в порівнянні з 2012 роком подано у табл. 1.

Відчеплення вагонів через вихід з ладу вузлів вагонів за червень та 6 місяців 2013 року наведено у табл. 2-5.

Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту. Вагони

Таблиця 1

Аналіз неграфікових зупинок поїздів

Підрозділ ВЧДЕ-10	2012 рік		2013 рік		Результат	
	червень	6 міс.	червень	6 міс.	червень	6 міс.
ПТО Лавочне	0	5	1	8	+1	+3
ПТО Батьове	0	1	0	2	0	+1
ПТО Мукачеве	0	2	0	0	0	-2
ПТО Чоп	0	1	0	2	0	+1
Інші	0	0	0	1	0	+1
ВСЬОГО	0	9	1	13	+1	+4

Таблиця 2

Відчеплення вагонів через заміну колісних пар

ВЧД	Кількість вагонів		Причини та кількість заміни колісних пар, ваг/к.п.									
			Тонк. гребінь		Повзун, кільц. вир.		Вищербини		Навари		Схід	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
ПТО Сянки	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ПТО Лавочне	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ПТО Мукачеве	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ПТО Батьове	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3
ПТО Чоп	4	12	0	2	0	2	0	0	0	1	4	7
ПТО Ужгород	9	13	1	1	0	0	0	0	7	9	1	3
Всього	17	29	2	3	0	2	0	0	7	11	9	13

Таблиця 3

Відчеплення вагонів через несправності візків

ВЧД	Кількість вагонів		Причини несправності							
			Злам шківня		Злам приливка повзуна		Знос ковпака повзуна		Злам пружини	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПТО Сянки	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ст. Королеве	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ПТО Лавочне	4	0	2	0	2	0	0	0	0	0
ПТО Мукачеве	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ПТО Батьове	1	4	1	0	0	1	0	0	0	3
ПТО Чоп	24	22	19	21	3	1	0	0	2	0

Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту. Вагони

Продовження табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПТО Ужгород	6	4	0	0	2	0	0	0	4	4
ВСЬОГО	35	30	22	21	7	2	0	0	6	7

Таблиця 4

Відчеплення вагонів через несправності роликів букс

Несправність	червень		II кв.		6 міс.	
	2013	2012	2013	2012	2013	2012
Злам стопорної планки (болтів М12)	0	0	1	0	1	0
Технологічний нагрів	0	0	0	0	0	0
Причину не виявлено	0	0	0	0	0	1
Злам хвостовика стопорної планки, знос різі на шийці осі	0	0	0	0	0	0
Надири на торцях роликів, кільцях типу «ялинка»	1	0	2	0	2	0
Несправність лабіринтного кільця	0	0	0	0	0	0
Електроопік	0	0	0	0	0	0
Неправильний підбір підшипників (невідповідність радіальних та осьових зазорів)	0	0	0	0	0	0
Злам (руйнування) перемичок сепаратора (виробник ТД Мегапласт)	0	1	0	3	0	6
Інші	0	1	0	1	0	3
Виявлено в тому числі оглядачами вагонів	0	1	0	1	0	1
Всього	1	2	3	4	3	10

Таблиця 5

Відчеплення вагонів через несправності гальмівного обладнання

ВЧД	Всього через несправність гальмівного обладнання		В тому числі через несправність							
			авторезиму (код 401)		авторегулятора (код 402)		повітророзподільника (код 403)		гальмівного циліндра (код 404)	
	червень	6 міс.	червень	6 міс.	червень	6 міс.	червень	6 міс.	черв.	6 міс.
ПТО Сянки	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ст. Королеве	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ПТО Лавочне	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ПТО Мукачеве	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ПТО Батьове	0	4	0	2	0	2	0	0	0	0
ПТО Чоп	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0
ПТО Ужгород	0	7	0	3	1	1	0	1	0	2
Всього	1	13	0	7	1	3	0	1	0	2

Проведений аналіз дав змогу виявити слабкі місця при технічному обслуговуванні та ремонті вагонів, а саме:

- на МПРВ Чоп, Ужгород через незадовільне забезпечення запасними частинами та матеріалами порушується технологія ремонту вагонів;

- на ПТО Чоп порушується технологія огляду автогальмівного обладнання вагонів у поїздах, низький рівень трудової й технологічної дисципліни;

- ПТО Чоп, Батьове, Ужгород: неякісне проведення техобслуговування поїздів, порушення виконання повної проби автогальм поїздів, невиявлення та неусунення недоліків у вагонах, низький рівень знань працівників;

- ПТО Чоп, Ужгород в частині використання шаблонів та проведення ними замірів.

Для підвищення якості ТО вагонів є доцільним впровадження автоматизованої системи діагностики гальм вантажних составів «АСДТ» [4] на ПТО ВЧДЕ-10.

Система забезпечує дистанційне керування кожною з таких операцій:

- продувка гальмівної магістралі зниженим тиском;

- зарядка гальмівної мережі состава до встановленого тиску;

- перевірка щільності гальмівної магістралі у стані відпуску;

- гальмування;

- перевірка щільності гальмівної магістралі у стані загальмованості;

- відпуск гальм;

- автоматичне вимірювання тиску у гальмівній магістралі;

- автоматична перевірка цілісності гальмівної магістралі;

- знаходження уповільнення відпуску одного чи декількох вагонів;

- формування та друк довідки про гальма та ін.

Система складається з центрального поста оператора ПТО, пневматичного пристрою, автоматичних стаціонарних вимірювачів тиску, які розташовуються у колонці, та мобільних вимірювачів тиску гальмівної мережі, а також вузлів приймально-передавальної радіоапаратури. Склад системи зображено на рис. 1.

Основна технічна характеристика системи:

- тип системи – стаціонарний;

- кількість составів для обробки – на 10 незалежних коліях;

- довжина составів, що обробляються, – необмежана;

- вивід інформації – на монітор або паперовий;

- межа похибки – 0,5 %;

- час зберігання інформації – 12 місяців;

- потужність, що використовується, – не більше 1000 Вт.

Технологічний процес випробування гальм та їх діагностики проводиться системою та зводиться до виконання таких операцій:

- зарядка гальмівної магістралі до заданого тиску вказаним темпом;

- зниження тиску у гальмівній магістралі до заданої величини вказаним темпом;

- вибір шляху, що обробляється;

- вимірювання тиску у головній та хвостовій частинах складу;

- вимірювання темпу вимірювання тиску у головній та хвостовій частинах состава;

- реєстрація часу зміни тиску;

- реєстрація часу початку й закінчення режимів;

- синхронізація стаціонарних та мобільних пристроїв.

Вікно журналу роботи а також поля параметрів та діаграма випробування гальм наведені на рис. 2 та 3.

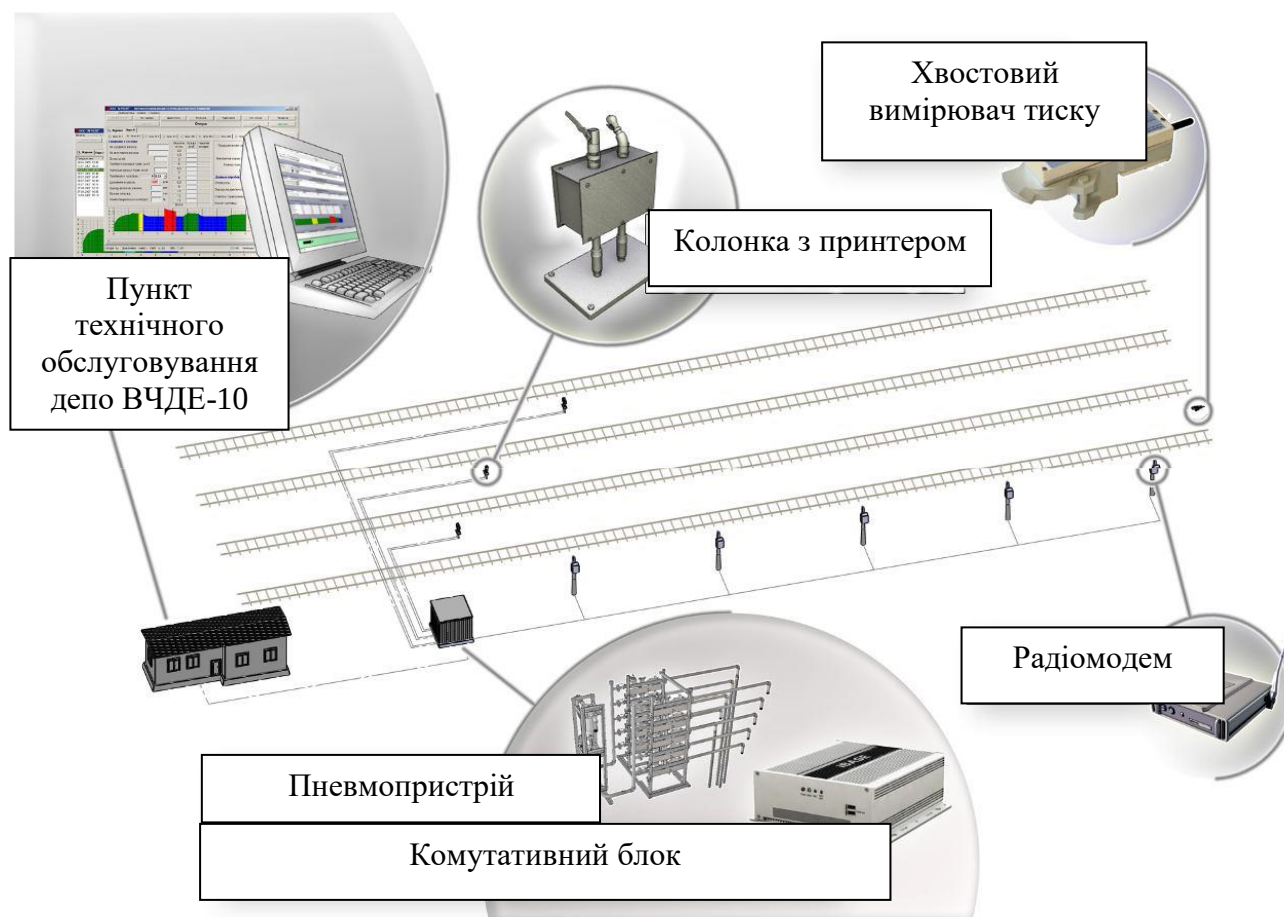


Рис. 1. Склад системи АСДТ

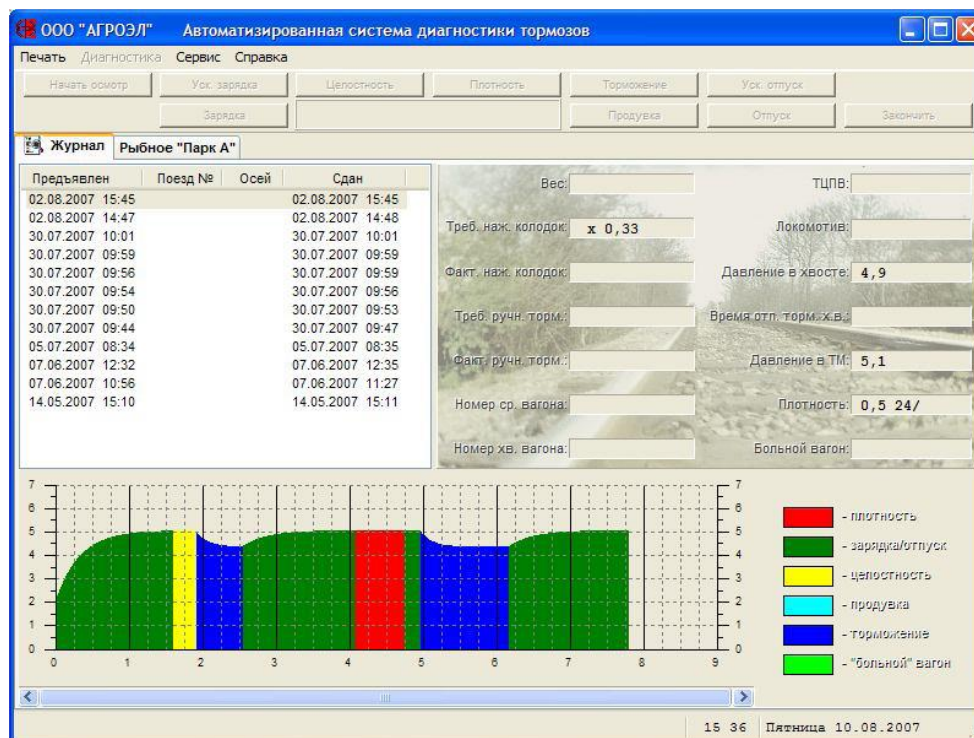


Рис. 2. Вікно журналу роботи

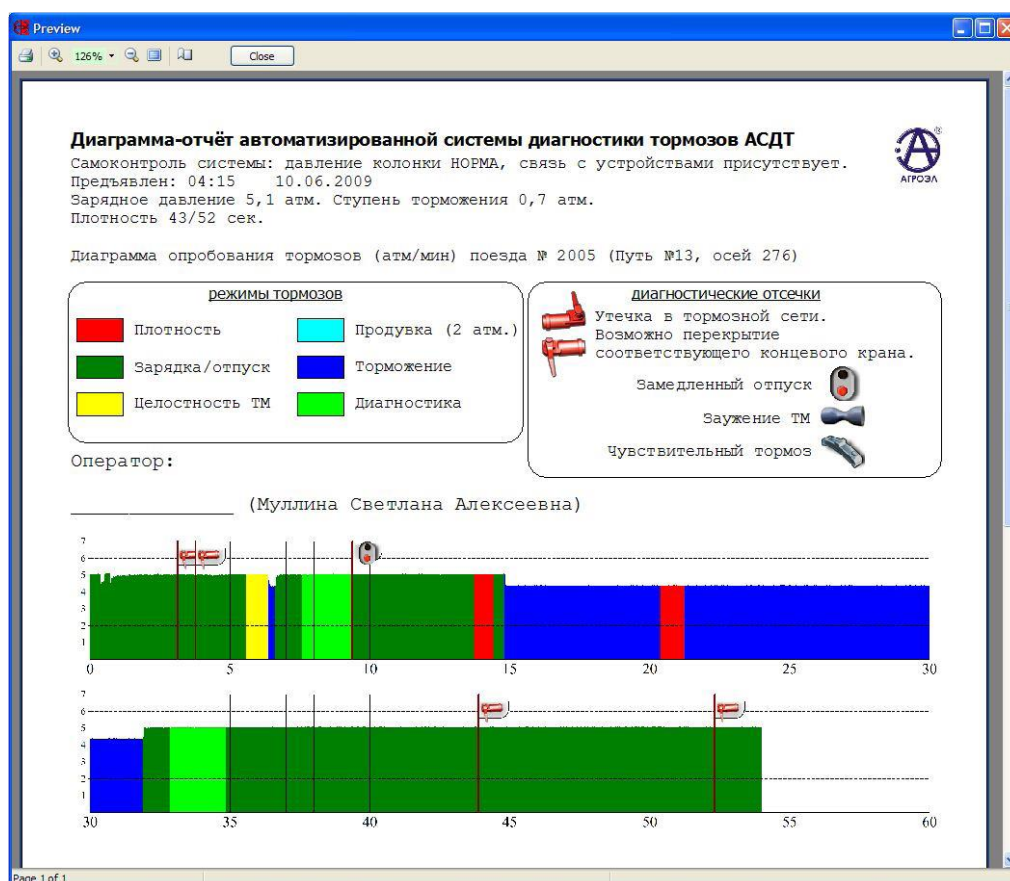


Рис. 3. Роздрук діаграми випробування гальм

Висновки. В умовах реформування залізниць, розподілу депо на ремонтні та експлуатаційні, необхідно подолати стереотипний підхід до організації і виконання технологічних процесів технічного обслуговування і ремонту вагонів, який сьогодні у багатьох випадках характеризується спрощенням, суб'єктивізмом і високим відсотком браку в

роботі, застосуванням застарілих і недосконалих технологій і технічних засобів. Впровадження у ВЧДЕ-10 автоматизованих комплексів та систем менеджменту якості технічного обслуговування вагонів дасть змогу забезпечити надійність та безпеку перевезень пасажирів і вантажів.

Список використаних джерел

1. Удальцов, А.Б. Укращення тормозної хвилі [Текст] / А.Б. Удальцов, С.Е. Либін // Локомотив. – 2006. – № 3. – С.40-43.
2. Афонін, Г.С. Устройство и эксплуатация тормозного оборудования подвижного состава [Текст]: учеб. для нач. проф. образования / Г.С. Афонин. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – С. 192-206.
3. Аналіз стану безпеки руху поїздів за червень та II квартал та I півріччя 2013 року по експлуатаційному вагонному депо Ужгород. – К.: Укрзалізниця, 2012.

4. Венедиктов, А.З. Автоматизированная система диагностики тормозов грузовых составов «АСТД» [Текст]: руководство по эксплуатации / А.З. Венедиктов. – Рязань, 2008. – С. 1-62.

Рецензент д-р техн. наук, профессор І.Е. Мартинов

Ніколаєнко Анна Олександрівна, канд. техн. наук, старш. викл. кафедри вагонів.
Паньків Ірина Василівна, слухач ІППК, гр. МЗ-В-Б-11.

Nikolaenko A.O., cand. of techn. sciences; Pankiv I.V.

УДК 658.516:656.2

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Канд. техн. наук А.О. Ніколаєнко, О.І. Солоділова

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Канд. техн. наук А.А. Николаенко, О.И. Солодилова

INCREASE OF RELIABILITY AND QUALITY OF PRODUCTS OF RAILWAY TRANSPORT

Cand. of techn. sciences A.A. Nikolaenko, O.I. Solodilova

Розглянуто методологію FMEA (Failure Modes and Effects Analysis – аналіз причин і наслідків відмов), що подана в новому міжнародному стандарті залізничної промисловості IRIS.

Проведено FMEA-аналіз, побудована карта FMEA-аналізу колісних пар вагонів, а також визначені потенціальні параметри дефектності даних об'єктів.

Зроблено висновок, що систематичне застосування методології FMEA дасть змогу підвищити якість продукції та послуг на залізничному транспорті та окупиться завдяки: зниженню ймовірності повторних або нових відхилень за рахунок цілеспрямованого аналізу всіх критичних невідповідностей об'єкта; статистичному обліку ряду проблем, що дасть змогу уникнути помилок або повторних робіт.

Ключові слова: вагон, технічне обслуговування, ризик, статистичні методи контролю, якість, безпека, надійність.

Рассмотрена методология FMEA (Failure Modes and Effects Analysis - анализ причин и следствий отказов), что представлена в новом международном стандарте железнодорожной промышленности IRIS.

Проведен FMEA-анализ, построена карта FMEA-анализа колесных пар вагона, а также определены потенциальные параметры дефектности данных объектов.

Сделан вывод, что систематическое применение методологии FMEA позволит повысить качество продукции и услуг на железнодорожном транспорте и окупиться благодаря: снижению вероятности повторных или новых отклонений за счет

целенаправленного анализа всех критических несоответствий объекта; статистическому учету ряда проблем, который позволит избежать ошибок или повторных работ.

Ключевые слова: вагон, техническое обслуживание, риск, статистические методы контроля, качество, безопасность, надежность.

In the article considered methodology FMEA (Failure Modes and Effects Analysis - an analysis of the reasons and effect refusal) that is presented in new international standard of railway industry IRIS.

Organized FMEA-analysis, is built card FMEA-analysis wheel pair of the coach, as well as are determined potential parameters defect given object.

It Is Made conclusion that systematic using to methodologies FMEA will allow to raise the quality to product and services on rail-freight traffics and is dipped due to: reduction to probability repeated or new deflections to account of the goal-directed analysis all critical discrepancy object; the statistical account of the row of the problems, which will allow to avoid the mistake or repeated work.

Keywords: car, maintenance, risk, statistical control methods, quality, safety and reliability.

Постановка проблеми. Відсутність сформованої ринкової інфраструктури та необхідних знань, недостатній досвід роботи в сучасній економіці ускладнюють умови реформування залізниць. У зв'язку зі специфікою роботи залізничного транспорту поняття «ризик» та «невизначеності» повинні всебічно вивчатись для недопущення можливості їх виникнення. Із цією метою продовжують впроваджувати на залізничному транспорті України міжнародні стандарти якості.

Актуальність. Державна адміністрація залізничного транспорту України (Укрзалізниця) розглядає можливість впровадження в Україні Міжнародного стандарту IRIS - International Railway Industry Standard [1]. Стандарт

задовольняє сучасні вимоги якості технічного обслуговування та ремонту продукції залізничної промисловості.

Мета статті. Провести аналіз транспортних подій та визначити вплив на них людського фактора. Застосувати методологію FMEA (Failure Modes and Effects Analysis – аналіз причин і наслідків відмов) [2], що наведена в новому міжнародному стандарті IRIS, з метою підвищення надійності і якості продукції залізничного транспорту.

Основна частина. У 2012 році допущено 9 транспортних подій – 8 інцидентів, з них 1 серйозний та 1 порушення проти 20 (11 інцидентів та 9 порушень у 2011 році) – табл. 1.

Таблиця 1

Аналіз транспортних подій за 2012 рік

Залізниця	Інцидент				Порушення		Інциденти та порушення	
	всього		у т. ч. серйозні					
	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011
Донецька	1	1	0	0	0	2	1	3
Львівська	1	1	0	0	1	2	2	3
Одеська	0	5	0	0	0	0	0	5
Південна	0	1	0	0	0	0	0	1
Півд.-Західна	3	2	0	0	0	5	3	7
Придніпровська	3	1	1	0	0	0	3	1
Разом	8	11	1	0	1	9	9	20

При перевірках, проведених незадовільного технічного стану та якості
фахівцями Головного пасажирського ремонту пасажирських вагонів (рис. 1-4).
управління, виявлялись випадки



а



б



Рис. 1. Незадовільна якість ремонту пасажирських вагонів:
а – холодні скрутки в електрощиті; б – протікання мастила з компресора вакуумного туалету на світильник у тамбурі



а



б

Рис. 2. Незадовільна якість ремонту пасажирських вагонів:
а – експлуатація вагона з виходом колодки за обід тривалий час;
б – незадовільна очистка рам візків від бруду



Рис. 3. На вагоні, випущеному з деповського ремонту,
пошкоджено 1/3 жил кабелю



Рис. 4. Незадовільна якість ремонту пасажирських вагонів:

а – порушення кріплення фанових труб; б – встановлення п'яти шайб замість трьох

Як видно з рисунків, технологія ремонту порушується майже у всіх цехах та відділеннях і левову частку недоліків допущено через «людський фактор».

З метою зниження ризиків, які виникають при технічному обслуговуванні

та ремонті вагонів, доцільне впровадження міжнародного стандарту IRIS. Для керування ризиками у даному стандарті застосовується методологія FMEA.

FMEA-аналіз включає два основних етапи, поданих на рис. 5.

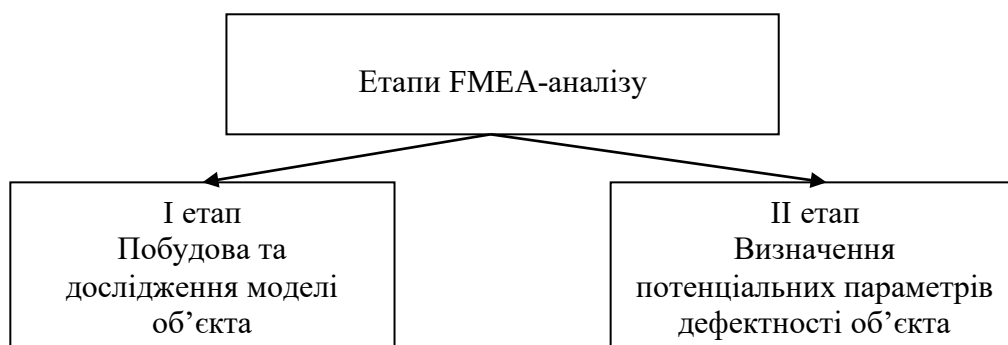


Рис. 5. Схема етапів проведення FMEA-аналізу

І етап включає в себе побудову компонентної, структурної, функціональної й потокової моделей об'єкта аналізу. Якщо FMEA-аналіз проводиться разом із функціонально-вартісним аналізом (ФВА), то використовуються раніше побудовані моделі. Далі проводиться дослідження моделей.

На II етапі визначаються: потенційні дефекти для кожного з елементів моделі об'єкта; потенційні причини дефектів; потенційні наслідки дефектів для

споживачів, оскільки кожний з розглянутих дефектів може викликати ланцюжок відмов в об'єкті; можливості контролю появи дефектів; параметр Е ваги наслідків для споживача; параметр А частоти виникнення дефекту; параметр В імовірності виявлення дефекту; параметр PRZ ризику споживача.

У роботі [5] проведено дослідження причин виходу з ладу колісних пар вагонів. Виконано I та частково II етапи FMEA-аналізу, а саме: на основі статистичних даних побудована діаграма Ісікави та

Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту. Вагони

експертним шляхом виявлені першопричини виходу з ладу колісних пар.

Аналіз статистичних даних за 2011-2012 рр. дав змогу визначити об'ємний показник якості утримання колісних пар в експлуатації (табл. 2).

Розподіл відмов наведено у табл. 3.

Побудуємо карту FMEA-аналізу для колісних пар № 436980 та №180971, які вилучені з експлуатації, та подамо її у табл. 4.

Таблиця 2

Об'ємний показник якості утримання колісних пар в експлуатації

Залізниця	Кількість вагонів, відправлених в рейс		Замінено колісних пар		Коефіцієнт якості	
	2012	2011	2012	2011	2012	2011
Донецька	83490	84935	827	801	0,99	0,94
Одеська	71367	92721	165	193	0,23	0,21
Південна	98719	128598	217	370	0,22	0,29
Півд.-Західна	119637	129578	870	893	0,73	0,69
Придніпровська	122296	145943	635	795	0,52	0,54
Разом	599105	688200	3354	3982	55,98	57,86
Донецьк	33187	34443	347	336	1,05	0,98
Маріуполь	16373	20446	135	204	0,82	1,00
Луганськ	33930	30046	345	261	1,02	0,87
Львів	40772	45122	221	327	0,54	0,72
Ковель	20369	19237	162	291	0,80	1,51
Одеса	45522	55504	151	156	0,33	0,28
Миколаїв	15430	20586	11	24	0,07	0,12
Шевченко	10415	16631	3	13	0,03	0,08
ВЧ Харків	66891	86661	104	215	0,16	0,25
Суми	11436	12663	42	63	0,37	0,50
Полтава	20392	29274	71	92	0,35	0,31
Хмельницький	10711	15364	119	103	1,11	0,67
Жмеринка	15716	16732	23	55	0,15	0,33
Дніпропетровськ	38796	43356	262	305	0,68	0,70
Запоріжжя	29800	29295	104	127	0,35	0,43

Таблиця 3

Розподіл відмов колісних пар в експлуатації

Несправність	Донецька		Львівська		Одеська		Південна		Півд-Зах		Придніпр.		Разом	
	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11
Повзун	22	10	0	1	0	3	37	56	24	39	9	15	92	124
Прокат	100	78	55	61	23	24	35	50	27	15	2	6	242	234
Нерівномірний прокат	1	0	0	0	0	0	4	8	0	4	1	0	6	12
Вищербина	166	128	18	36	51	58	68	97	129	72	4	9	436	400
Наварка	1	1	0	0	0	0	0	11	20	3	11	30	32	45
Кільцевий виробіток	10	23	29	23	0	2	0	1	14	8	52	54	105	111
Термотріщини	13	16	98	99	0	0	0	0	256	218	346	356	713	689
Розшарування металу	0	0	22	22	0	0	0	0	0	0	0	0	22	22
Гострокінцевий накат гребеня	3	7	0	0	3	6	12	30	267	409	83	148	368	600
Тонкий гребінь	148	151	62	62	35	38	2	2	10	0	32	21	289	274
Різниця товщин гребенів	141	125	150	136	45	55	49	91	102	102	56	99	543	608
Розширення ободу	49	95	1	3	6	7	4	21	13	12	21	31	94	169
Тонкий обід	1	1	13	0	0	0	6	2	0	0	0	0	20	3
Круговий наплив металу	7	4	0	0	0	0	0	1	4	7	15	22	26	34
Викид мастила через лабіринт	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Обводнення мастила	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2
Послаблення торцевого кріплення	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	9
Перекіс букси	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	2
Вертикальний підріз гребеня	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
Несправність підшипників	21	18	8	238	0	0	0	0	0	0	0	0	29	256
Тріщина корпусу букси	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Несправність редуктора	28	29	4	23	2	0	0	0	4	4	0	0	38	56
Різниця діаметрів колісної пари	114	102	176	226	0	0	0	0	0	0	0	1	290	329
ВСЬОГО	827	801	640	930	165	193	217	370	870	893	635	795	3354	3982

Таблиця 4

Побудова карти FMEA-аналізу колісної пари вагона

Вузол	Потенційний дефект	Потенційні причини	Потенційні наслідки	Вид контролю
	А	В	Е	RPZ
Колісна пара № 516980	Термотріщина	Порушення технології виготовлення	Дефекти на поверхні кочення, вихід з ладу	Руйнівний контроль
	8	3	6	144
Колісна пара №210973	Нерівномірний прокат	Порушення технології формування колісних пар	Передчасний вихід з ладу	Діагностика
	2	4	5	40

Виходячи з табл. 4 коригувальні заходи щодо результатів аналізу доцільно проводити в такій послідовності:

- виключити причину виникнення дефекту в результаті слідування технології виготовлення коліс для унеможливлення виникнення дефекту (зменшити параметр А),

- знизити вплив дефекту (зменшити параметр Е). Мається на увазі, що вихід з ладу колісної пари, що експлуатується, може привести до аварій та катастроф;

- полегшити й підвищити вірогідність виявлення дефекту (зменшити параметр В) за рахунок чіткого дотримання технологічного процесу виготовлення колеса.

Що стосується коригувальних дій, згідно з табл. 4, можна відзначити, що в першу чергу необхідно вжити заходів до усунення потенційних причин виникнення дефекту «термотріщина», з огляду на те, що величина параметру ризику споживача (RPZ) вище, ніж 125 балів [2].

Висновки. Систематичне застосування методології FMEA дасть змогу підвищити якість продукції та послуг на залізничному транспорті та окупиться завдяки скороченню витрат засобів і часу на позапланові заміни виробів, статистичний облік ряду проблем дасть змогу уникнути помилок або повторних робіт.

Список використаних джерел

1. Dr. David Scrimshire. IRIS — Global business management system for the railway industry supply chain // Technical Paper. — December, 2006.
2. Анализ видов и последствий потенциальных отказов. FMEA [Текст]: справ. Руководство / Крайслер корпорейшн, Дженерал Моторс корпорейшн; пер. с англ. — Н. Новгород: АО «НИИ КД»: СМЦ «Приоритет», 1997. — 67 с.
3. Дотянуться до стандарта [Текст] // Сириус. Транспортное обозрение. — 2007. — № 11. — С. 46-50.
4. ISO 9001:2001. Quality management systems — Requirements (Системи управління якістю — Вимоги) [Текст]. — К.: Держстандарт, 2008.

5. Ніколаєнко, А.О. Удосконалення нормативної бази для вхідного контролю колісних пар вагонів [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.02: захищена 28.07.2008; затв. 13.11.2008 / А.О. Ніколаєнко. – Севастополь, 2008. – 151 с. – Бібліогр.: с. 68-115.

6. Аналіз стану безпеки руху в пасажирському господарстві за 2012-2013 рр. – К.: Укрзалізниця, 2012.

Рецензент д-р техн. наук, професор І.Е. Мартинов

Ніколаєнко Анна Олександрівна, канд. техн. наук, старш. викл. кафедри вагонів.
Солоділова Ольга Іванівна, слухач ІППК, гр. МЗ-В-Б-11.

Nikolaenko A.O., cand. of techn. sciences; Solodilova O.I.

УДК 006.015.5

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ МЕТРОЛОГІЧНИХ РОБІТ

Д-р техн. наук В.М. Остапчук, І.А. Манушина

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ

Д-р тех. наук В.Н. Остапчук, И.А. Манушина

INVESTIGATION AND ANALYSIS OF QUALITY MANAGEMENT METROLOGICAL WORKS

Dr. of techn. sciences V.N. Ostapchuk, I.A. Manushyna

Стабільне та ефективне функціонування залізничного транспорту України, інтеграція країни у загальносвітову економічну системи потребують вирішення питань розробки та впровадження системі управління якістю метрологічних робіт як важливої ланки в постійному поліпшенні якості та підвищенні задоволення споживачів, дієвість якої можливо дослідити за допомогою процесної моделі.

Ключові слова: метрологічні роботи, система управління якістю, моделювання, модель, процесний підхід.

Стабильное и эффективное функционирование железнодорожного транспорта Украины, интеграция страны во всемирную экономическую систему требуют решения вопросов разработки и внедрения системы управления качеством метрологических работ, как важного звена в постоянном улучшении качества и удовлетворения потребителей, действенность которого можно исследовать с помощью процессной модели.

Ключевые слова: метрологические работы, система управления качеством, моделирование, модель, процессный подход.

A stable and efficient operation of railway transport of Ukraine, the country's integration into the global economic system need to be addressed in the development and implementation of quality

management system of metrological work as an important link in the continuous improvement of quality and increase customer satisfaction, the effectiveness of which can explore using the process model.

Keywords: metrology work, quality management system, modeling, the model, process approach.

Актуальність дослідження.

Залізничний транспорт – одна з найбільш важливих галузей народного господарства України. Без транспорту неможлива інтеграція України у загальносвітову економічну систему. Розбудова економіки нашої країни та намагання її піднесення до світового рівня висуває перед суб'єктами господарювання ряд важливих завдань, що потребують вирішення. Одне з найважливіших – підвищення конкурентоспроможності українських виробників товарів і послуг, їх вихід на європейський та світовий ринки.

Забезпечуючи народногосподарський комплекс вантажними і пасажирськими перевезеннями, залізничний транспорт формує тісні взаємозв'язки з усіма галузями народного господарства країни та є важливою ланкою у розвитку експортних відносин. У цьому зв'язку набуває особливого значення проблема розробки та впровадження дійових методів управління витратами на забезпечення якості продукції (надання послуг). У ринковій економіці проблема якості є найважливішим чинником підвищення рівня життя, економічної, соціальної й екологічної безпеки. Це передбачає реалізацію цілого комплексу заходів структурно-організаційного, техніко-інноваційного та правового характеру. Серед них і адаптація національної системи стандартизації, метрології та сертифікації (технічних стандартів, процедур та органів з оцінки відповідності тощо) до системи технічного регулювання Європейського Союзу, що вимагає поглибленого дослідження останньої [1].

Незважаючи на те, що метрологічна діяльність – одна з найбільш консервативних сфер виробництва, а

положення, які її регламентують, в найменшій мірі піддаються зміні і завжди підпорядковані одній меті – забезпеченню єдності вимірювань, повсюдне впровадження інформаційних технологій торкнулося і процесів метрологічного забезпечення.

Метрологічна діяльність зазнала серйозних змін [1, 8], так як змінилися основи виробництва: засоби вимірювань інтегруються з технологією виробництва, випробуваннями (автоматизація випробувань на основі застосування сучасних інформаційно – вимірювальних систем), підвищується точність засобів вимірювань, автоматизуються процеси калібрування.

Постановка проблеми. Щоб бути конкурентоспроможними і вести успішну економічну діяльність, підприємствам необхідно застосовувати вискоєфективні і результативні системи управління якістю метрологічних робіт (далі – СУЯМР) [4, 6, 9, 10]. Використання таких систем повинно вести до постійного поліпшення якості та підвищення задоволеності споживачів. СУЯМР може бути ефективною тільки за умови, коли вона функціонує одночасно і в тісній взаємодії з усіма підрозділами підприємства, які впливають на якість продукції.

Основна частина. Найважливішою ланкою забезпечення якості метрологічних робіт на підприємстві є метрологічна служба. Управління якістю продукції неможливе без метрологічного забезпечення вимірювань [3, 5, 8], яке відрізняється унікальними можливостями отримання кількісної інформації про матеріальні та енергетичні ресурси, якість матеріалів і сировини, про стан навколишнього середовища, про безпеку і

охорону здоров'я людей і, відповідно, про якість процесів і продукції.

У СУЯМР на метрологічну службу покладено відповідальність за управління засобами моніторингу та вимірювань [5]. Щоб діяльність метрологічної служби підприємства повністю задовольняла вимоги державних та міжнародних стандартів до процедур управління контрольним, вимірювальним та випробувальним обладнанням, необхідно всередині системи управління якістю підприємства розробити і підтримувати в робочому стані СУЯМР, яка б документально регламентувала основні процедури виконання окремих видів діяльності з метрологічного забезпечення вимірювань.

Якість метрологічних робіт визначається дією багатьох випадкових, місцевих і суб'єктивних факторів. Для попередження впливу цих факторів на рівень якості необхідна система управління якістю метрологічних робіт. При цьому потрібні не окремі розрізнені й епізодичні зусилля, а сукупність заходів постійного впливу на процес створення продукту з метою підтримки відповідного рівня якості.

Моделювання реальної СУЯМР засноване на застосуванні системного підходу, тобто шляхом розгляду підприємства як системи ієрархічних і взаємопов'язаних процесів на всіх рівнях підприємства, та системного аналізу. У багатьох аспектах системний аналіз є найбільш важкою частиною дослідження. Це не тільки технічні труднощі аналізу, політичні труднощі, а й проблеми, пов'язані з необхідністю спілкування в умовах, коли люди, що володіють різним рівнем освіти, різними поглядами на світ і різним словниковим запасом, повинні працювати спільно.

Основною задачею побудови моделей при дослідженні систем управління є створення ефективних графічних методів, що забезпечують отримання ясного та загального подання системи. Графічні

подання систем дозволяють усвідомити, як поєднуються між собою компоненти системи і як задовольняються потреби користувачів. Без такого інструментарію для структурного системного аналізу немає можливості показати логічні функції і потреби системи, які лежать в основі.

Користуючись моделлю, можна провести експеримент, вивчати можливу поведінку об'єкта при змінах факторів і параметрів зовнішнього і внутрішнього середовища, настанні тих чи інших подій, здійсненні об'єктом або суб'єктом управління певних дій. Всі процеси управління і виробничий цикл підприємства подані як структура взаємопов'язаних процесів (функцій) [2].

Модель системи якості, що ґрунтується на процесах й ілюструє розглянуті в цьому розділі питання та зв'язки між ними, подана на рис. 1 у вигляді чотирьох блоків взаємопов'язаних між собою процесів:

- відповідальність керівництва;
- управління ресурсами;
- створення продукту;
- вимірювання, аналіз і поліпшення.

Цей рисунок показує, що зацікавленим сторонам відведено важливу роль у визначенні вимог як до входів, так і виходів. Для відображення ступеня задоволеності споживача потрібно оцінювати інформацію, пов'язану з його думкою щодо того, чи виконала організація його вимоги.

Перевагою процесного підходу є забезпечуваний ним неперервний контроль зв'язків окремих процесів у межах системи процесів, а також їхніх сполучень та взаємодій. Застосування процесного підходу в межах СУЯМР підкреслює важливість: розуміння виконання вимог; необхідність розглядати процеси з погляду створення додаткових цінностей; отримання результатів функціонування процесу та його ефективності; постійного поліпшення процесу об'єктивних вимірювань.

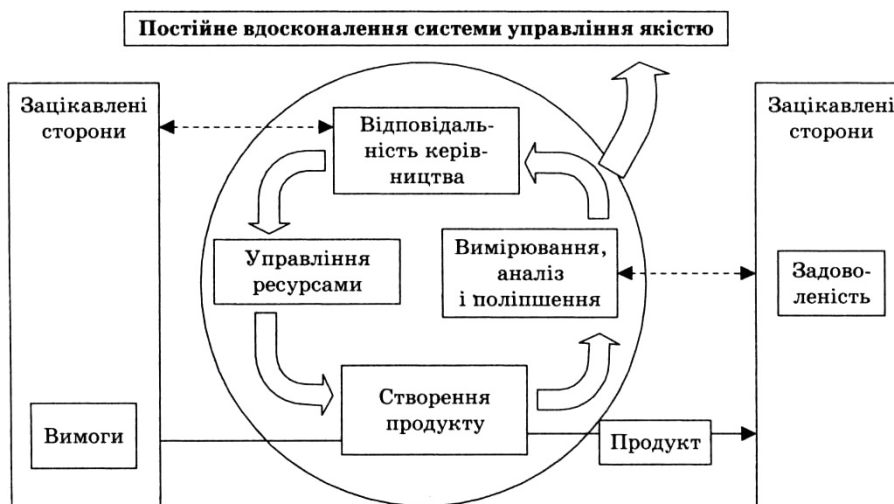


Рис. 1. Модель системи якості, в основу якої покладено процеси

Застосування процесного підходу [3] вимагає розгляду, насамперед, сукупності виконуваних на підприємстві вимірювань як локально упорядкованого процесу, моделлю якого, в першому наближенні, можна вважати випадковий потік. Потік вимірювань має складну структуру: він повинен бути впорядкований в просторі (вимірювання здійснюються в певних підрозділах) і в часі (вимірювання входять складовою частиною в плановані етапи життєвого циклу продукції), однак прив'язка вимірювань до точок простору і моментів часу не абсолютна, а схильна до природних коливань у зв'язку з мінливістю конкретних умов. Для метрологічної служби, що розглядає вимірювання інтегрально в рамках всього підприємства, потік вимірювань виявляється нерегулярним, тому управління вимірами являє собою не просту функцію. Основними інструментами управління служать розробка та реалізація відповідних стандартів підприємства, а також проведення процедур метрологічного обслуговування технічних засобів (методик виконання вимірювань і ЗВ). На першому (верхньому) рівні організації процесів метрологічної діяльності на підприємстві визначається процес МЗ. У ньому виділяють підпроцеси, у ролі яких

природно встановити процеси виконання функцій МЗ. Таким чином, визначається структура, яка подана на рис. 2, де КД – конструкторська документація, ТД – технологічна, ЗКн – засоби контролю, ЗВип – випробувань.

Зазначена структура не є єдиною можливою. Замість змішаного функціонально-об'єктного принципу виділення процесів можна послідовно використовувати тільки функціональний принцип. В цьому випадку підпроцесами 3-го рівня для МЗ були б, наприклад, «Організація МЗ», «Аналіз документів», «Документування та реалізація результатів МЗ». Аналогічно, для процесу «Управління засобами» в ролі підпроцесів виступали б «Визначення потреби і оснащення засобами», «Процедури підтвердження відповідності», «Обслуговування та облік коштів», «Списання та утилізація засобів». Іншими словами, були б об'єднані універсальними функціями всі категорії засобів, а відмінності цих категорій враховані особливостями конкретних процедур виконання зазначених функцій. Глибина структурування (кількість рівнів, або підпроцесів) може бути різною залежно від розмірів підприємства і доступних ресурсів.

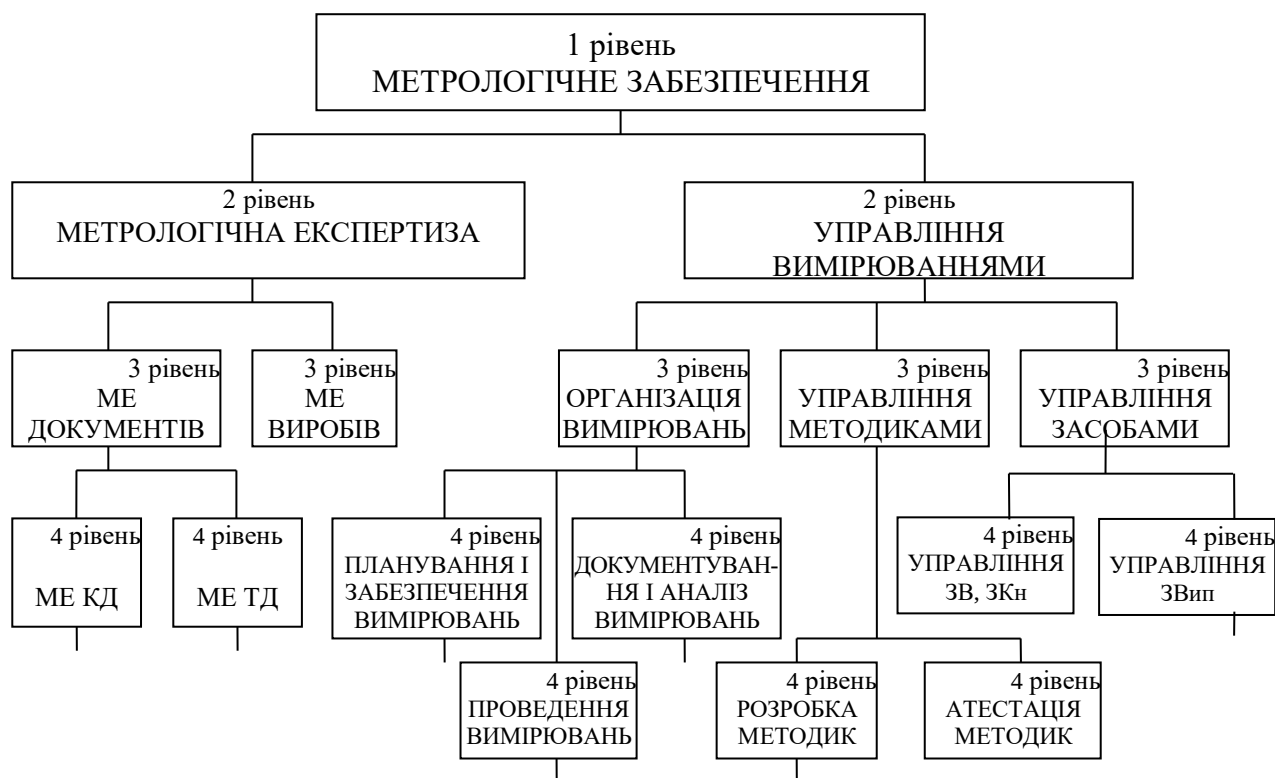


Рис. 2. Структура процесу МЗ

Весь комплекс заходів щодо створення та впровадження системи управління якістю завершується процесом сертифікації системи підприємства на відповідність вимогам стандарту ISO 9000.

Висновки. Застосовуючи моделювання, можна досягти необхідних результатів у господарській діяльності підприємства. При цьому:

1. Побудова моделі відноситься до числа системних завдань, при вирішенні яких синтезують рішення на базі величезного числа вихідних даних, на основі пропозицій великих колективів фахівців.

2. Використання системного підходу в цих умовах дозволяє не тільки побудувати

модель реального об'єкта, але і на базі цієї моделі вибрати необхідну кількість керуючої інформації в реальній системі, оцінити показники її функціонування і тим самим на базі моделювання знайти найбільш ефективний варіант побудови і вигідний режим функціонування реальної системи.

3. При моделюванні необхідно забезпечити максимальну ефективність моделі системи, яка визначається як деяка різниця між якимись показниками результатів, отриманих у результаті експлуатації моделі, і тими витратами, які були вкладені в її розробку і створення.

Список використаних джерел

1. Біла книга. Про політику адаптації вітчизняного законодавства у галузі норм і стандартів до європейських вимог [Текст]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006 – 65 с.
2. Теория управления [Текст]: учеб. под общей ред. д.э.н., проф. А. Л. Гапоненко, д.э.н., профессора А.П. Панкрухина. – М.: Издательство РАГС, 2003. – 558 с.

3. Грановский, В.А. Метрологическое обеспечение на промышленном предприятии: проблемы и решения [Текст] / В.А. Грановский // Измерения. Контроль. Автоматизация: состояние, проблемы, перспективы. – 2009. – № 8. – С. 94-108.
4. Данилец, Е.В. Имитационное моделирование систем управления качеством в экономике [Текст] / Е.В. Данилец // ААЭКС Экономика научно-технического прогресса. – 2008. – № 2(22). – С. 197-208.
5. ДСТУ ISO 9001-2009 Системи управління якістю. Вимоги [Текст].
6. Круглов, М.Г. Менеджмент систем качества [Текст]: учеб. пособие / М.Г. Круглов, С.К. Сергеев, В.А. Такташов [и др.]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 368 с.
8. Лифиц, И.М. Основы стандартизации, метрологии, сертификации [Текст] / И.М. Лифиц. – М.: Юрайт, 2001. – 613 с.
9. Ребрин, Ю.И. Управление качеством [Текст]: учеб. пособие / Ю.И. Ребрин. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. – 174 с.
10. Шаповал, М.І. Менеджмент якості [Текст]: навч. посібник / М.І. Шаповал. – К., 2007. – С. 471

Остапчук Віктор Миколайович, д-р техн. наук, професор кафедри матеріалів та технології виготовлення виробів транспортного призначення.

Манушина Ірина Анатоліївна.

Dr. of techn. sciences Ostapchuk V., Manushyna I.A.

РУХОМИЙ СКЛАД ТА СПЕЦІАЛЬНА ТЕХНІКА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ. ЛОКОМОТИВИ

УДК 629.442.3

ПОКРАЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛОВОЗІВ 2ТЕ10

Канд. техн. наук С.Г. Жалкін, А.С. Тупиця

УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕПЛОВОЗОВ 2ТЭ10

Канд. техн. наук С.Г. Жалкин, А.С. Тупица

IMPROVING THE OPERATIONAL PARAMETERS OF DIESEL LOCOMOTIVES 2TE10

Cand. of techn. sciences C. Zhalkin, A. Tupicya

У наведеній статті розглянуто різні варіанти модернізації тепловозів 2ТЕ10 та надана пропозиція ремоторизації застарілих та зношених двигунів на сучасні з кращими економічними та екологічними показниками.

Ключові слова: тепловоз, модернізація, ремоторизація, паливо, олива, експлуатація, ремонт.

В данной статье рассмотрены различные варианты модернизации тепловозов 2ТЭ10 и предложена ремоторизация устаревших и изношенных двигателей на современные с лучшими экономическими и экологическими показателями.

Ключевые слова: модернизация, тепловоз, ремоторизация, дизель, топливо, масло, ремонт, надежность.

In the article considered different versions of the modernization of locomotives 2TE10 and proposed remotorization obsolete and worn-out engines on modern with better economic and environmental performance.

Keywords: modernization, diesel locomotive, remotorization, diesel engines, fuel, repair, reliability.

Постановка проблеми. У гірничодобувній та металургійній промисловості важка вивізна та передаточна робота виконується магістральними вантажними тепловозами 2ТЕ10М, 2ТЕ10У [1]. Тепловози цієї серії, які експлуатуються, наприклад, ПАТ «Центральний гірничозбагачувальний комбінат» (ПАТ ЦГК), виготовлені у 1983-1993 роках, і майже всі

вони мають наднормативний термін експлуатації, тому через незадовільний технічний стан тепловозів значно зростають витрати на експлуатацію та ремонт. Двотактні дизелі 10Д100М не відповідають сучасним економічним та екологічним вимогам, тому що мають підвищену витрату палива й оливи, великі норми шуму та шкідливих викидів.

Капітальні ремонти тепловозам 2TE10 не плануються.

В умовах дефіциту інвестиційних ресурсів оптимальним засобом оновлення локомотивного парку є модернізація тепловозів 2TE10у/і заміною застарілих та зношених дизелів новими з сучасними показниками роботи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На залізницях України, починаючи з 1999-2001 років, виконувалася ремоторизація застарілих тепловозних дизелів 10Д100, 14Д40, К6S310DK вітчизняними типу Д80. Модернізація була зупинена через відсутність дизелів й не виконувалася на тепловозах підприємств промислового залізничного транспорту (ППЗТ).

На залізницях Росії, Білорусії, Литви, Узбекистану, Монголії, Казахстану та інших країн виконувалася модернізація тепловозів радянських часів типу М62, ЧМЕ3, ТЕМ2, ТЕМ7 та інших установкою дизель-генераторів 5-26ДГ Коломенського машинобудівного заводу (РФ). Така модернізація виконана тепловозу М62 Маріупольського металургійного комбінату ім. Ілліча (Україна). Укрзалізниця має досвід модернізації тепловоза ЧМЕ3 №1744 за проектом фірми CZ LOCO з використанням дизелів фірми Caterpillar, [2] двох тепловозів М62 установкою нових модулів фірми General Motors з дизелями EMD645 [3]. Ці проекти широко застосовано у багатьох як європейських, так й азіатських країнах.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Аналіз досвіду модернізації тепловозів ППЗТ України показує, що фактично модернізація локомотивів М62, 2TE10, ТЕМ2 не виконується й тепловози працюють зі значним перевищенням нормативних термінів експлуатації. Наприклад, у гірничо-збагачувальній промисловості частина тепловозів ТЕМ1, ТЕМ2 експлуатуються протягом 35-40 років. Не визначено тип дизеля й обсяг та вартість

модернізації (ремоторизація чи комплексна модернізація), витрати на нові технології ремонту та заміну обладнання, на перепідготовку ремонтного та експлуатаційного персоналу, не визначене місце реконструкції – в депо чи на ремонтному заводі та ін.

Мета статті – надати рекомендації до вибору варіанта модернізації тепловозів 2TE10у/і ППЗТ з установленням сучасного дизеля.

Виклад основного матеріалу досліджень. У даний час відомо декілька варіантів модернізації тепловозів 2TE10у/і. Тепловози 2TE10М компанії «Казакстан термін жолы» та компанії «Железные дороги Якутии» модернізовані за проектом фірми General Elektrik із застосуванням дизелів 7FDL12EFI. Дизель 7FDL – це чотиритактний двигун загальною потужністю 2260 кВт з частотою обертання колінчастого вала 1050 хв^{-1} , електронним керуванням впорскування палива. Сертифікаційні випробування дизеля, які виконані Держстандартом Росії, показали, що витрати палива складають $191 \text{ г/кВт}\cdot\text{год}$, витрата оливи – 0,3% від витрати палива. Роботою та діагностуванням тепловозів керує мікропроцесорна система BrightStar, що значно покращує експлуатаційні показники та спрощує технічне обслуговування.

Ураховуючи досвід модернізації тепловозів ЧМЕ3 за проектом CZ LOCO, ЦКБ ПАТ «Луганськтепловоз» запропонувало варіант модернізації тепловозів 2TE10 установленням чотиритактного дизеля CAT 3516 BHD-SC фірми Caterpillar потужністю 2100 кВт з частотою обертання колінчастого вала 1800 хв^{-1} . За розрахунками розробників пропозиції витрата палива скоротиться на 25 %, оливи – у 1,5 разу, експлуатаційні та ремонтні витрати – на 16 %. Термін експлуатації збільшується на 20 років (загальний термін служби повинен бути не менш 40 років). Покращуються умови роботи локомотивних бригад

(встановлюються електропідвіс та холодильник, система кондиціонування повітря, крісла нової конструкції та ін.).

Ці два варіанти, крім заміни дизелів, передбачають комплексну модернізацію, яка включає до себе заміну головного та допоміжного генераторів на синхронні генератори із застосуванням випрямляча, тобто виконується перехід на електропередачу потужності змінно-постійного струму. Замінюється відповідне електрообладнання, силові кабелі.

Механічні приводи допоміжних механізмів замінюються електричними, включаючи електропривод компресора гальмової системи. Дизелі мають систему підтримки тепловоза у «гарячому» резерві та системи контролю витрати палива. Повністю модернізується системами охолодження та змащення із заміною трубопроводів та охолодних рідин (застосовується антифриз та дорога олива), встановлюється обладнання гребнезмазування.

Кузов тепловозів має значні доробки – створюються нові прорізи, замінюються на нові вироби з гуми, скла та інших неметалевих матеріалів, створюються нова система шумоглушіння і іскрогасіння та ін. Повністю переобладнується кабіна машиніста з установленням нових пультів керування, створюються комфортні умови роботи локомотивних бригад [2].

Таким чином, комплексна модернізація включає до себе не тільки заміну дизеля, а й практично оновлення всього основного та допоміжного обладнання. Штатними залишаються рама тепловоза, візки, колісно-моторні блоки зі штатними тяговими двигунами. Залишаються також штатні реверсори, поїзні контактори та контактори ослаблення поля. Вартість комплексної модернізації тепловозів 2ТЕ10у/і складає близько 80 % від вартості нового сучасного тепловоза, термін окупності – 8-10 років; її виконують, як правило, на локомотиворемонтних заводах.

Менш радикальною є реконструкція тепловозів 2ТЕ10у/і установленням нових дизель-генераторів 1А-9ДГ вик. 3 з чотиритактним дизелем 1А-5Д49 вик. 3 потужністю 2206 кВт та частотою обертання колінчастого вала 850 хв⁻¹ виробництва Коломенського машинобудівного заводу (РФ) [4]. Така технологія ремоторизації щодо заміни застарілих двотактних дизелів 10Д100, які відпрацювали свій моторесурс, застосовується в Росії, Білорусії, Узбекистані, Литві. Дизелі 1А-5Д49 вик. 3 відповідають сучасним вимогам й мають значно кращі показники роботи в порівнянні з дизелями 10Д100: на номінальній потужності витрата палива скорочується на 87 %, на холостому ході – на 58%; питома витрата оливи від витрати палива та ресурс до капітального ремонту збільшуються вдвічі. Екологічні показники відповідають європейським нормам (токсичність викидів зменшується на 40-46%, димність на 10-13%, шум знижується на 5-6%). Експлуатація модернізованих тепловозів 2ТЕ10 з дизель-генераторами 1А-9ДГ вик. 3 показала, що експлуатаційна витрата палива скоротилася на 15,5%, витрата оливи у 1,2...2,8 разу. Термін окупності ремоторизації з установленням дизеля 1А-5Д49 вик. 3 складає близько 5 років, а вартість – 45-50% вартості сучасного тепловоза завдяки тому, що допоміжне та електрообладнання, включаючи головний та допоміжний генератори, тягові двигуни, кузов та візки, холодильник камери залишаються штатними. Дизель-генератор пристосовано для установлення на штатну раму тепловоза (використовуються ті ж самі отвори, які рама вже має), зберігаються координати валів відбору потужності для компресора гальмівної системи, системи охолодження та вентиляції електричних машин. Заміна серійної системи збудження мікропроцесорною системою УСТА покращує використання потужності дизель-генератора [5]. Застосовуються традиційні

експлуатаційні матеріали (охолодна вода та олива), що виключає дублювання екіпірувального обладнання до закінчення модернізації всього парку тепловозів. Важливо також, що ремоторизація щодо заміни дизелів 10Д100 на 1А-5Д49 вик. 3 можливо виконувати в цехах ПР-3 локомотивного депо. Локомотивні бригади та ремонтний персонал не треба перенавчати, залишається діюче обладнання для ремонту, запасні частини такі самі, як для тепловозів 2ТЕ116 основного вантажного парку та ТЕП70 пасажирського руху, що експлуатуються на залізницях України і мають дизелі типу Д49.

Потужний ряд дизелів Д49 Коломенського заводу дозволяє модернізувати маневрові тепловози ЧМЕЗ, ТЕМ1, ТЕМ2 та вантажні М62 дизелями типу Д49, що економічно доцільно. Ремоторизація застарілих тепловозів на основі комплектуючих вузлів Коломенського заводу отримала найбільше впровадження в Росії.

Таким чином, проекти фірми GZ LOCO та фірми General Electric передбачають комплексну великовитратну модернізацію тепловозів у порівнянні з ремоторизацією за проектом Коломенського машинобудівного заводу. Рішення про застосування того чи іншого альтернативного варіанта має прийматися після обстеження тепловозів в обсязі ТО-6 [6] та розрахунків доцільності наслідків модернізації в галузі соціальних, екологічних, економічних і технічних можливостей власника тепловозів. Програма модернізації або ремоторизації ґрунтується також на результатах аналізу термінів експлуатації.

Кількість тепловозів 2ТЕ10М, 2ТЕ10У Управління залізничного транспорту ПАТ ЦГЗК, які експлуатуються 25...30 років, складає 83%, 20...24 років – 17 % (див. рис. 1); 53 % тепловозам потрібно виконання капітального ремонту або ремонту в обсязі ПР-3.

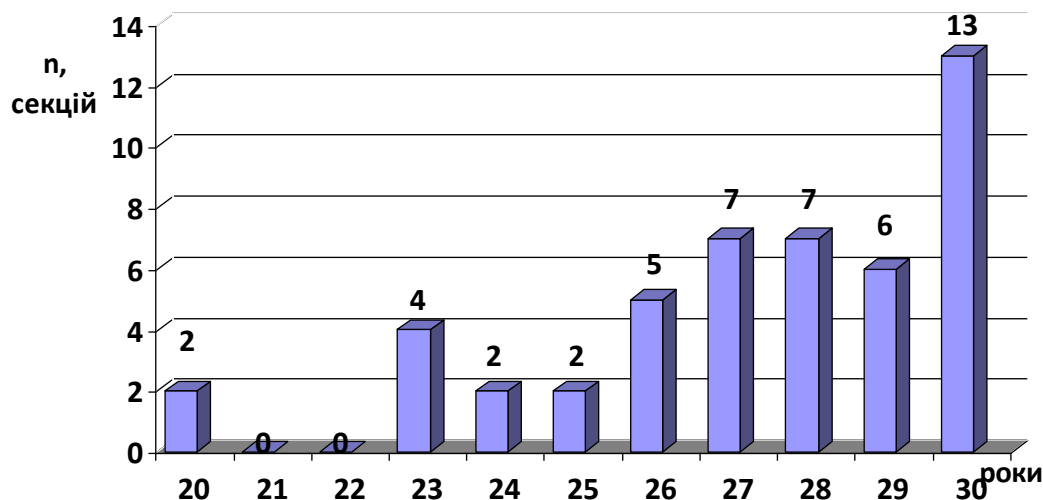


Рис. 1. Розподіл тепловозів 2ТЕ10 за роками експлуатації

Таким чином, модернізація тепловозів 2ТЕ10М комбінату ПАТ ЦГК за програмою фірм GZ LOCO та General Electric може бути виконана тільки на 8 секціях (17 %),

але модернізація, експлуатація та ремонт такої малої кількості тепловозів буде не доцільною. Крім того, потрібно буде мати окреме екіпірувальне обладнання. Тому

усім тепловозам комбінату з різними термінами експлуатації, доцільно виконати ремоторизацію двигунами 1А-5Д49 вик. 3. Після списання тепловозів за сумарною експлуатацією 40 років дизелі після капітального ремонту або в обсязі ПР-3 можна у подальшому експлуатувати на тепловозах 2ТЕ116, які мають такі ж самі двигуни. Ремоторизацію тепловозів ТЕМ2у/і комбінату доцільно також виконати установленням дизель-генераторів 5-26ДГ Коломенського заводу – тобто в експлуатації будуть тепловози з дизелями єдиного потужного ряду, що

економічно вигідно з точки зору організації їх експлуатації та ремонту.

Висновки і перспективи розвитку.

Перевагою модернізації є менші капітальні вкладення в порівнянні із закупівлею нових тепловозів. Ремоторизація тепловозів 2ТЕ10у/і комбінату ПАТ ЦГК дизелями типу Д49 буде коштувати у 2-3 рази дешевше, але дозволяє продовження експлуатації тепловозів до 40 років зі значно покращеними показниками роботи. У перспективі можна рекомендувати комбінату закупівлю тепловозів 2ТЕ116 такої ж потужності, як й тепловози 2ТЕ10, але з дизелями типу Д49.

Список використаних джерел

1. Филонов, С.П. Тепловози 2ТЭ10М, 3ТЭ10М. Устройство и работа [Текст] / С.П. Филонов, А.Е. Зиборов, В.В. Ренкунас [и др.]. – М.: Транспорт, 1986. – 288 с.
2. Мовчан, А. Опыт проведения модернизации тепловозов серии М62, 2М62У на UAB VILNIAS LOKOVJNYVU REMONTO DAPAS [Текст] / А. Мовчан, Ф. Винклер // Локомотив-информ. – 2007. - №11. – С. 36-42.
3. Павлюченко, С.Н. Модернизация ТПС как выгодная инвестиция [Текст] /С.Н. Павлюченко // Локомотив-информ. – 2007. – №9. – С.8-10.
4. Руководство по эксплуатации и обслуживанию дизель-генератора 1А-9ДГ исполнение 3 (1А-9ДГ.62РЭ) [Текст].
5. Положення про планово-попереджувальну систему ремонту і технічного обґрунтування тягового рухомого складу [Текст]: Наказ Укрзалізниці №093-ЦЗ від 30.06.2010 р.
6. Замена дизель-генератора 10Д100 на дизель-генератор 1А-9ДГ исп.3 ТУ24.06.374-96. Оборудование тепловоза системой регулирования мощности дизель-генератора типа УСТА по ТУ 24.04-14-018-95 [Текст].

Рецензент д-р техн. наук, професор О.Б. Бабанін

Жалкін Сергій Григорович, канд. техн. наук, професор, кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу.
Тупиця Артур Сергійович, слухач ІППК, гр. МЗ-Л-Б-11.

Zhalkin S., cand. of techn. sciences; A. Tupicya

УДК629.424.1.06

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОХЛАЖДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ ТЕПЛОВОЗА

Канд. техн. наук О.В. Пасько, В.В. Белохонов

МОДЕРНІЗАЦІЯ ОХОЛОДЖУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ТЕПЛОВОЗУ

Канд. техн. наук О.В. Пасько, В.В. Белохонов

MODERNIZATION OF COOLING DEVICES LOCOMOTIVE

Cand. of tehn. sciences O.V. Pasko, V.V. Belohonov

В данной статье рассматривается возможность применения экспериментальных секций радиаторов из алюминиевого сплава систем охлаждения тепловозов. В ходе процесса оптимизации охлаждающих устройств тепловозов проведен сравнительный расчет целевой функции для различных климатических условий эксплуатации. Стоимость жизненного цикла охлаждающего устройства тепловоза при проектировании значительно зависит от режима работы тепловоза. Это обстоятельство обусловлено меньшими затратами мощности на привод вентилятора холодильной камеры и как следствие снижением потребления топлива на вспомогательные нужды.

Ключевые слова: охлаждающие устройства тепловозов, секции радиатора плоскоовальные, каплеобразные.

У даній статті розглядається можливість застосування експериментальних секцій радіаторів з алюмінієвого сплаву систем охолодження тепловозів. В ході процесу оптимізації пристроїв тепловозів, що охолоджують, проведений порівняльний розрахунок цільової функції для різних кліматичних умов експлуатації. Вартість життєвого циклу пристрою тепловоза, що охолоджує, при проектуванні значно залежить від режиму роботи тепловоза. Ця обставина обумовлена меншими витратами потужності на привід вентилятора холодильної камери і як наслідок зниженням вжитку палива на допоміжні витрати.

Ключові слова: охолоджуючі пристрої тепловозів, секції радіатора, плоскоовальні, каплеподібні.

This article discusses the possibility of applying the experimental sections of aluminum alloy radiator cooling systems of diesel locomotives. During process of optimization of cooling devices of locomotives comparative calculation of criterion function for various climatic conditions of operation is carried out. The cost of life cycle of the cooling device of a locomotive at design considerably depends on a locomotive operating mode. This circumstance is caused by smaller costs of power of the drive of the fan of the refrigerator and as a result decrease in consumption of fuel of auxiliary needs.

Keywords: cooling devices locomotives, radiator sections flat-oval, drop-shaped.

Разработчики и создатели отечественных тепловозов традиционно придерживаются универсальных принципов создания охлаждающих устройств тепловозов,

ориентируясь на температуры окружающей среды от +40 до -45°C.

В 96% случаев браки в работе охлаждающих устройств тепловозов

вызваны появлением течи в секциях радиаторов тепловоза.

На сегодняшний день явно обозначилась необходимость поиска и реализации инновационных средств и методов повышения эффективности охлаждающих устройств тепловозов.

Одним из направлений повышения эффективности охлаждающих устройств тепловоза стало использование алюминиевых сплавов для изготовления радиаторов, что позволяло бы полностью отказаться от применения более дорогостоящей меди.

Согласно законам термодинамики интенсивность теплопередачи трубчато-пластинчатых охлаждающих устройств во многом зависит от толщины пограничного теплоносителя, и особенно воздуха. Низкая теплопроводность пограничного слоя воздуха существенно ограничивает теплоотдачу к нему с поверхности стенок теплообменника. Известные способы интенсификации процесса теплоотдачи (изменение угла атаки воздушного потока, смачивание поверхностей охлаждения, перфорация пластин оребрения и др.) определяют единую цель – уменьшение толщины ламинарного температурного пограничного слоя у поверхности охлаждения.

Таким образом, турбулизация потока воздуха, а следовательно и форма омываемой поверхности охлаждения играют ключевую роль.

В фундаментальных исследованиях процессов теплоотдачи тел различной формы к воздуху установлено, что форма поверхности в виде плоского овала и каплеобразная способны обеспечивать большую интенсивность теплоотдачи по сравнению с известными круглыми, эллипсовидными и многими другими формами трубок.

Методом имитационного моделирования разработана конструкция водовоздушной секции радиатора с

оптимальными геометрическими параметрами. На рис. 1 представлен фрагмент внешнего вида (в разрезе), модели опытной секции радиатора с каплеобразными формами сечения трубок.

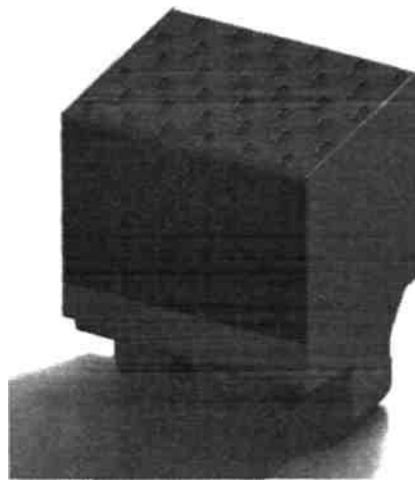


Рис. 1. Фрагмент секции радиатора охлаждающих устройств тепловоза

Проектирование опытной секции радиатора выполнено с максимальным приближением к унифицированной секции по следующим элементам: коллекторные коробки, усилительная доска, пластины оребрения. Сравнительные технические характеристики секций с плоскоовальными и каплеобразными трубками приведены в таблице.

Как видно из таблицы, масса разработанной секции радиатора снизилась на 8 кг, в том числе масса цветных металлов – на 6 кг. В итоге площадь поверхности охлаждения и вес цветных металлов снижены на 20 % по сравнению со стандартной. Обоснованное оптимальное сечение каплеобразной трубки принято равным 50 мм^2 . В результате гидравлическое сопротивление секции уменьшено на 50 %, аэродинамическое сопротивление снижено на 3 %.

Таблица

Характеристики стандартной и предлагаемой секций радиаторов

Наименование	Стандартная секция радиатора с плоскоовальными трубками (ВП-1,2)	Секция радиатора с каплеобразными трубками
Расстояние между центрами отверстий крепления, мм	1356	1356
Габариты секции радиатора, мм:		
высота	1206	1206
ширина	154	154
глубина	187	133
Форма трубки	плоскоовальная	каплеобразная
Размеры трубок, мм	19,5x2,2	по чертежу
Сечения трубки для воды, мм ²	21	50
Толщина стенки трубок, мм	0,55	0,55
Расположение трубок	Шахматное	
Шаг расположения трубок, мм:		
по фронту	16	23
по глубине	22	22
Число рядов трубок по глубине	8	6
Число трубок в секции, шт.	68	36
Пластины оребрения:		
шаг, мм	2,83	2,83
толщина, мм,	0,1	0,1
число в секции	422x2	422x2
Живое сечение для прохода воздуха, м ²	0,1361	0,092
Живое сечение для прохода воды, м ²	0,00132	0,0018
Поверхность теплообмена, м ²	21,0	17,0
Поверхность теплообмена, м ²	3,04	1,6
Вес цветных металлов в секции	35,0	29,0
Вес секции, кг	45,65	37,5

Для предлагаемой модели секции радиаторов получены аналитические критериальные уравнения теплоотдачи и аэродинамики:

$$N_{и\text{вср}} = 2,09 \cdot R_e^{0,252}, \quad (1)$$

$$E_{и\text{вср}} = 0,14 \cdot R_e^{-0,073}. \quad (2)$$

Сечение каплеобразной трубки принято равным 50 мм², при этом в качестве определяющего размера для

уравнений (1)-(2) принят эквивалентный диаметр узкого сечения канала для прохода воздуха, который равняется 0,0049 м; определяющая температура — 293,2 К; Pr=0,72; уравнение справедливо для 500<Re<4200.

В расчете технико-экономической эффективности как целевой функции С были использованы технические характеристики тепловоза ТЭ70 с дизелем 2Д-9ДГ-02: мощность — 3022 кВт; механический к.п.д. — 0,893; частота вращения вала дизеля на номинальной

мощности – 1000 об/мин; частота вращения на расчетных режимах – 740 об/мин; коэффициент отвода тепла с водой системы охлаждения – 0,13; удельный расход масла дизелем – 0,0285 кг/кВт·ч.

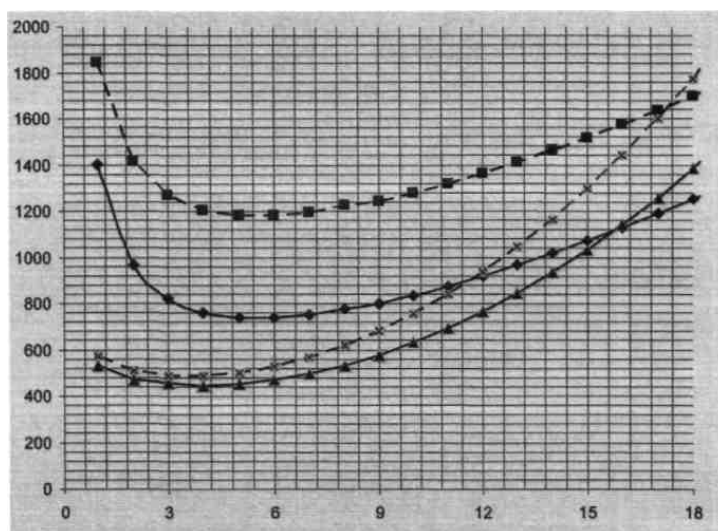
Для расчета параметров холодильной камеры тепловоза приняты следующие значения: диаметр вентиляторного колеса – 1,6 м; ширина и высота отсеков для постановки радиатора – 1,694х1,206 м; площадь сечения, ометаемая лопастями, – 0,801 м²; к.п.д. вентилятора и его привода – 0,78.

Принятыми техническими параметрами водяной системы охлаждения (первого контура) являются: производи-

тельность водяного насоса 80 м³/ч; падение давления в трубопроводе (согласно расчету) 0,03 кГ/см²; падение давления в дизеле тепловоза (согласно расчету) 0,15 кГ/см²; к.п.д. водяного насоса 0,8.

При расчете учитывались технические характеристики стандартных и предлагаемых секций радиаторов. Общими характеристиками являлись: расход теплоносителей (вода и воздух); ширина радиатора 154 мм; высота радиатора по осям 1350 мм; расположение секций в шахте холодильника – боковое; работа вентилятора на всасывание.

Результаты расчета целевой функции C представлены на рис. 2.



- проект ОУТ со стандартными секциями радиаторов
- работа ОУТ с учетом надежности стандартных секций радиаторов
- проект ОУТ с предлагаемыми секциями радиаторов
- проект ОУТ с предлагаемыми секциями радиаторов без поправки на климатические условия

Рис. 2. Расчет годовых приведенных затрат на систему охлаждения

Как видно, затраты на изготовление и эксплуатацию охлаждающих устройств тепловозов с применением каплеобразных форм трубок в секциях радиаторов в значительной мере выгодней, чем применение стандартных радиаторов.

Опыт применения радиаторов с трубками увеличенного сечения до 40 мм² свидетельствует об их более высокой

надежности, это дает основания предполагать, что разработанная секция будет также иметь более высокую технико-экономическую эффективность.

В ходе процесса оптимизации проведен сравнительный расчет целевой функции для различных климатических условий эксплуатации. Сравнивая полученные данные, сделаем вывод, что

стоимость жизненного цикла охлаждающего устройства тепловоза при проектировании значительно зависит от режима работы тепловоза. Это обстоятельство обусловлено меньшими

затратами мощности на привод вентилятора холодильной камеры и как следствие снижением потребления топлива на вспомогательные нужды.

Список использованных источников

1. Беленький, А.Д. Диагностика системы охлаждения тепловозов [Текст] / А.Д. Беленький, В.П. Свизев, В.А. Лаптев // Локомотив. – 1985. - №5. – С. 30-31.
2. Захарчук, А.С. Моделирование охлаждающего устройства дизелей [Текст] / А.С. Захарчук. – Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 10.05.77, № 521/77. – Л.: Изд-во ЛИИЖТ, 1997. – 15 с.
3. Исаченко, В.П. Теплопередача [Текст] / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С.Сукомел. – 2-е изд. – М.: Энергия, 1969. – 440 с.
4. Куликов, Ю.А. Системы охлаждения силовых установок тепловозов [Текст] /Ю.А. Куликов. – М.: Машиностроение, 1988. – 280 с.
5. Новачук, Я.А. Проблемы модернизации тепловозов для работы в условиях низких температур [Текст] / Я.А. Новачук, А.Н. Тепляков, А.С. Слободенюк // тр. междунар. науч.-практ. конф. «Модернизация тепловозов – пути решения». – Якутия, 2007. – С. 47-52.
6. Норенков, И.П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем [Текст] / И.П. Норенков. — М.: Высшая школа, 1980. – 311 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор А.В. Устенко

Пасько Ольга Владимировна, канд. техн. наук, доцент эксплуатации и ремонта подвижного состава.
Белохонов Виктор Викторович, слушач ІППК, гр. МЗ-Л-Б-11.

Pasko O.V., cand. of tehn. sciences; Belohonov V.V.

УДК 629.424.1

ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ ВІДПОВІДАЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ ЛОКОМОТИВІВ

Д-р техн. наук О.Б. Бабанін, асп. В.І. Бульба, О.В. Борисенко, А.М. Стецура

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕСУРСА ОТВЕТСТВЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ЛОКОМОТИВОВ

Д-р техн. наук А.Б. Бабанин, асп. В.И. Бульба, А.В. Борисенко, А.М. Стецура

PROGNOZUVANNYA RESOURCES VIDPOVIDALNIH PARTS LOKOMOTIVIV

Dr. of techn. sciences O.B. Babanin, V.I. Bulba, O.V. Borisenko, A.M. Stetsura

У статті наведений аналіз існуючих методів визначення зношування відповідальних вузлів тертя локомотивів. Запропонована методика прогнозування зносу відповідальних деталей на підставі накопичених даних, яка дозволяє отримати математичне рівняння зношування. Екстраполяція цього рівняння за граничним значенням зносу дає можливість одержати інтервал роботи локомотива, у якому необхідно приймати відповідні дії щодо заміни або ремонту даного вузла.

Ключові слова: відмова, експлуатація, знос, крива зносу, модель, накопичення, параметр, прогнозування, процес, реалізація, рівняння.

В статье приведен анализ существующих методов определения изнашивания ответственных узлов трения локомотивов. Предложена методика прогнозирования износа ответственных деталей на основании накопленных данных, которая позволяет получить математическое уравнение изнашивания. Экстраполяция этого уравнения по предельному значению износа дает возможность получить интервал работы локомотива, в котором необходимо принимать соответствующие действия по замене или ремонту данного узла.

Ключевые слова: отказ, эксплуатация, износ, кривая износа, модель, накопление, параметр, прогнозирования, процесс, реализация, уравнение.

In article the analysis of existing methods of definition of wear process of responsible units of friction of locomotives is resulted. The technique of forecasting of deterioration of responsible details on the basis of the saved saved data which allows receiving the mathematical equation of wear process is offered. Extrapolation of this equation on limiting value of deterioration enables to receive an interval of work of the locomotive in which it is necessary to accept corresponding actions on replacement or repair of the given unit.

Keywords: failure, maintenance, depreciation, depreciation curve, model, storage, setting, forecasting, process implementation, equation.

Постановка проблеми в загальному вигляді, її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Продовження термінів служби тягового

рухомого складу (ТРС) змушує шукати нові підходи й методи оцінки їх технічного стану. Цього можна досягти тільки застосуванням у технології обслуговування

й ремонту сучасних наукових методів, що дозволяють виявляти й попереджати відмови, підтримувати експлуатаційні показники в заданих межах. Практика показує, що втрата працездатності й відмови відповідальних деталей ТРС найчастіше пов'язані з їх значним зношенням. Зміна лінійних розмірів деталей, виникнення пошкоджень тертьових поверхонь від викришування матеріалу, задирок, відшаровувань і ін. порушують їх нормальне функціонування в експлуатації й підвищеному бракуванні при ремонті. Тому прогнозування зношування тертьових пар має дуже важливе значення для забезпечення надійної експлуатації локомотивів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемі зносостійкості й втомного зношування постійно приділялося центральне місце. Уперше модель втомного зношування була побудована І.В. Крагельським [2]. Однак у переліку основних допущень, прийнятих у даних методиках, надалі відзначалося неприпустимо велике відхилення результатів розрахунків від дійсності. Не випадково, що надалі в трибології [5] формули моделі І.В. Крагельського назвали "громіздкими й малопридатними для інженерних розрахунків". За останні роки модель втомного руйнування описувалася в довідковій літературі й удосконалювалася. Складність механізму зношування, різноманіття його видів і недостатню вивченість зв'язків із факторами, що впливають на них, можна оцінювати тільки на підставі досвіду експлуатації [3]. Варто вказати на появу в цей час нового теоретичного підходу до розрахунку вузлів тертя на зносостійкість [1], на інтенсивно нарощуваний фонд експериментальних досліджень (як закордонних, так і вітчизняних [5]), які дають фізичну основу нових методів розрахунку.

Мета дослідження. Сьогодні кількісні дані щодо зносостійкості відповідальних деталей ТРС базуються, як

правило, на результатах вимірювання й аналізу їх товщини і є єдиним параметром оцінки зносу, за яким судити про протікання зношування практично неможливо. Сучасний стан ТРС і збільшення його терміну служби вимагає диференційованого вивчення тертя, що відбувається у відповідальних вузлах, з метою подальшого прогнозування їхнього ресурсу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Зношування в різних вузлах тертя є складним процесом, що залежить від великої кількості факторів. Зі збільшенням тривалості роботи вузла відбувається поступова зміна умов зношування, змінюються умови змащення, динамічний режим навантаження, умови тепловідведення, характер взаємодії деталей у вузлі й т.д.

Установлено, що в умовах експлуатації зношування вузлів тертя відповідальних деталей дизелів тепловозів (циліндрових гільз, підшипників колінчастого вала й ін.) розвивається як випадковий процес із відносно великою дисперсією зношення. Тому для опису такого процесу найбільш прийнятною є імовірнісна математична модель, у якій необхідні принаймні три рівняння. Перше з них повинне задовільно виражати математичне сподівання випадкового процесу накопичення зносу за часом, тобто не випадкову складову процесу зношування, друге рівняння – верхню довірчу межу випадкового процесу, тобто криву, про яку із заданим ступенем ризику можна сказати, що жодна реалізація процесу зношування не пройде вище її, а третє – нижню довірчу межу процесу накопичення зносу. Ці рівняння в сукупності утворюють імовірнісну математичну модель процесу зношування.

Обробка зібраних статистичних даних щодо циліндрових гільз тепловозних дизелів дозволила зробити висновок про нелінійний характер процесу їхнього зношування. Було встановлено, що

швидкість зношування циліндрових гільз $\bar{v}$ є функцією величини накопиченого зносу δ [7]

$$\bar{v} = \frac{d\delta}{dt} = f(\delta), \quad (1)$$

де t - тривалість роботи вузла.

Рівняння (1) можна подати у вигляді нескінченного степенного ряду

$$\frac{d\delta}{dt} = c + k\delta + k_1\delta^2 + \dots + k_{n-1}\delta^n. \quad (2)$$

У лінійній моделі використовують тільки перший член цього ряду, вважаючи, що швидкість зношування залишається постійною протягом усього періоду експлуатації. У нелінійній моделі сильний кореляційний зв'язок між швидкістю зношування й накопиченим зносом дозволяє обмежитися тільки двома першими членами ряду (2), нехтуючи іншими. Перетворюючи рівняння (2), інтегруючи ліву й праву його частини відповідно за часом і зносом та вважаючи, що при напрацюванні t_1 середня величина зносу дорівнює δ_1 , будемо мати

$$t - t_1 = \frac{1}{k} \ln \frac{c + k\delta}{c + k\delta_1}. \quad (3)$$

Переходячи до десяткових логарифмів одержимо

$$t - t_1 = \frac{1}{k \lg e} \lg \frac{\frac{c}{k} + \delta}{\frac{c}{k} + \delta_1}. \quad (4)$$

Позначивши частки виразу (4) як

$$A = \frac{1}{k \lg e}, \quad (5)$$

$$h = \frac{c}{k}, \quad (6)$$

і підставивши їх у рівняння (4) та розв'язавши його щодо середнього зносу δ , одержимо експоненціальне рівняння, що виражає математичне сподівання процесу зношування

$$\bar{\delta} = (\delta_1 + h) \cdot e^{\frac{t-t_1}{A}} - h. \quad (7)$$

Вираз A , який вимірюється в одиницях напрацювання (годинах або кілометрах пробігу), визначає форму кривої зносу й інтерпретується як коефіцієнт довговічності. Величина h вимірюється в одиницях зносу (мм, мкм). Вона визначає положення кривої відносно початку координат і є коефіцієнтом її зсуву. Величина його дорівнює відстані від початку координат до асимптоти цієї кривої, узятій зі зворотним знаком.

Експоненціальне рівняння (7) припускає нормальний розподіл зносу для будь-якого моменту часу. У цьому випадку верхню й нижню довірчі межі процесу зношування можна описати тим самим експоненціальним рівнянням

$$\delta' = (\delta_1 + t_\beta \cdot \sigma_1 + h) \cdot e^{\frac{t-t_1}{A}} - h, \quad (8)$$

$$\delta'' = (\delta_1 - t_\beta \cdot \sigma_1 + h) \cdot e^{\frac{t-t_1}{A}} - h, \quad (9)$$

де δ' - поточна верхня довірча межа зносу;
 σ_1 - середньоквадратичне відхилення зношування при тривалості роботи t_1 ;

t_β - табличний коефіцієнт, що залежить від прийнятої довірчої ймовірності β .

Підставивши в рівняння (8) і (9) замість δ' і δ'' значення верхніх і нижніх довірчих меж у момент часу t_2 й розв'язавши їх спільно, одержимо вираз для визначення величин A і h

$$A = \frac{t_2 - t_1}{\lg \frac{\sigma_2}{\sigma_1}}, \quad (10)$$

$$h = \frac{\bar{\delta}_2 - \bar{\delta}_1 \frac{\sigma_2}{\sigma_1}}{\frac{\sigma_2}{\sigma_1} - 1}, \quad (11)$$

де $\bar{\delta}_2$ і σ_2 — середнє зношування і його середньоквадратичне відхилення в момент часу t_2 .

Рівняння (7) - (11) дають можливість за допомогою статистичного дослідження зношень деталей локомотивів, що були в експлуатації протягом двох значень напрацювання t_1 і t_2 , які досить відрізняються одне від одного, знайти рівняння математичного сподівання й рівняння довірчих меж процесу зношування вузла у випадкових реально існуючих умовах експлуатації.

На підставі вищевикладеного запропонована методика, що передбачає такі етапи математичної обробки отриманої статистичної інформації про зношення вузлів тертя в експлуатації й прогнозування цього процесу:

- побудова кореляційної таблиці залежності зносу від напрацювання деталі;
- перевірка неусічення розподілів зношення й однорідності вихідних даних;
- вибір і перевірка законів розподілу зношення для різних інтервалів напрацювань;
- визначення середніх значень зношення і його середньоквадратичного відхилення для різних інтервалів наробітків;
- вибір математичної моделі процесу зношування;
- побудова рівнянь зношування й екстраполявання кривих зношення за межі періоду спостережень.

Знаючи величину небезпечної межі зношення $\delta_{\text{оп}}$, можна за допомогою експоненціальної імовірнісної моделі визначити середню T_{cp} , мінімальну T_{min} і максимальну T_{max} межі довговічності деталі.

У результаті цього одержимо

$$T_{\text{cp}} = A \lg \frac{\delta_{\text{оп}} + h}{\delta_1 + h} + t_1; \quad (12)$$

$$T_{\text{min}} = A \lg \frac{\delta_{\text{оп}} + h}{\delta_1 + t_{\beta} \sigma_1 + h} + t_1; \quad (13)$$

$$T_{\text{max}} = A \lg \frac{\delta_{\text{оп}} + h}{\delta_1 - t_{\beta} \sigma_1 + h} + t_1. \quad (14)$$

Як приклад на підставі даної методики була визначена залежність зношування циліндрових гільз дизелів тепловозів ЧМЕЗ. Перейшовши у виразах (12) - (14) від десяткових логарифмів до натуральних та приймаючи, що напрацювання роботи маневрових тепловозів визначається не в кілометрах пробігу, а в натуральному годинному часі T , одержимо рівняння зношування циліндрових гільз у такому вигляді

$$\bar{\delta} = 0,13 \cdot e^{\frac{T-98,5}{13,7}} + 0,065, \quad (15)$$

$$\delta' = 0,173 \cdot e^{\frac{T-98,5}{13,7}} + 0,065, \quad (16)$$

$$\delta'' = 0,087 \cdot e^{\frac{T-98,5}{13,7}} + 0,065. \quad (17)$$

Задаючись різними значеннями напрацювання та підставляючи його у вирази (15) - (17), одержуємо розрахункові значення зношення циліндрових гільз, за якими побудовані графічні залежності, наведені на рисунку.

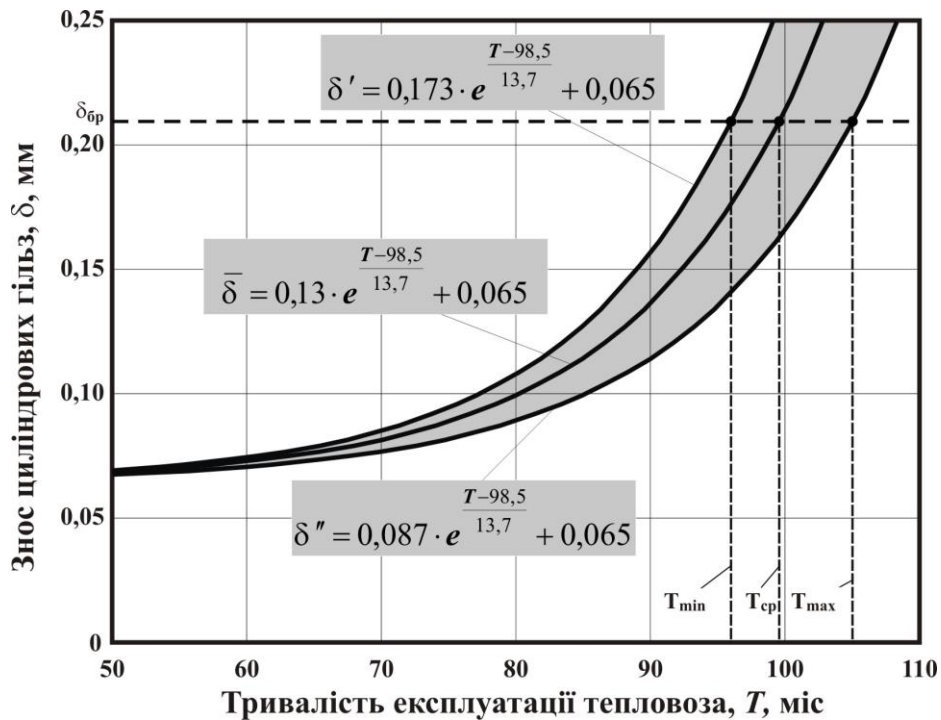


Рис. Залежність середнього зносу ($\bar{\delta}$), нижньої (δ'') і верхньої (δ') меж його відхилень залежно від тривалості експлуатації циліндрових гільз дизелів тепловозів ЧМЕЗ

З отриманих графічних залежностей, задаючись бракувальним зношенням $\delta_{бр}$, можна визначити середню, мінімальну й максимальну довговічність циліндрової гільзи. При бракувальному значенні $\delta_{бр}=0,22$ мм напрацювання складе:
 $T_{\min} = 95,3$ місяця або 7,9 року,
 $T_{ср} = 99,3$ місяця або 8,3 року й
 $T_{\max} = 104,8$ місяця або 8,7 року.

Висновки з дослідження й перспективи, подальший розвиток у даному напрямку:

1. Виконано аналіз існуючих методик визначення зношування відповідальних вузлів тертя ТРС. Виявлено, що для визначення їхнього зношення необхідний

принципово новий підхід, що враховує його старіння та різні фактори, що діють в експлуатації.

2. Запропоновано математичну модель, яка на підставі статистичних даних ураховує нелінійний вид процесу зношування відповідальних деталей ТРС. На підставі даної моделі за статистичними даними вимірів величин зносу у фіксовані моменти часу можна спрогнозувати реальне значення тривалості експлуатації різних вузлів.

3. Як приклад визначена залежність зношення й розраховані середні значення довговічності при досягненні бракувальних зносів в експлуатації циліндрових гільз дизелів тепловозів ЧМЕЗ.

Список використаних джерел

1. Бажинов, А.В. Исследование износа сопряжений силовых агрегатов автомобиля от внешних условий [Текст] / А.В. Бажинов // Вестник ХГПУ: сб. науч. тр. – Харьков: ХГПУ, 2000. – Вып. 124. – С. 100-105.

2. Крагельский, И.В. Основы расчетов на трение и износ [Текст] / И.В. Крагельский, М.Н. Добычин, В.С. Камбалов. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.
3. Крылов, К.А. Долговечность узлов трения самолетов [Текст] / К.А. Крылов. – М.: Транспорт, 1996. – 183 с.
4. Кузьменко, А.Г. Модели переходных процессов при изнашивании [Текст] / А.Г. Кузьменко, В.А. Кузьменко // Проблемы трибологии. – 1997. - №3. – С. 81-117.
5. Основы трибологии (трение, износ, смазка) [Текст] / под ред. А.В. Чичинадзе. – М.: Наука и техника, 1995. – 778 с.
6. Тартаковский, И.Б. Корреляционное уравнение износа [Текст] / И.Б. Тартаковский // Вестник машиностроения. – 1968. – №2. – С. 8-11.
7. Хрущев, М.М. Классификация условий и видов изнашивания деталей машин [Текст] / М.М. Хрущев // Трение и износ в машинах. – 1953. – Вып. 3. – С.5-17.

Бабанін Олександр Борисович, д-р техн. наук, професор, кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу.
Бульба В.І., аспірант.
Борисенко Олександр Володимирович, слухач групи МЗ-Л-Б-11.
Стецура Андрій Миколайович, слухач групи МЗ-Л-Б-11.

Babanin O.B., dr. of techn. sciences; Bulba V.I., Borisenko O.V., Stetsura A.M.

УДК 629.424

ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ РЕМОНТУ ЛОКОМОТИВІВ НА ПРОМИСЛОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

В.В. Грицай

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТА ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТУ ЛОКОМОТИВОВ НА ПРОМЫШЛЕННОМУ ПРЕДПРИЯТИИ

В.В. Грицай

FEATURES AN ORGANIZATION OPER REPAIR OF LOCOMOTIVES AT INDUSTRIAL ENTERPRISES

V.V. Gritsay

Проведено аналіз особливостей експлуатації та організації ремонту локомотивів на промисловому підприємстві (гірничо-збагачувальний комбінат), виявлені основні фактори, які впливають на технологію підтримки працездатності локомотивів та обсягу робіт.

Зроблено висновок щодо можливості удосконалення організації ремонту та обслуговування локомотивів за рахунок впровадження сучасного ремонтного обладнання та системи управління ремонтом.

Ключові слова: промисловий транспорт, тяговий агрегат, тепловози, ефективність, ремонт, дизель, технологія, діагностування, стенд, управління.

Проведен анализ особенностей эксплуатации и организации ремонта локомотивов на промышленном предприятии (горно-обогатительный комбинат), выявлены основные

факторы, влияющие на технологию поддержания работоспособности локомотивов и объема работ. Сделан вывод о возможности усовершенствования организации ремонта и обслуживания локомотивов за счет внедрения современного ремонтного оборудования и системы управления ремонтом.

Ключевые слова: промышленный транспорт, тяговый агрегат, тепловозы, эффективность, ремонт, дизель, технология, диагностирования, стенд управления.

The analysis of the operation and repair of locomotives in an industrial plant (Mining - Processing Plant) identified the main factors that affect the performance of locomotive technology support and workload. The conclusion about the possibility of improving the organization of repair and maintenance of locomotives using modern repair equipment and control systems repair.

Key words: industrial vehicles, traction units, diesel, effectiveness, repairs, diesel technology, diagnostics, stand management.

Постановка проблеми. У сучасних умовах на великих залізничних та вугільних кар'єрах Росії та країн СНД одним з основних видів технологічного транспорту продовжує залишатися залізничний.

Промисловий прогрес висуває серйозні вимоги до технічного переозброєння ремонтного виробництва, виникає необхідність впровадження нової техніки, технологічного оснащення та підвищення якості ремонту [1].

Темпи підвищення ефективності основного виробництва залежать від ремонтного виробництва, відповідно виникає необхідність його вдосконалення.

У зв'язку з актуальністю питання підтримки технічного стану локомотивів залізничного транспорту промислового підприємства важливе значення мають обрана система експлуатації та технічного обслуговування і ремонту локомотивів, а також застосування нових локомотивів з поліпшеними тягово-енергетичними характеристиками.

Аналіз проблеми. Актуальність теми визначається гостротою проблеми підтримки технічного стану локомотивів на залізничному транспорті промислових підприємств.

Витрати на ремонт і утримання промислового транспорту дуже значні. Роль ремонтної індустрії і залежність від неї основної діяльності транспорту збільшується у зв'язку із зростанням цін на

новий рухомий склад. Тривалі терміни служби рухомого складу призводять до необхідності нарощування ремонтної бази та її технічного переоснащення.

На підтримці техніки в працездатному стані за допомогою капітальних і поточних видів ремонту зайнятий великий верстатний парк і персонал, який за чисельністю наближається до основного машинобудування. Грошові витрати на капітальний ремонт можна порівняти з витратами на нове виробництво. Від того, наскільки оперативно і якісно виконується ремонт, залежить діяльність всього підприємства.

Підвищення ефективності заходів з обслуговування та ремонту сприяє підвищенню продуктивності, забезпеченню надійності і стійкості експлуатаційної роботи промислового транспорту та всього підприємства в цілому.

Мета статті. Проаналізувати умови експлуатації та організації ремонту тягового рухомого складу на промисловому підприємстві та запропонувати заходи щодо удосконалення технології обслуговування та ремонту з метою підвищення надійності роботи засобів залізничного транспорту.

Викладення основного матеріалу. Ремонт залізничного рухомого складу на промисловому підприємстві поряд із загальними закономірностями має низку специфічних особливостей, обумовлених сукупністю технічних положень, що

визначають необхідний технічний рівень станів рухомого складу та вимоги галузі щодо забезпечення цього рівня. Одна з головних вимог – це вимога надійності ремонту рухомого складу, що гарантує якість здійснення перевізного процесу в різних експлуатаційних умовах.

Експлуатація промислового залізничного транспорту на комбінаті здійснюється в особливих умовах, якими визначаються їх основні параметри, конструктивні особливості та вимоги до підтримання їх в працездатному стані відповідно до правил технічної експлуатації промислового залізничного транспорту.

До цих умов, як показує аналіз, можна віднести: наявність багатьох кривих малого радіуса та великих підйомів до 40-60 %, слабкий стан верхньої будови колії, важкі режими роботи та ін. [2].

Як основну особливість організації залізничного ремонтного виробництва слід відзначити високий рівень невизначеності виробничої програми та значний рівень коливань у структурі ресурсів, необхідних для ремонту.

Характерні особливості ремонтного виробництва викликані конструктивною різноманітністю ремонтуваних технічних засобів, різною зносостійкістю деталей. Це зумовлює нестійкість обсягів ремонту, потреб у матеріалах і трудових витратах, зокрема в організації виробничого процесу.

Специфіка ремонту залізничного рухомого складу проявляється також і в значних габаритах ремонтної продукції, що вимагають особливого підйомно-транспортного устаткування і використання великих виробничих цехів.

В основу системи технічного обслуговування і ремонту на підприємстві до останнього часу покладено планово-попереджувальний принцип, який полегшує планування для ремонтного підприємства, сприяє організації рівномірного завантаження ремонтного процесу, дозволяє оптимально використовувати технологічні лінії і робочу силу.

Ефективність планово-запобіжної системи тим вище, чим точніше узгоджуються терміни оглядів і ремонтів з дійсним технічним станом рухомого складу.

Тривалість простою в обслуговуванні або ремонті залежить від обсягу та організації робіт, від надійності і ремонтпридатності об'єкта ремонту.

Основні методологічні принципи розрахунку оптимальної структури ремонтного циклу зводяться до встановлення розміру питомих витрат на технічне обслуговування і ремонт рухомого складу при різних значеннях параметрів циклу.

При цьому $V_{\text{пит}} \rightarrow \min$.

При малій величині міжремонтного пробігу збільшується число і частота ремонту. При цьому більшість деталей, вузлів замінюється при планових ремонтах, повніше використовуються їх технічні ресурси, збільшується експлуатаційна надійність локомотива, але при цьому погіршується його використання і збільшуються витрати на ремонт.

При збільшенні міжремонтних пробігів знижуються витрати на планові види ремонтів і питомі простої на цих ремонтах. Однак ряд деталей і вузлів можуть вичерпати свій технічний ресурс (вийти з ладу) до настання планового ремонту, викликаючи позаплановий ремонт. У цьому випадку знизиться експлуатаційна надійність і збільшаться додаткові витрати, пов'язані з проведенням позапланових ремонтів і відмовами в транспортному обслуговуванні. Тому зростання міжремонтних пробігів обов'язково пов'язане з проведенням заходів щодо збільшення технічних ресурсів деталей і вузлів рухомого складу.

В даний час на підприємстві експлуатуються тепловози серії ТЕМ2, ЧМЕ3, 2ТЕ10М і тягові агрегати однофазного змінного струму ОПЕ1А і НП1.

При цьому вивізні роботи виконують тепловози серії 2ТЕ10М і тягові агрегати змінного струму серій ОПЕ1А і НП1.

Тепловози ТЕМ2 та ЧМЕЗ виконують маневрову роботу і внутрішньогосподарські перевезення.

Відповідно до ПТЕ у локомотивному депо ВАТ «Північний ГЗК» проводяться технічні обслуговування ТО-1, ТО-2, ТО-3, а також здійснюються поточні ремонти ТР-1, ТР-2 тепловозів 2ТЕ10М, ЧМЕЗ, ТЕМ2, а також тягових агрегатів ОПЕ1А, НП1. Ремонти ТР-3, КР-1, КР-2 виконуються на тепловозоремонтних і електровозоремонтних заводах.

Вибір оптимальної організації технічного обслуговування і ремонту базується на положеннях теорії надійності, яка дозволяє на основі аналізу якості виготовлення обладнання локомотивів, а також зміни його характеристик у процесі експлуатації прогнозувати показники роботи в різних умовах, визначити закономірності зношування обладнання, і головне, ймовірність безвідмовної роботи. У зв'язку з цим у депо ведуться спостереження за технічним станом тягового рухомого складу, аналізуються дані цих спостережень, визначаються показники надійності. Основними документами, які фіксують стан і експлуатаційну роботу локомотивів та їх найважливіших вузлів, є: технічний паспорт локомотива, журнал технічного стану (форма ТУ-152), книга записів ремонту локомотива.

Для локомотивів і тягових агрегатів на підприємстві встановлено такі види технічного обслуговування та ремонту:

Технічні обслуговування ТО-1, ТО-2, ТО-3 (профілактичний огляд) для підтримки працездатності, чистоти та санітарно-технічного стану локомотивів, змащування частин у міжремонтний період.

Поточні ремонти ПР-1 (малий періодичний ремонт), ПР-2 (великий періодичний ремонт), ПР-3 (підйомний ремонт) для ревізії, заміни або відновлення окремих вузлів і деталей, а так само регулювання і випробувань, які гарантують працездатність рухомого складу між відповідними видами ремонту.

Середній ремонт (у ряді галузей – капітальний КР-1) для відновлення експлуатаційних характеристик локомотивів шляхом ремонту або заміни зношених або пошкоджених деталей і вузлів з перевіркою інших і усуненням виявлених несправностей.

Капітальний ремонт КР (у ряді галузей КР-2) для відновлення повного або близького до повного технічного ресурсу локомотивів із заміною або відновленням агрегатів і вузлів, включаючи базові.

Міжремонтні терміни роботи локомотивів встановлюються залежно від інтенсивності їх роботи (ступеня використання за часом і потужністю).

Річна програма ремонту та обслуговування, крім видів ТО-1 і ТО-2, на підприємстві визначається чисельністю локомотивів у робочому парку підприємства L_P і тривалістю міжремонтного циклу T_{PI} , який розраховується окремо для кожної серії локомотивів. Якщо дві або більше серій мають однаковий міжремонтний цикл, то їх можна об'єднати в одну групу [6].

Річна програма обслуговування ТО-1 і ТО-2 визначається інакше. Згідно з діючими положеннями, технічні обслуговування ТО-2 проводяться при кожному екіпіруванні і, як правило, об'єднуються з ними. Тобто, щоб знайти програму ТО-2, необхідно визначити річну кількість екіпірувань щодо палива та піску. Річна програма ТО-2 приймається за більшим значенням.

Річна програма обслуговування ТО-1 розраховується виходячи з того, що ТО-1 виконується щозміни, за місцем знаходження локомотива, силами локомотивної бригади. При прийнятому на комбінаті режимі роботи локомотивного господарства і способі обслуговування локомотивів локомотивними бригадами на добу допускається дві робочі зміни.

Аналіз існуючої системи ремонту показує, що вона має цілу низку недоліків, які пов'язані з розбиранням технічно

справних вузлів. Крім того, аналіз обсягів ремонту на підприємстві свідчить про те, що значна частина локомотивів працює з перепробігом. На підставі виконаного аналізу на першому етапі пропонується удосконалення існуючої планово-попереджувальної системи ремонту за

рахунок впровадження в технологію ремонту сучасного діагностичного обладнання. На другому етапі можливий перехід на ремонт за технічним станом (при наявності стендів та обладнання) для безрозбірного контролю технічного стану всіх вузлів та систем локомотива.

Список використаних джерел

1. Перепелюк, А.В. Экономика промышленного транспорта [Текст]: учебн. для ВУЗов по спец. «Промышленный транспорт» / А.В Перепелюк, В.О. Бондаренко, Л.А Мироненко. – М.: Высшая школа, 1987. – 336 с.
2. Категоренко, И.И. Роль и значение промышленного железнодорожного транспорта [Текст] / И.И Категоренко // Залізничний транспорт України. – 2005. - №1. – С. 18-20.

Рецензент д-р техн. наук, професор О.Б. Бабанін

Грицай Валерій Володимирович, слухач НН ІППК, група МЗ-Л-Б-11.

Gritsay V.V.

УДК 629.424.2

МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ДИЗЕЛЬНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЙОГО В ПРИМІСЬКОМУ РУСІ

В.В. Ромський, А.Л. Сумцов

МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ДИЗЕЛЬНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЕГО В ПРИГОРОДНОМ ДВИЖЕНИИ

В.В. Ромский, А.Л. Сумцов

MODEL DEFINITION OF ROLLING STOCK DIESEL RELIABILITY OF ITS USE IN SUBURBAN MOVEMENT

V.V. Romsky, A.L. Sumtsov

У статті розглянуто актуальний аспект оцінки надійності дизель-поїздів і тепловозів при використанні їх у приміському русі. Проведено аналіз останніх публікацій з цього напрямку. Розроблено модель оцінки та прогнозування надійності дизельного тягового рухомого складу при використанні його в приміському русі. Зроблені висновки за проведеною роботою.

Ключові слова: надійність, дизель-поїзди, тепловози, експлуатація.

В статье рассмотрен актуальный аспект оценки надежности дизель-поездов и тепловозов при использовании их в пригородном движении. Проведен анализ последних

публикаций по этому направлению. Разработана модель оценки и прогнозирования надежности дизельного тягового подвижного состава при использовании его в пригородном движении. Сделаны выводы по проведенной работе.

Ключевые слова: надежность, дизель-поезда, тепловозы, эксплуатация.

The article describes the current aspect of assessing the reliability of diesel trains and locomotives when they are used in suburban traffic. The analysis of the most recent publications in this area. The evaluation model and predict the reliability of diesel locomotives when used in commuter traffic.

Keywords: reliability, diesel trains, locomotives, maintenance.

Вступ. Низька економічна ефективність та надійність вантажних та маневрових тепловозів при роботі в приміському русі та перспектива списання в найближче десятиліття майже всіх дизель-поїздів, які нині експлуатуються, загострюють питання вирішення підвищення надійності експлуатації наявного парку та придбання нового.

Аналіз досліджень у цьому напрямку. Зараз на залізницях України для перевезення пасажирів у приміському русі використовуються дизель-поїзди серії Д (Угорщина), ДР-1А, ДР-1П (Латвія), поїзди з локомотивною тягою ДПЛ1 (з тепловозом М62, Україна), ДПЛ2 (з тепловозом 2ТЕ116, Україна), а також поїзди, які сформовані з пасажирських вагонів та локомотивів різних серій, що не пройшли відповідну модернізацію під роботу в приміському русі. Найбільш придатним за характером роботи в приміському русі був поїзд, який сформований з пасажирських вагонів та маневрового тепловоза ЧМЕЗ. Але не зважаючи і на те, що цих локомотивів на початку 90-х років було більш ніж у 2 рази більше, ніж потрібно, вони себе не зарекомендували при виконанні даного виду роботи.

На даний час понад 60% їх парку потребує списання або комплексної модернізації. Модернізацію даних дизель-поїздів проводять за рахунок заміни їх основних агрегатів новими. ВАТ ХК "Луганськтепловоз" розроблено нові дизель-поїзди з передачею змінно-змінного струму ДЕЛ-01 та ДЕЛ02 [1-4]. Польською

фірмою PESA розроблено рейкові автобуси серії 620М з гідравлічною передачею. Одинадцять таких автобусів уже експлуатуються на Південній та Львівській залізницях.

Протягом розвитку та вдосконалення залізничної техніки вивченню питань оцінки надійності приміського транспорту приділяється недостатньо уваги. Фундаментальні дослідження в цьому напрямку виконувались у ВЗПТ, МПТ, ДПТ, ХПТ, ХПІ та інших організаціях під керівництвом видатних вчених [5-9]. В результаті аналізу їх робіт були виділені основні фактори, які впливають на рівень надійності, джерела експериментальної інформації про надійність на різних стадіях життєвого циклу. Особливо багато уваги приділяється підходам до оцінки показників надійності дизель-поїздів на етапі проектування. Питанню ж оцінки надійності їх в експлуатації з урахуванням регіонів та умов роботи останнім часом уваги приділено дуже мало.

Постановка мети статті. Метою роботи є розроблення моделі прогнозування надійності дизель-поїздів у приміському русі на залізницях України.

Основний матеріал статті. Аналіз організаційно-методичних методів забезпечення надійності приміського рухомого складу показав, що задача забезпечення надійності складається в послідовному обґрунтуванні і реалізації рішень на різних стадіях процесу створення і їх застосування. Подальший аналіз показав, що дизель-поїзд як складна

система складається із взаємозалежних і взаємодіючих між собою і зовнішнім середовищем систем і елементів, може бути визначена системами інцидентів, у яких установлюється бінарна відповідність між різними об'єктами.

Оскільки залежності взаємного впливу відмов систем не встановлені й умовні ймовірності невідомі, приймають допущення про статистичну незалежність відмов систем. Тому модель розрахунку надійності дизель-поїздів в експлуатації зобразимо у вигляді блок-схеми розрахунку надійності, алгоритм якої поданий на рисунку.

Аналіз надійності складових систем дизель-поїзда у процесі експлуатації має проводитись в умовах, коли безвідмовність будь-якого з елементів конструкції може змінюватись. З урахуванням цього при формуванні структурних схем та призначенні вимог до рівня надійності дизель-поїзда та його основних елементів їх розглядають у вигляді простих систем.

При такому аналізі, який потребує розбиття складних систем на підсистеми та елементи, припускається, що кожний елемент може перебувати тільки в одному з двох станів: справному або в стані відмови.

Структурно процедуру проведення розрахунків можна розбити на три етапи.

На першому етапі виконується виділення основних чотирьох систем дизель-поїзда: кузов разом з ходовою частиною, дизель із системами його забезпечення, передачу, допоміжне обладнання.

Наступним етапом виконується розрахунок ймовірності безвідмовної роботи кожної системи окремо за період T_i . На основі зібраних статистичних даних про роботу вузлів і агрегатів дизель-поїзда, які уже експлуатуються, визначається ймовірність їх безвідмовної роботи.

Після цього формулюються гіпотези відносно технічного стану дизель-поїзда та визначаються їх ймовірності на основі відомих формул. Відповідно до даних гіпотез визначається ймовірність

безвідмовної роботи системи за відомою формулою

$$P_C(t) = \sum_{i=1}^n P_{H_i}(t) P_{C/H_i}(t),$$

де $P_C(t)$ - ймовірність безвідмовної роботи дизель-поїзда;

$P_{H_i}(t)$ - ймовірність гіпотези H_i ;

$P_{C/H_i}(t)$ - ймовірність безвідмовної роботи дизель-поїзда за умов, що мала місце гіпотеза H_i .

На третьому етапі виконується розрахунок ймовірності безвідмовної роботи моторвагонного рухомого складу в цілому за визначений період T_i за формулою

$$P_{\text{СДП}} = P_{\text{СДЗ}} \cdot P_{\text{СВП}} \cdot P_{\text{СДО}} \cdot P_{\text{СХЧ}},$$

де $P_{\text{СДЗ}}$, $P_{\text{СВП}}$, $P_{\text{СДО}}$, $P_{\text{СХЧ}}$ - ймовірність безвідмовної роботи відповідно дизеля і його систем, системи електричної передачі, системи допоміжного обладнання та системи ходової частини.

На основі даної моделі з використанням програмного продукту MathCAD була розроблена програма з розрахунку надійності дизель-поїздів різних серій в експлуатації.

Висновки:

1. Проведений аналіз стану парку МВРС та локомотивів, що використовуються в приміському русі, свідчить про необхідність проведення оновлення парку для задоволення потреб у перевезеннях.

2. Розроблена модель та програмний продукт дозволяє оцінювати надійність МВРС протягом всього терміну його експлуатації.

3. Аналіз МВРС показав, що для збільшення швидкості їх руху необхідно використовувати вагони з нахилом кузова, а для збільшення кількості посадкових місць – використовувати двох'ярусні вагони; дизелі з підвагонним розміщенням; електричну передачу змінно-змінного струму.

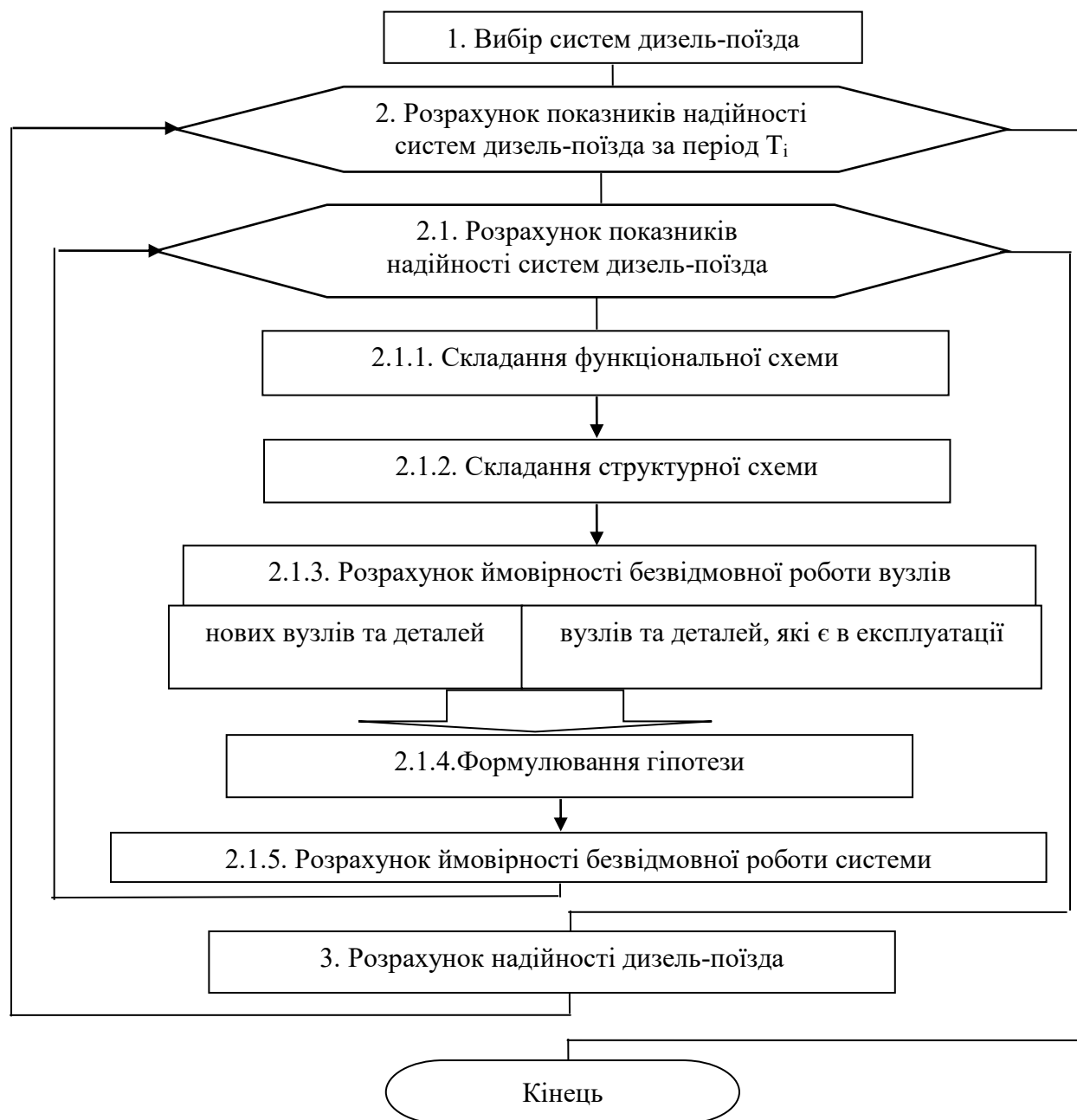


Рис. Алгоритм розрахунку надійності дизель-поїзда

4. Для покращення комфорту пасажирів (використання кондиціонера, внутрішнє обладнання і ін.) необхідно мати більш потужні дизелі, з розрахунку 40-50 кВт додатково на один вагон.

5. В подальшому бажано прослідити динаміку зміни показників надійності МВРС різних серій.

Список використаних джерел

1. Басов, Г.Г. Прогнозування розвитку дизель-поїздів для залізниць України [Текст]: монографія / Г.Г. Басов. – Харків: «Апес+», 2004. – Ч.1. – 240 с.

2. Дизель-поезда на базе тепловозной тяги [Текст] / Э.И. Нестеров, В.Л. Сергеев, А.А. Будницкий, И.А. Шаркин // Локомотивы. – 2001. – №12. – С. 32-33.
3. Раков, В.А. Локомотивы и моторвагонный подвижной состав железных дорог Советского Союза 1966-1975 [Текст] / В.А. Раков. – М.: Транспорт, 1979. – 213 с.
4. Концепция развития транспорта Украины на 1997-2010 гг. [Текст] / Министерство транспорта Украины. – №2/21-3-1428 от 14.11.1997 г. – К., 1997. – 25 с.
5. Неревяткин, К.А. Совершенствование методики определения технических характеристик проектируемых локомотивов на основе математического моделирования [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук / К.А. Неревяткин [Моск. гос. универ. путей сообщения]. – М., 1998. – 23 с.
6. Четвергов, В.А., Надежность локомотивов [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. трансп./ В.А. Четвергов, А.Д. Пузанков. – М.: Маршрут, 2003. – 415 с.
7. Бобровников, Г.Н., Комплексное прогнозирование создания новой техники [Текст] / Г.Н. Бобровников, А.И. Клебанов. – М.: Экономика, 1989. – 203 с.
8. Боднар, Є.Б. Підвищення експлуатаційної надійності локомотивів шляхом впровадження раціональної системи утримування [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.22.07 / Є.Б. Боднар. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – 161 с.
9. Быков, В.П. Методика проектирования объектов новой техники [Текст]: учеб. пособие / В.П. Быков. – М.: Высш. шк., 1990. – 168 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор Д.С. Жалкін

Ромський Володимир Васильович, слухач групи МЗ-Л-Б-11, РПЧ-2.

Сумцов Андрій Леонідович, асистент кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу.

Romsky V.V., Sumtsov A.L.

УДК 621.333.001.4

МЕТОДИ ПІСЛЯРЕМОНТНИХ ВИПРОБУВАНЬ ТА МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ЕЛЕКТРОВОЗІВ

Д-р техн. наук Д.С. Жалкін, О.М. Тимченко

МЕТОДЫ ПОСЛЕРЕМОНТНЫХ ИСПЫТАНИЙ И МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

Д-р техн. наук Д.С. Жалкин, А.М. Тимченко

TEST METHODS AND MONITORING TECHNOLOGY OF TRACTION ENGINE AFTER REPAIR ELECTRIC LOCOMOTIVES

Dr. of techn. sciences D. Zhalkin, A. Timchenko

У наведеній статті проведено статистичний аналіз відмов тягових електродвигунів електровозів. Запропоновано систему заходів та обладнання для контролю теплового стану, що створює умови організації ремонту за фактичним технічним станом.

Ключові слова: тяговий двигун, технічний стан, випробування, нагрів, діагностування, контроль, параметри, температура.

В данній статті проведено статистичний аналіз отказів тягових електродвигателів електровозів. Предложена система заходів та обладнання для контролю теплового стану, створюючи умови для організації ремонту по фактичному технічному стану.

Ключевые слова: тяговый двигатель, техническое состояние, испытания, нагрев, диагностика, контроль, параметры, температура.

In the article, the statistical analysis of failure of electric traction motors. A system of measures and equipment to control the thermal state, creating conditions for the organization of repair on the actual technical state.

Keywords: drive motor, the technical condition, testing, heating, diagnostics, control, parameters, temperature.

Постановка проблеми. В умовах фізичного «старіння» локомотивного парку, що відбувається на залізничному транспорті України, підвищення надійності експлуатації тягового рухомого складу неможливо без впровадження ефективних методів контролю якості їх технічного обслуговування і ремонту. При цьому, для забезпечення необхідних обсягів і термінів перевезень, безпеки руху поїздів необхідно так будувати стратегію технічного обслуговування, щоб постійно підтримувати його надійність на гідному рівні, зменшувати час простою локомотивів через несправність їхніх вузлів, агрегатів і систем.

В цих умовах особливої уваги до себе, а точніше до оцінки стану, вимагає електроустаткування і, зокрема, тягові двигуни (ТД) постійного струму, оскільки на їхню частку припадає 30-35 % відмов у роботі електроустаткування локомотивів від загальної їх кількості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Параметри тягового двигуна, у тому числі і номінальні, з часом експлуатації і кількістю ремонтів погіршуються [1,2]. Дослідження підтверджують, що після ремонту тягові двигуни в силу різних причин суттєво змінюють свої технічні (електротехнічні) параметри. Після ремонту тягових двигунів служби експлуатації отримують останні з новими,

іншими від попередніх (до ремонту) параметрами. При цьому ТД повинні працювати в комплексі тягових електроприводів і систем управління локомотивами налагоджених на старі (паспортні) параметри тягових двигунів. Безумовно, що в такій ситуації функціонування тягового комплексу локомотивів як системи не може бути ефективним і навіть безпечним.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Основними недоліками існуючих систем післяремонтних випробувань [3,4] є:

- відсутність інформації для повної ідентифікації електромеханічних параметрів ТД, що при такому підході до післяремонтних випробувань призведе до повторних ремонтів, особливо в тих умовах, коли тягові двигуни працюють при послідовно-паралельному з'єднанні і в результаті чого здійснюють значний вплив один на одного;

- системи навантаження статичного типу не дають повної інформації про післяремонтний стан тягового двигуна, насамперед, режим статичного навантаження не відповідає реальним експлуатаційним режимам, тому статичне навантаження не дає уявлення про стан ТД при реальних режимах.

Підвищення якості функціонування ТД в експлуатації можливо шляхом

удосконалення систем технічного обслуговування на основі проведення діагностичних заходів з метою більш об'єктивного та достовірного контролю технічного стану відповідальних деталей та вузлів ТД. Впровадження в практику нових методів і засобів визначення реальних післяремонтних параметрів ТД з урахуванням експлуатаційних і ремонтних пошкоджень, а також режимів роботи тягового двигуна в експлуатації є актуальна, важлива науково-технічна задача.

Мета статті – удосконалення післяремонтних випробувань тягових

двигунів шляхом застосування теоретичних методів та практичних засобів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналіз статистичних даних відмов ТД підтверджує факт, що 15-20 % ТД рухомого складу, які вийшли з ладу, припадає на перший період їх роботи, так званий період припрацювання (див. таблицю), що у свою чергу вказує на недосконалість технології і відповідно низьку якість ремонту та малоефективних методів випробувань на нагрівання, оскільки більший відсоток відмов припадає на замикання (коротке) в обмотках якорів (див. рис. 1).

Таблиця

Розподіл пошкодження ТД залежно від пробігу

Пробіг, тис. км	До 200	200-400	400-600	600-800	Більше 800
Відсоток відмов від загальної кількості, %	22	33	22	12	11



Рис. 1. Розподіл відмов ТД НБ-406 електровоза ВЛ8

Щоб тягові електродвигуни працювали безаварійно, їх ізоляція повинна бути надійною. У процесі експлуатації вона старіє, погіршуються її властивості, електрична міцність знижується. У деяких випадках змінення властивостей ізоляції має непоправний характер і завершується пробоем. Однак у більшості випадків наслідки старіння можна усунути відновлювальним ремонтом ізоляції.

Комплекс засобів діагностування ТД, що пропонується, базується на електронній техніці, спеціальному технологічному контрольно-вимірювальному обладнанні та приладах. Датчики температури встановлені на елементах конструкції ТД. Результати вимірів використовуються для корегування математичної моделі нагріву ТД. Організація такої системи контролю і технічного діагностування дозволить здійснити принцип управління технічним станом електричних машин локомотивів, який вже сьогодні з успіхом використовується на ряду західноєвропейських залізниць. Керуючі рішення при цьому можуть мати такий зміст:

– висновок про остаточний ресурс ізоляції електричної машини (при кінцевому відпрацюванні ресурсу – необхідність відновлення ізоляції);

– висновок про необхідність відновлення параметрів електричних машин при технічному обслуговуванні локомотива (регулювання щіток й нейтралі і т.д.);

– висновок про ймовірність подальшої експлуатації електричної машини, параметри якої перебувають у крайньому стані.

У разі розташування об'єктів діагностування на великій площі, наприклад на території депо, доцільно використовувати безпроводні вимірювання. Це можуть бути стенди для обкатки і випробування, стенди вхідного і вихідного контролю, датчики теплового стану ТД, розміщені безпосередньо на локомотиві.

Наведений нижче модуль [5] дозволяє передавати вимірювальну інформацію через безпроводний інтерфейс ZigBee (рис. 2) на відстань до 120 м.

Завдяки тому, що ZigBee підтримує топологію «багатокомірчаста мережа», забезпечується стійкість до відмови окремих вузлів мережі і адаптація до змін зовнішніх умов. Це дозволяє будувати безпроводні сенсорні мережі. Зв'язок модуля з комп'ютером здійснюється по інтерфейсу USB. Через інтерфейс USB у модулі заряджається акумулятор і оновлюється програмне забезпечення.

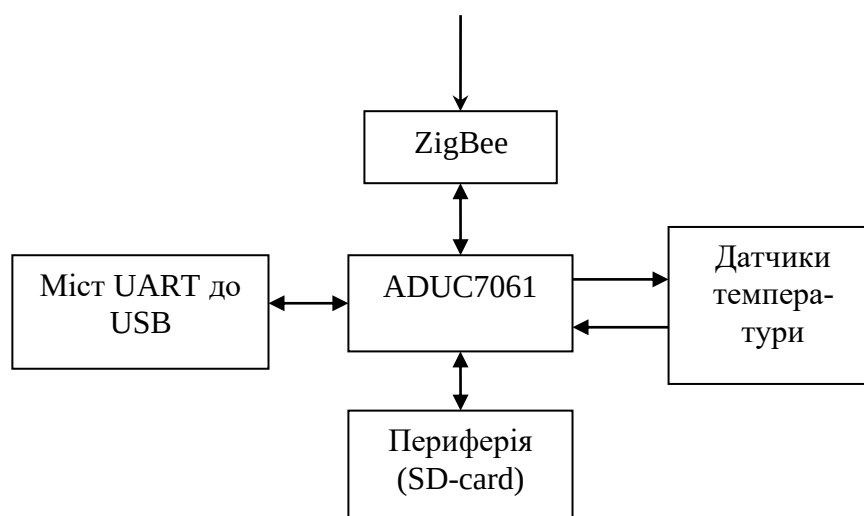


Рис. 2. Структура безпроводного вимірювального модуля

Висновки і перспективи розвитку.

Проведено аналіз статистичних даних відмов ТД, який підтверджує факт, що 15-20 % ТД рухомого складу виходять з ладу в перший період їх роботи, так званий період припрацювання, що у свою чергу вказує на недосконалість технології і відповідно низьку якість ремонту та малоефективні методи випробувань на нагрівання, оскільки більший відсоток відмов припадає на замикання (коротке) в обмотках якоря.

Запропоновано структуру комплексної системи ідентифікації параметрів ТД, яка дає можливість оперативно оцінювати зміну параметрів в процесі експлуатації і при поточному

ремонті, що дозволить розпізнати несправність у початковій її стадії і вжити заходів з усунення дефектів, а також створити базу даних для організації технічного обслуговування і ремонту за фактичним технічним станом ТД рухомого складу.

Застосування розробленого комплексу моделей з вдосконалення ефективності контролю дає змогу підвищити якість ремонту тягових електричних машин в умовах депо, покращити їх надійність, скоротити час їх непродуктивного простою на 4 % і підвищити безвідмовність в експлуатації на 7 %.

Список використаних джерел

1. Сінчук, О.М. До проблеми побудови комплексної, безперервної системи діагностики тягових електричних машин рухомого складу [Текст] /О.М. Сінчук, Д.Л. Сушко // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2003. - № 9(67). – С. 25-28.
2. Бабанін, О.Б. Вібромоніторинг підшипників тягових електричних машин при капітальному ремонті [Текст] / О.Б. Бабанін, В.В. Артеменко// Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2003. - № 4. - С. 9-12.
3. Правила ремонту електричних машин електровозів і електропоїздів ЦТ-0063 [Текст] /Укрзалізниця. – К., 2003. – 323 с.
4. Данилевський, В.І. Автоматизований випробувальний комплекс тягових електричних машин залізничного рухомого складу на статичних перетворювачах [Текст] / В.І. Данилевський // Локомотив-інформ. – 2009. - № 8. – С. 10-11.
5. Трубицин, Н.В. Беспроводные технологии измерений для диагностирования узлов локомотива [Текст] /Н.В. Трубицин, О.М. Телегин, В.Ю. Тэттер // Локомотив-информ. – 2009. - № 6. – С. 28-31.

Жалкін Денис Сергійович, д-р техн. наук, професор кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу.
Тимченко Олександр Михайлович, група МЗ-ЛБ-11.

Zhalkin D., dr. of techn. sciences; Timchenko A.

УДК 629.421.4

ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ПІДХОДІВ У ПРОЕКТУВАННІ СИСТЕМ І ПІДПРИЄМСТВ

Д-р техн. наук О.В. Устенко

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ПОДХОДОВ В ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ И ПРЕДПРИЯТИЙ

Д-р техн. наук А.В. Устенко

USING OF VIRTUAL APPROACHES IS IN PLANNING OF THE SYSTEMS AND ENTERPRISES

Dr. of tech. sciences O. Ustenko

Пропонується концепція удосконалення організації експлуатації і ремонту тягового рухомого складу з використанням ресурсу віртуальних підприємств. Розглянута загальна схема робіт, пов'язаних зі створенням віртуальних підприємств.

Ключові слова: експлуатація і ремонт тягового рухомого складу, віртуальні підприємства.

Предлагается концепция усовершенствования эксплуатации и ремонта тягового подвижного состава на основе использования ресурса виртуальных предприятий. Рассмотрена общая схема работ, связанных с созданием виртуальных предприятий.

Ключевые слова: эксплуатация и ремонт тягового подвижного состава, виртуальные предприятия.

Conception of improvement of exploitation and repair of hauling rolling stock is offered on the basis of the use of resource of virtual enterprises. The general chart of the works related to creation of virtual enterprises is considered.

Keywords: exploitation and repair of hauling rolling stock, virtual enterprises.

На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій досить поширеними є розробки, що відносяться до проблем створення віртуальних підприємств (ВП) [1]. Сьогодні тільки розробляються підходи і окремі приклади організації виробництва продукції і надання послуг із використанням ідеї віртуальних підприємств, проте вже можна виявити загальні риси процесу організації таких підприємств і основних етапів їх створення.

Віртуальне підприємство – це мережева, комп'ютерна опосередкована організаційна структура, що складається із

неоднорідних взаємодіючих агентів, розташованих у різних місцях. Автор терміну "віртуальне підприємство" – один з провідних менеджерів фірми DEC Дж.Хопленд [1]. Як найзагальніші принципи організації ВП у даній роботі використовуються такі положення:

– ВП відрізняється від інших віртуальних систем своєю виробничою спрямованістю, основна мета створення якого – виробництво товарів або послуг відповідно до вимог клієнтів більш дешевим і швидким способом порівняно з традиційними підприємствами. При цьому ВП мають, як правило, одноцільову

спрямованість, а для організації функціонування цих підприємств використовується комп'ютерна система;

– однією із стратегічних переваг ВП є знання й уміння його учасників забезпечувати гнучкість своїх ресурсів, швидко створювати віртуальні команди і віртуальне середовище для спільної діяльності, одержувати інформацію й об'єднувати знання й уміння підприємств і осіб, найбільше компетентних в окремих питаннях загального бізнес-процесу виробництва обраних товарів або послуг;

– ефекту від ВП можна досягнути тільки за умови професійного використання можливостей, що надає Інтернет і сучасні інформаційні й комунікаційні технології.

Прискорення робіт, пов'язаних зі створенням віртуальних підприємств, забезпечує такі дії: об'єднання зусиль усіх виконавців навколо загальної ідеї; упорядкування всього масиву проблем і завдань, які виникають при цьому, та підпорядкування їх одній меті; визначення загальних підходів, форм уявлення й оцінок одержуваних результатів із погляду загальних інтересів.

Використання ідеї процесного підходу [2] для вищевказаної мети дозволяє подати цю діяльність у вигляді певної послідовності етапів створення ВП з експлуатації і ремонту тягового рухомого складу; а кожний етап подати своїми процесами, що мають стандартну форму опису, яка є загальною для всіх, хто працює над цією проблемою, і підтримується за допомогою відповідних інформаційних технологій. Опис кожного процесу містить назву процесу, його результат (вихід), матеріальні й інформаційні входи, ресурси процесу і технології (методи, алгоритми, сценарії), що використовуються, параметри

процесу, стандарти і нормативи, перелік керуючих дій і перелік відповідальних за процес (перелік власників процесу).

Загальна схема робіт, пов'язаних зі створенням віртуальних підприємств для експлуатації і ремонту тягового рухомого складу, включає три етапи:

1) розроблення наукових підходів і методичних рекомендацій зі створення віртуального підприємства;

2) побудова віртуального підприємства;

3) експлуатація віртуального підприємства.

Впровадженню конкретних локомотиворемонтних віртуальних підприємств передують роботи, які пов'язані із розробленням наукових підходів для створення таких підприємств і здійснюються на першому етапі. Окремі наукові і практичні результати можуть бути узагальнені і сформульовані у вигляді загальної теорії створення віртуальних підприємств на основі останніх досягнень науки управління і організації, а також на підставі наявного досвіду створення віртуальних підприємств різної орієнтації [3]. Теорія створення ВП охоплює питання визначення і класифікації віртуальних підприємств, принципи їх створення і функціонування, підходи до управління, економіко-математичні моделі і методи, типові компоненти і засоби організаційної, технічної та інформаційно-технологічної підтримки.

Побудова моделі віртуального інформаційного простору і її функціонування забезпечується створенням і впровадженням на підприємствах інтегрованої системи автоматизації управління на базі найсучасніших апаратних і програмних засобів [1].

Список використаних джерел

1. Васильовський, М. Ключові зони інформації в логістиці підприємств [Текст] / М. Васильовський // Вісник НУ «Львівська політехніка». – 2001. - № 424. – С. 274-279.
2. Зелінський, С. Віртуальний партнер [Текст] / С. Зелінський // Гроші і технології. – 2001. - № 1-2. – С. 32-35.

З. Мельниченко, С.В. Вплив інформаційних технологій на маркетинг туристичних підприємств [Текст] / С.В. Мельниченко // Вісн. Київ. нац. торг.-екон. ун-ту. – 2007. - № 5. – С. 68-74.

Устенко Олександр Вікторович, д-р техн. наук, професор

Ustenko O., dr. of tech. sciences.

УДК 621.436:662.756.3

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОВИЗНОГО ДИЗЕЛЯ 5Д49 ПРИ ЙОГО РОБОТІ З РІЗНИМИ ВАРІАНТАМИ СУМІШІ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА ТА МЕТИЛОВОГО ЕФІРУ РІПАКОВОЇ ОЛІЇ

Кандидати техн. наук А.О. Каграманян, О.Г. Крушедольський, В.В. Захарченко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОВИЗНОГО ДИЗЕЛЯ 5Д49 ПРИ ЕГО РАБОТЕ С РАЗЛИЧНЫМИ ВАРИАНТАМИ СМЕСИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И МЕТИЛОВОГО ЭФИРА РАПСОВОГО МАСЛА

Кандидаты техн. наук А.А. Каграманян, О.Г. Крушедольський, В.В. Захарченко

DETERMINATION OF PARAMETERS OF DIESEL ENGINE 5D49 HIS WORK WITH VARIOUS OPTIONS MIXTURE DIESEL AND RAPESEED OIL METHYL ESTER

Candidates of tech. science A.O. Kahramanyan, O.H. Krushedolsky, V.V. Zaharchenko

Наведено результати розрахунку робочого процесу тепловозного дизеля 16ЧН26/26 та аналіз його ефективності від частки метилового ефіру ріпакової олії у суміші з дизельним паливом. Проаналізовано також вплив на параметри надійності та ефективності роботи дизеля 5Д49 різних варіантів суміші дизельного палива та метилового ефіру ріпакової олії.

Ключові слова: проектування дизелів, робочий процес, біодизель, дизельне паливо, суміш дизельного палива та метилового ефіру ріпакової олії.

В работе представлены результаты расчета рабочего процесса тепло-возного дизеля 16ЧН26/26 и анализ его эффективности от доли метилового эфира рапсового масла в смеси с дизельным топливом. Проанализировано также влияние на параметры надежности и эффективности работы дизеля 5Д49 различных вариантов смеси дизельного топлива и метилового эфира рапсового масла.

Ключевые слова: проектирование дизелей, рабочий процесс, биодизель, дизельное топливо, смесь дизельного топлива и метилового эфира рапсового масла.

The results of the calculation of the working process heat Vozny diesel 16CHN26/26 and analysis of its performance on the fraction of rapeseed oil methyl ester in a mixture with diesel fuel.

Analyzed the impact on the parameters of reliability and efficiency of the diesel engine 5D49 different options mixture of diesel fuel and rapeseed oil methyl ester.

Keywords: design of diesel engines, workflow, biodiesel, diesel fuel, a mixture of diesel fuel and rapeseed oil methyl ester.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Визначення параметрів тепловозного дизеля може здійснюватися двома методами: експериментальним або розрахунковим. Експериментальний метод вимагає значних витрат матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів на виготовлення натурних зразків двигунів і вузлів до них та проведення їхніх випробувань. Крім того, його реалізація виявляється дуже тривалою, а найкращий результат може бути і не досягнутий.

На початковій стадії проектування розрахунковий метод є більш ефективним. Для його реалізації необхідно мати відповідні математичні моделі процесів, які протікають у ДВЗ, а також провести їх адаптації до конкретної задачі роботи дизелів на суміші дизельного палива й ріпакової олії та оптимізації цих процесів за обраним критерієм.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання даної проблеми. У даний час відома досить велика кількість математичних моделей робочого процесу (або циклу) ДВЗ. Усі їх можна розділити на газодинамічні й термодинамічні. Перші засновані на застосуванні системи рівнянь збереження маси, імпульсу, енергії й рівняння стану, які записані для кожної розрахункової зони двигуна. В основу інших покладено розв'язання спрощеної системи рівнянь, що містять лише рівняння збереження маси, енергії й рівняння стану.

При безумовних перевагах (можливість простежити зміну параметрів газового потоку не тільки в часі, але й за координатами розрахункової зони) газодинамічні моделі не набули поширення. Це викликано тим, що

розв'язання системи нелінійних диференціальних рівнянь у частинних похідних, які покладені в основу газодинамічних моделей, виявляється громіздким і трудомістким, тому що вони розв'язуються за методом скінченних різниць, застосування якого до нелінійних систем вимагає спеціальних штучних прийомів для збіжності розв'язання: зміни різницевої схеми, зміни кроку розрахунку за часом і координатою. У результаті при користуванні загальнодоступними ЕОМ час розрахунку навіть одного варіанта виявляється досить тривалим. У нашому випадку кількість досліджуваних варіантів досягає сотень, а в кожному варіанті розрахунок ведеться для 9...17 режимів.

Багаторічний досвід розрахунків робочого циклу ДВЗ за допомогою термодинамічних моделей показав, що вони добре працюють при відносно низьких швидкостях газових потоків і невеликій довжині розрахункових зон. Контроль довжини розрахункової зони, що забезпечує придатну для практичних цілей точність, варто вести за величиною числа Струхалія [1].

У даному випадку використовується математична модель робочого циклу, яка відноситься до групи термодинамічних моделей, розрахункові схеми газоповітряного тракту якої побудовані на зонному принципі, що викладено в роботах [2, 3]. Вибір цієї моделі пояснюється тим, що вона чутлива до режиму роботи (n , Ne), зміни регулювальних і конструктивних параметрів двигуна, а також зміни зовнішніх умов (p_o , t_o).

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Основні труднощі розрахунку інтенсивності внутрішнього джерела теплоти q_v пов'язані зі складністю визначення частки вигорілого

до даного моменту часу палива x . Базова модель допускає застосування будь-яких відомих або нових рівнянь чи залежностей моделей для x . Найбільш відомі емпіричні залежності для визначення x , запропоновані К. Нейманом [4], Б.М. Гончаром [5] та І.І. Вібе [6]. Більш точна, але й складна модель розроблена М.Ф. Разлейцевим [7]. Однак при користуванні нею доводиться виконувати великий обсяг попередніх розрахунків, у яких використовуються коефіцієнти, одержувані експериментальним шляхом для конкретного типу ДВЗ.

У даному дослідженні моделювання процесу вигорання палива в циліндрі здійснювалося з використанням формули проф. І.І. Вібе [6,8].

Недоліком методу проф. І.І. Вібе є те, що він не враховував вплив на згорання процесів сумішоутворення і режимних факторів [7]. Тому в даному дослідженні показник характеру згорання m і тривалість згорання по куту повороту колінчатого вала (п.к.в.) φ_z визначаються в залежності від коефіцієнта надлишку повітря в циліндрі α_u , частоти обертання колінчатого вала n_d , циклової подачі палива B . При цьому для тепловозних дизелів типу Д49, Д80, ПДГ1, К6С310DR, Д45, Д40, які експлуатуються в Укрзалізниці, як правило, для дизельного палива $m=0,2...0,3$, для ріпакової олії $m=0,5...0,6$. Що стосується метилового ефіру ріпакової олії, то тут показник згорання близький до показника згорання дизельного палива.

Постановка завдання. У даній роботі за мету було обрано проведення розрахункового дослідження за розробленою методикою [2] номінального режиму при всіх інших режимах роботи тепловозного дизеля 5Д49 (16ЧН26/26) при різних частках метилового ефіру ріпакової олії (МЕРО) у суміші з дизельним паливом (ДП).

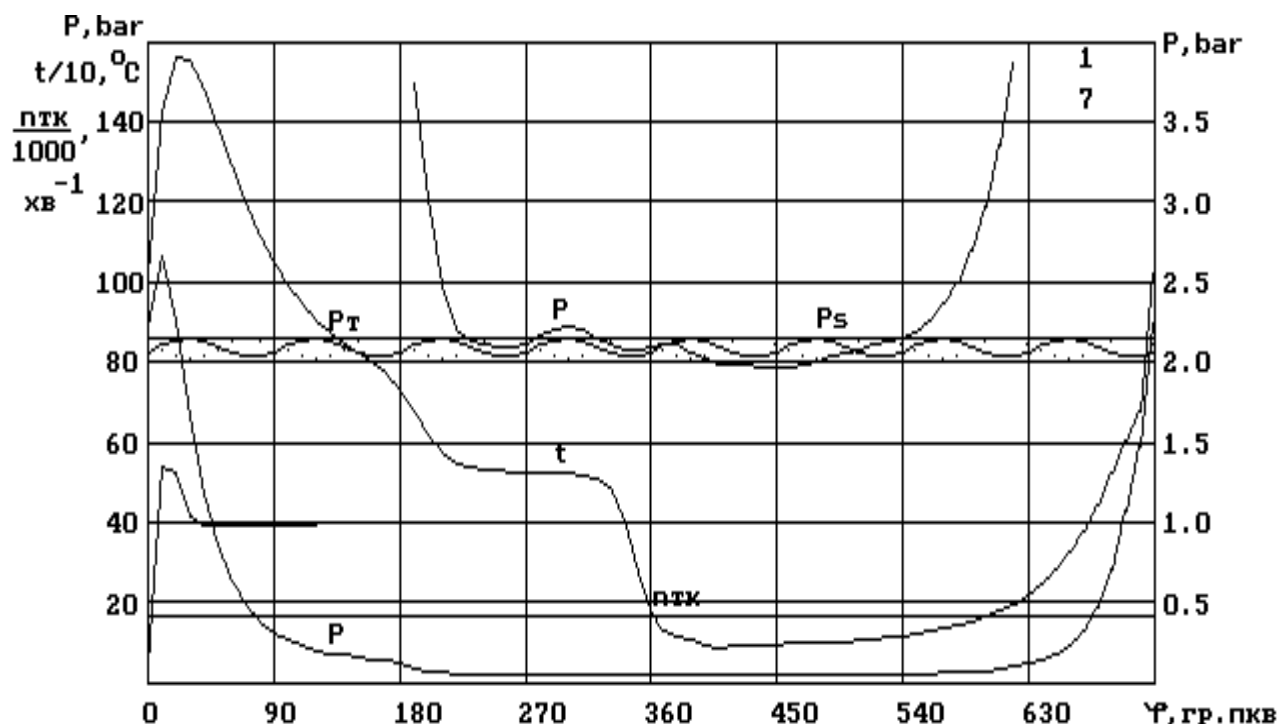
Виклад основного матеріалу. На першому етапі було виконано аналіз робочого процесу дизеля 5Д49 при його роботі на суміші дизельного палива (ДП) та метилового ефіру ріпакової олії (МЕРО) на

режимі номінальної потужності магістрального тепловоза.

Для відпрацювання та перевірки на адекватність наведених у [12] методики та програми математичного моделювання було проведено розрахункове дослідження номінального режиму роботи дизеля 5Д49 (16ЧН26/26) при різних частках метилового ефіру ріпакової олії (МЕРО) у суміші з дизельним паливом (ДП). Необхідна максимальна потужність силової установки магістрального тепловоза, що відповідає номінальному режиму дизеля повинна дорівнювати $N_e = 2250$ кВт при частоті обертання колінчатого вала $n = 1000$ хв⁻¹. Спочатку досліджувалася можливість ефективної роботи дизеля 5Д49 на чистому ДП на номінальному режимі з вибором необхідного значення площі перерізу соплового апарата турбіни турбокомпресора (ТК). При цьому система ГТН та значення фаз газорозподілу не змінювалися відносно базового варіанта дизелів типу 5Д49. Випускна система складається з двох випускних колекторів – по одному на кожний ряд. Фаза відкриття випускних клапанів дорівнює $\varphi_e=130^\circ$ повороту колінчатого вала (п.к.в.), якщо рахувати відлік кута від в.м.т. згорання. Фаза їх закриття - $\varphi_{e'} = 410^\circ$ п.к.в. Фаза відкриття впускних клапанів - $\varphi_d = 305^\circ$ п.к.в. Фаза їх закриття - $\varphi_{d'} = 575^\circ$ п.к.в. При цьому перекриття фаз у в.м.т. складає $\Delta\varphi=105^\circ$ п.к.в. Геометричний ступінь стиску $\varepsilon = 12,5$, а площа прохідного перетину соплового апарата турбіни $F_{ca}=2 \times 80$ см². Результати розрахунку робочого процесу при роботі дизеля 5Д49 на режимі номінальної потужності на чистому ДП подано на рис. 1 у вигляді індикаторних діаграм та таблиці параметрів. На рис. 1 показані також індикаторні діаграми у вигляді кривих зміни тиску по куту повороту колінчатого вала φ у випускних колекторах P_t (суцільною лінією в одному колекторі, крапками – в іншому), у впускному ресивері P_s , у першому за порядком роботи циліндрі P . Останнє показано в двох

масштабах: по лівій шкалі в процесах стиску, горіння і розширення, а в період газообміну по правій шкалі, також як P_t і

P_s . Також тут показані середня температура газів у циліндрі – t і частота обертання ротора ТК – π_{TK} .



$N_i = 2.645E+0003$	$N_e = 2.258E+0003$	$E_{TK1} = 5.266E-0001$
$g_i = 1.811E-0001$	$g_e = 2.121E-0001$	$E_{vs} = 9.370E-0001$
$P_i = 1.438E+0006$	$P_e = 1.227E+0006$	$g_{am} = 3.261E-0002$
$E_i = 4.679E-0001$	$E_{ef} = 3.994E-0001$	$A_{\alpha} = 1.953E+0000$
$P_k = 2.170E+0005$	$P_s = 2.155E+0005$	$U_{np} = 2.029E-0002$
$W_{og} = 1.970E-0001$	$P_{tc} = 2.089E+0005$	$P_{hx} = -1.917E+0004$
$T_k = 3.875E+0002$	$T_s = 3.473E+0002$	$E_{k1} = 7.915E-0001$
$P_z = 1.065E+0007$	$T_{tc} = 8.724E+0002$	$q_{ef} = 9.014E+0003$
$f_{ng} = 714$	$\pi_{TK} = 1.652E+0004$	$B_c = 9.979E-0004$
$f_z = 1.045E+0002$	$G_s = 3.824E+0000$	$G_{ot} = 0.000E+0000$
$m = 2.188E-0001$	$E_{t1} = 6.652E-0001$	$g_{NO} = 1.197E+0001$
$g_{ee} = 2.121E-0001$	$g_{eD} = 2.121E-0001$	$g_{eR} = 0.000E+0000$

Рис. 1. Індикаторні діаграми робочого процесу у першому за порядком роботи циліндрі дизеля 5Д49 на режимі номінальної потужності та результати розрахунку основних параметрів дизеля (роздруківка з екрана ПЕОМ) при його роботі на чистому дизельному паливі

Аналізуючи отримані результати для вихідного варіанта можна констатувати наступне. Необхідна потужність тут отримана при тиску наддувного повітря ("Ps") $p_s = 0,2155$ МПа, коефіцієнті надлишку повітря ("Ac") $\alpha = 1,953$ і індикаторному ККД ("Ei") $\eta_i = 0,4679$. При цьому отримана достатньо висока питома ефективна витрата палива ("gef") склала $g_e = 0,2121$ кг/(кВт.год), що на 8 г/(кВт.год) вище, ніж у дизелів 1Д80. Максимальний тиск згоряння ("Pz") при цьому менше припустимої величини і склав $p_z = 10,65$ МПа при припустимому максимальному тиску $p_z = 12$ МПа. Занадто великою є температура випускних газів перед турбіною ("Tt") $T_t = 872$ К, що потребує використання більш коштовних високотемпературних матеріалів. Недостатньо великим для дизелів із високим ступенем форсування ($p_e = 1,227$ МПа ("Pe")) виявився механічний ККД дизеля (P_e/P_i) $\eta_m = 0,853$. При цьому середній тиск насосних витрат ("Pnx") не дуже високий і складає $p_{nx} = -0,019117$ МПа. Він невисокий тому, що тиск наддувного повітря ("Ps") перевищує протитиск у випускному колекторі ("Ptc"). Отже, причина низького значення механічного ККД полягає у високих втратах на тертя та на привод допоміжних механізмів. Незначна також інтенсивність продування циліндра, яка у форсованих чотиритактних дизелях має за мету зниження температур циліндро-поршневої групи і, особливо, випускних клапанів. Так, коефіцієнт утікання продувного повітря ("fpr") складає всього $\nu = 0,02029$ проти оптимального $\nu = 0,05 \dots 0,06$. Тому причиною є відносно низький к.к.д. турбокомпресора ТК41 ("Etk1") $\eta_{mk} = 0,526$. При доведенні турбіни та компресора і підвищенні к.к.д. ТК до $\eta_{mk} = 0,6$ можна знизити питому ефективну витрату палива приблизно до $g_e = 0,205$ кг/(кВт.год).

Далі розраховувалися робочі процеси номінального режиму дизеля 5Д49 при його роботі на різних сумішах ДП та МЕРО. При цьому розглядалися суміші з масовою часткою МЕРО τ_R 10, 25, 50, 75,

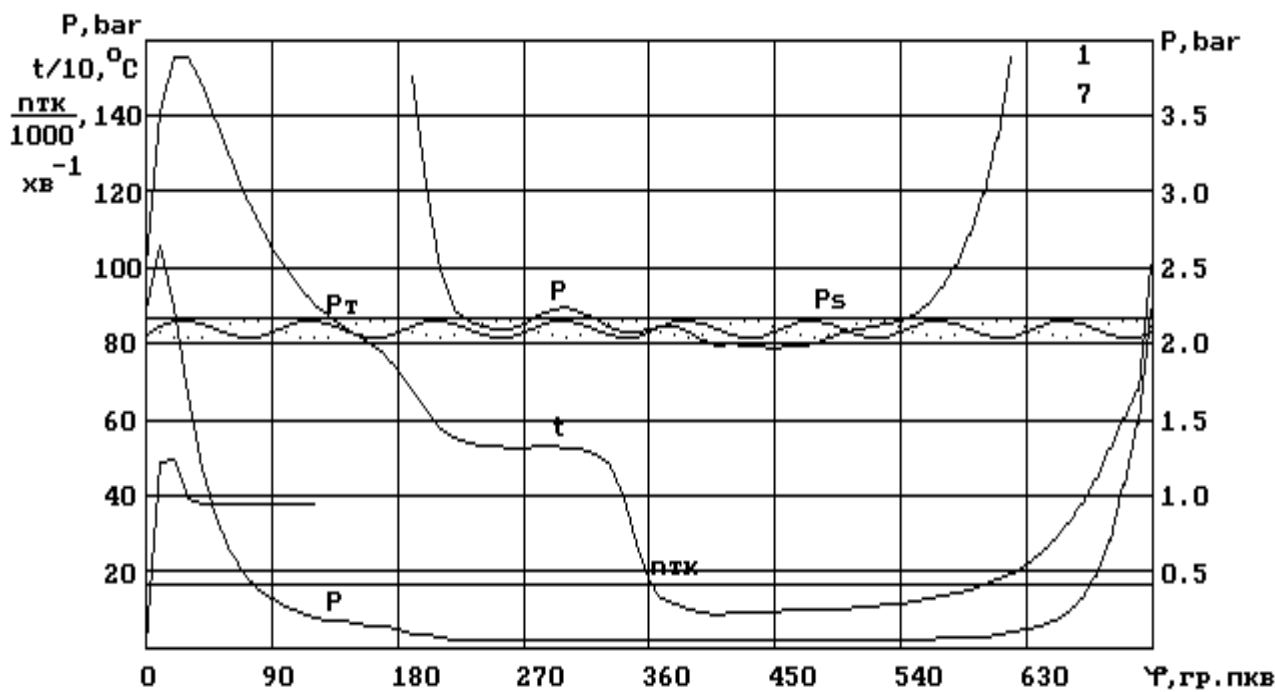
90, 100 %. Ефективність циклів оцінювалась наведеними у [12] параметрами: 1) питома ефективна витрата суміші ДП та МЕРО, g_e , кг/(кВт*год); 2) питома ефективна витрата теплоти, q_{ef} , кДж/(кВт*год); 3) питома ефективна витрата теплоти, яка віднесена до ДП, g_{ee} , кг/(кВт*год); 4) питома ефективна витрата ДП у суміші, g_{ee} , кг/(кВт*год); 5) питома ефективна витрата МЕРО у суміші, g_{ee} , кг/(кВт*год).

Надійність роботи дизеля оцінювалась за максимальним тиском згоряння p_z та за середньою температурою газів перед турбіною T_{TC} , які не можуть перевищити величин відповідно 13 МПа та 873 К. Звичайно, що підвищення частки МЕРО у паливній суміші призведе до зниження теплоти згоряння, зниження коефіцієнта надлишку повітря α , зниження максимального тиску згоряння p_z , підвищення подовження згоряння ϕ_z та підвищення температури випускних газів T_t . Останнє позитивно впливає на підвищення потужності турбіни та підвищення тиску наддування повітря p_s . Все це ми бачимо у результатах розрахунків робочих циклів номінальних режимів роботи дизеля 5Д49 на паливних сумішах з різною часткою МЕРО. Ці результати наведені нижче на рис. 2, 3, 4, 5, 6, 7, які є роздруківками з екрана ПЕОМ. Для полегшення аналізу результатів параметри, які найбільш змінюються, винесені у табл. 1 та на окремий рис. 8. (До речі, температура випускних газів при сумішах 10 та 25% МЕРО перевищує припустиму величину, а в інших випадках знаходиться на межі припустимого. Аналіз робочого процесу дизеля 1Д80 [12] показує, що у цього дизеля рівень температур значно нижче, ніж у дизеля Д49, і не перевищує межу 823 К.)

Аналіз цих результатів показує, що при зростанні частки МЕРО у суміші з ДП зростає циклова подача палива B_c , внаслідок чого значно зменшуються з 1,953 до 1,78 коефіцієнт надлишку повітря α та індикаторний к.к.д. η_i (з 0,468 до 0,463). В

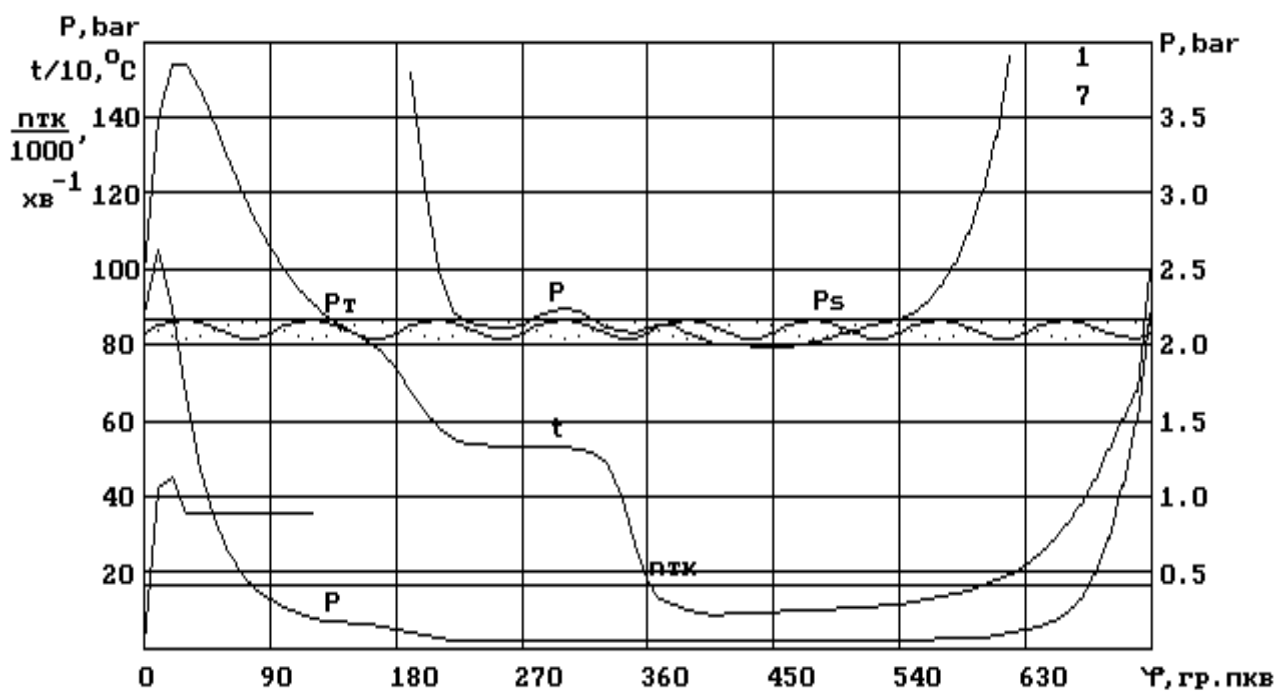
результаті цього зростають питомі витрати суміші палива g_e та питомі ефективні теплота q_{ef} й відносна теплота g_{ee} , хоча останні більш повільно. Звичайно, що

зростає питома витрата МЕРО g_{eR} та суттєво знижується питома витрата ДП. Останнє й дає позитивний ефект, якщо собівартість ДП менша за собівартість МЕРО.



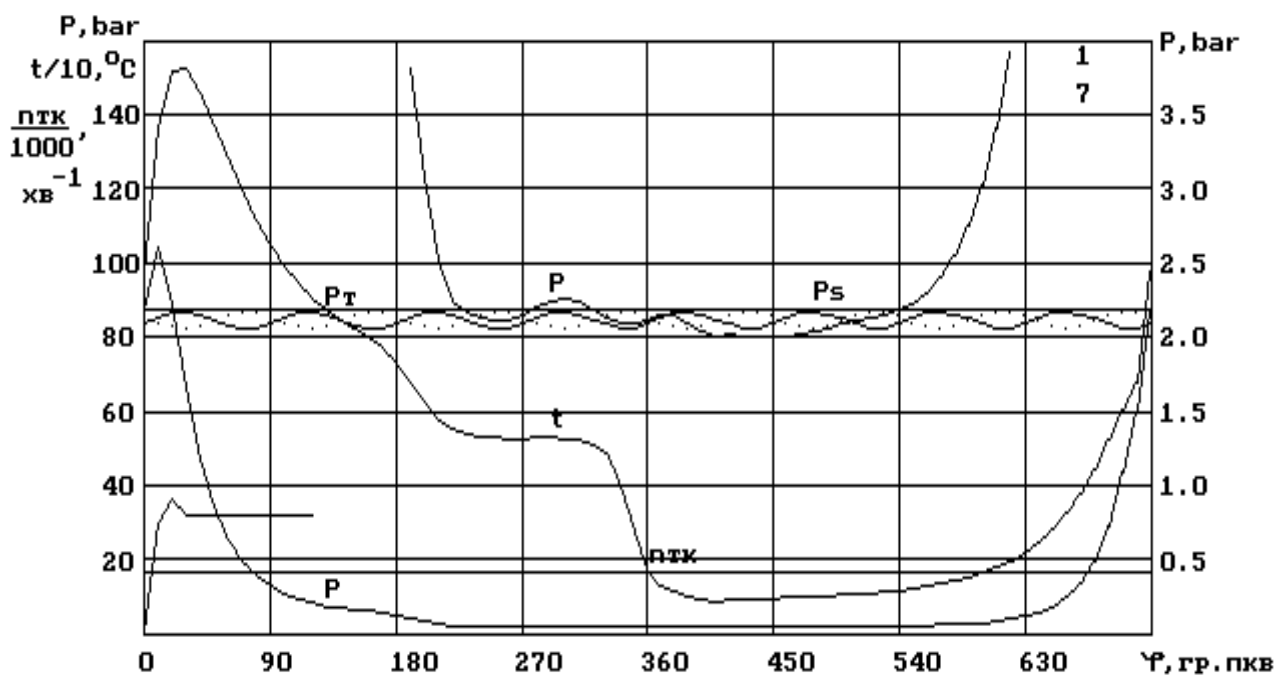
Ni= 2.648E+0003	Ne= 2.261E+0003	Etk1= 5.266E-0001
gi= 1.834E-0001	ge= 2.148E-0001	Evs= 9.375E-0001
Pi= 1.439E+0006	Pe= 1.229E+0006	gam= 3.228E-0002
Ei= 4.674E-0001	Eef= 3.944E-0001	Aц= 1.933E+0000
Pк= 2.178E+0005	Ps= 2.163E+0005	Uпр= 2.067E-0002
Wog= 1.962E-0001	Pтс= 2.095E+0005	Pнх= -1.911E+0004
Tк= 3.880E+0002	Ts= 3.475E+0002	Ek1= 7.918E-0001
Pz= 1.061E+0007	Tтс= 8.737E+0002	qef= 9.022E+0003
fng= 714	ntk= 1.656E+0004	Bс= 1.012E-0003
fz= 1.051E+0002	Gs= 3.841E+0000	Got= 0.000E+0000
n= 2.273E-0001	Et1= 6.651E-0001	gNO= 1.163E+0001
gee= 2.123E-0001	geD= 1.933E-0001	geR= 2.148E-0002

Рис. 2. Індикаторні діаграми робочого процесу у першому за порядком роботи циліндрі дизеля 5Д49 на режимі номінальної потужності та результати розрахунку основних параметрів дизеля (роздруківка з екрана ПЕОМ) при його роботі на суміші 10% МЕРО та 90% ДП



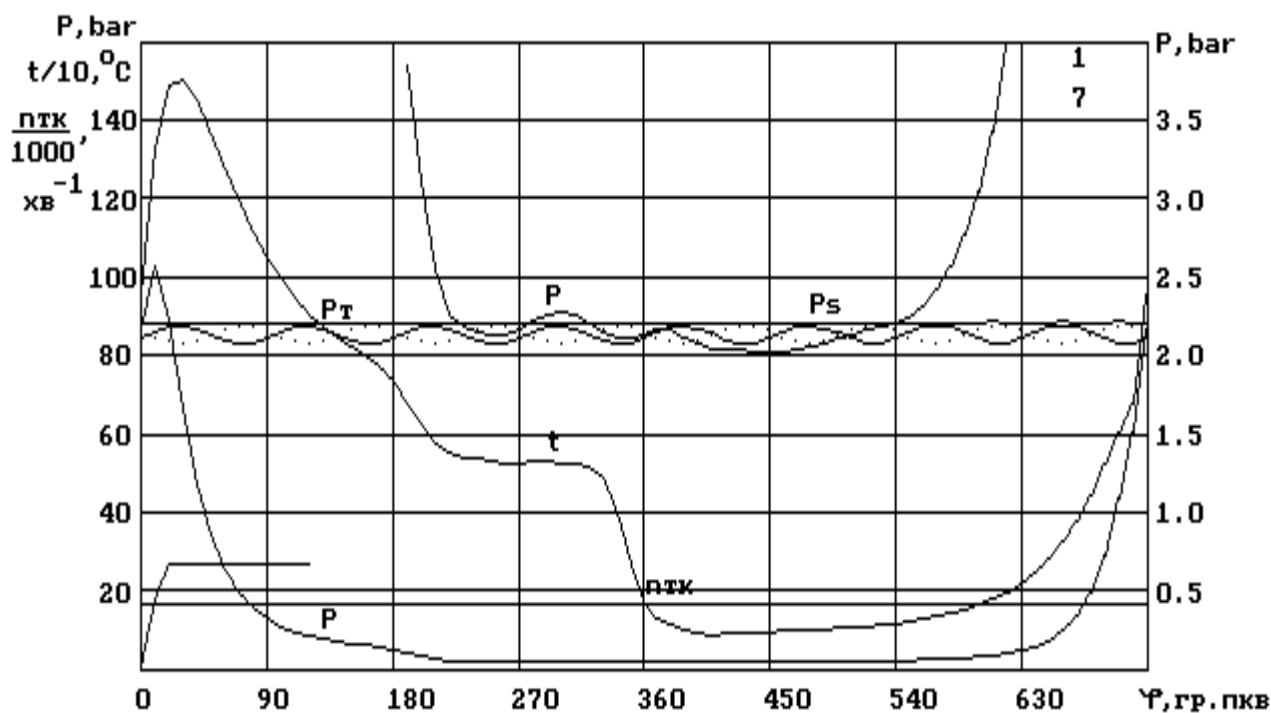
Ni= 2.652E+0003	Ne= 2.265E+0003	Eтк1= 5.266E-0001
gi= 1.871E-0001	ge= 2.190E-0001	Evs= 9.383E-0001
Pi= 1.441E+0006	Pe= 1.231E+0006	гам= 3.179E-0002
Ei= 4.666E-0001	Eef= 3.867E-0001	Aц= 1.903E+0000
Pк= 2.190E+0005	Ps= 2.174E+0005	Uпр= 2.123E-0002
Wог= 1.951E-0001	Pтс= 2.104E+0005	Pнх= -1.901E+0004
Tк= 3.887E+0002	Ts= 3.477E+0002	Eк1= 7.920E-0001
Pz= 1.053E+0007	Tтс= 8.761E+0002	qef= 9.035E+0003
fng= 714	птк= 1.663E+0004	Bс= 1.034E-0003
fz= 1.061E+0002	Gs= 3.867E+0000	Gот= 0.000E+0000
m= 2.407E-0001	Eт1= 6.649E-0001	gNO= 1.093E+0001
gee= 2.126E-0001	geD= 1.643E-0001	geR= 5.476E-0002

Рис. 3. Індикаторні діаграми робочого процесу у першому за порядку роботи циліндрі дизеля 5Д49 на режимі номінальної потужності та результати розрахунку основних параметрів дизеля (роздруківка з екрана ПЕОМ) при його роботі на суміші 25% МЕРО та 75% ДП



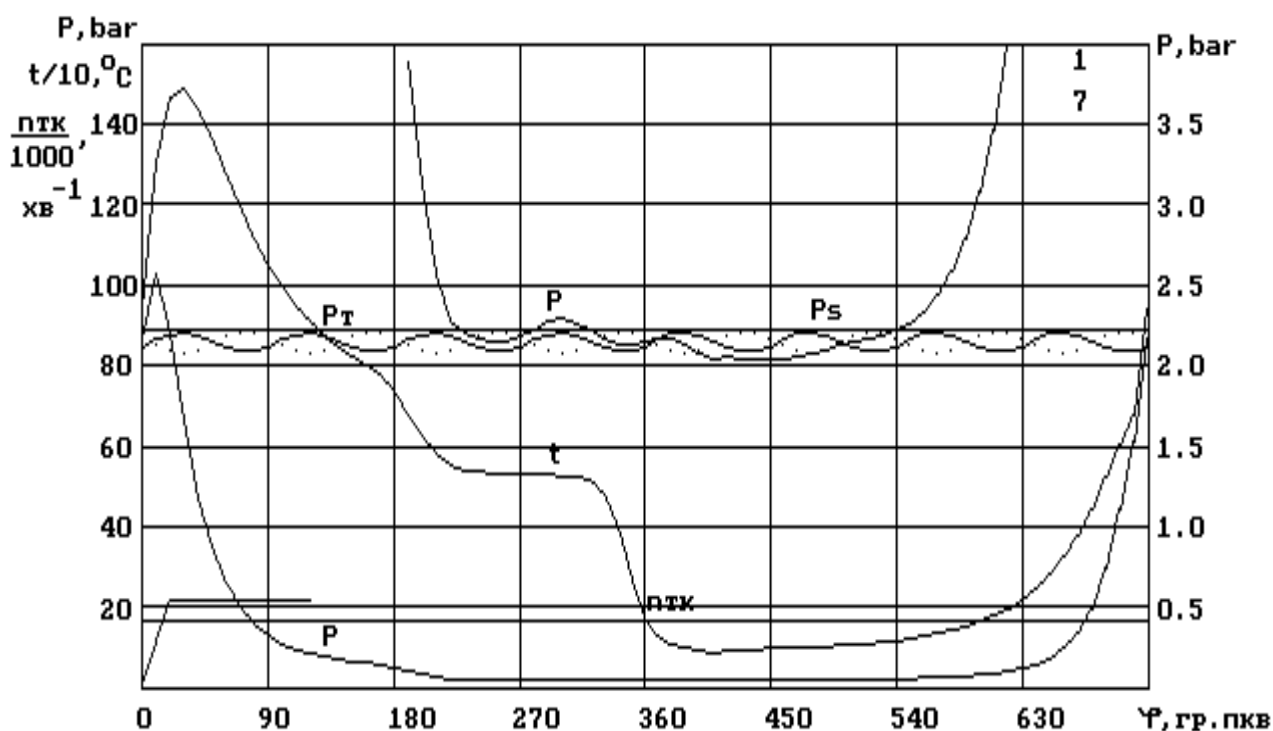
Ni= 2.640E+0003	Ne= 2.253E+0003	Etk1= 5.276E-0001
gi= 1.933E-0001	ge= 2.264E-0001	Evs= 9.393E-0001
Pi= 1.434E+0006	Pe= 1.225E+0006	gam= 3.119E-0002
Ei= 4.658E-0001	Eef= 3.741E-0001	Aц= 1.864E+0000
Pк= 2.205E+0005	Ps= 2.189E+0005	Unp= 2.221E-0002
Wog= 1.936E-0001	Ptc= 2.116E+0005	Pnx= -1.894E+0004
Tк= 3.895E+0002	Ts= 3.479E+0002	Eк1= 7.927E-0001
Pz= 1.043E+0007	Ttc= 8.724E+0002	qef= 9.056E+0003
fng= 714	ntk= 1.670E+0004	Bc= 1.063E-0003
fz= 1.074E+0002	Gs= 3.894E+0000	Gот= 0.000E+0000
m= 2.585E-0001	Et1= 6.655E-0001	gNO= 9.556E+0000
gee= 2.131E-0001	geD= 1.132E-0001	geR= 1.132E-0001

Рис. 4. Індикаторні діаграми робочого процесу у першому за порядком роботи циліндрі дизеля 5Д49 на режимі номінальної потужності та результати розрахунку основних параметрів дизеля (роздруковка з екрана ПЕОМ) при його роботі на суміші 50% МЕРО та 50% ДП



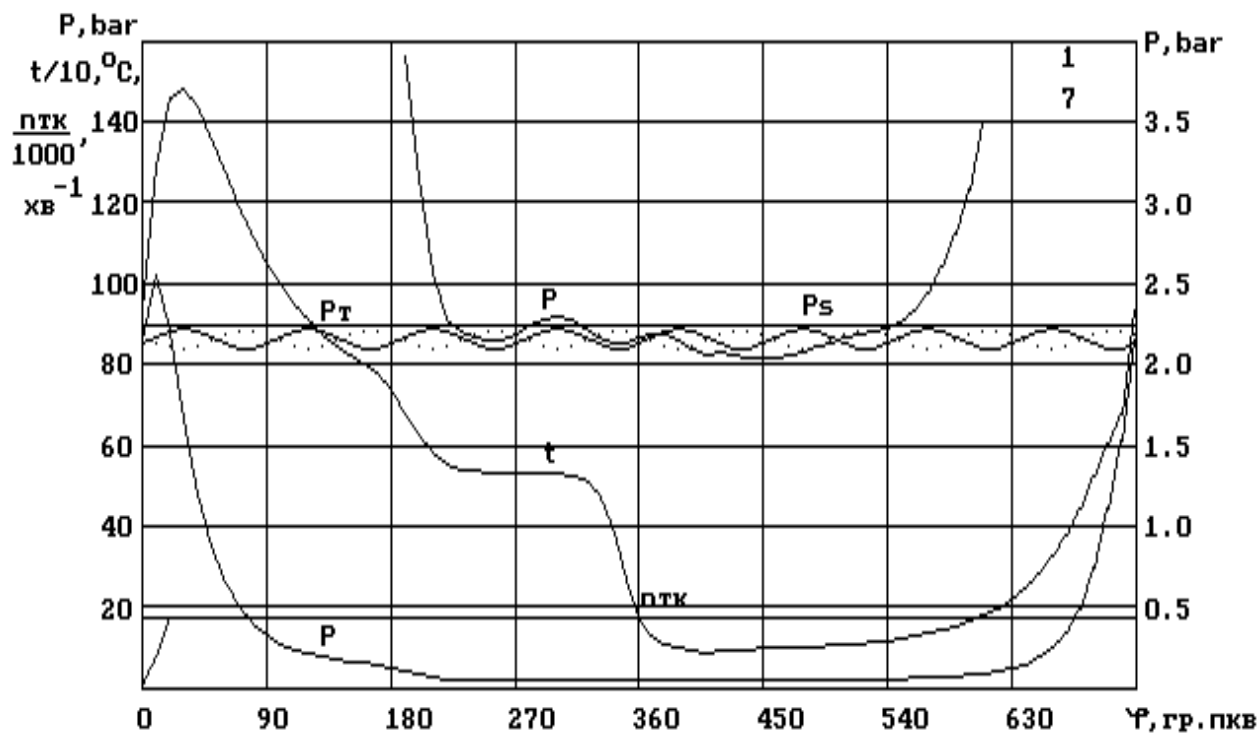
Ni= 2.641E+0003	Ne= 2.255E+0003	Etk1= 5.281E-0001
gi= 2.001E-0001	ge= 2.343E-0001	Evs= 9.409E-0001
Pi= 1.435E+0006	Pe= 1.226E+0006	gam= 3.019E-0002
Ei= 4.644E-0001	Eef= 3.615E-0001	Aц= 1.819E+0000
Pк= 2.228E+0005	Ps= 2.212E+0005	Uпр= 2.340E-0002
Wог= 1.917E-0001	Pтс= 2.134E+0005	Pнх= -1.879E+0004
Tк= 3.908E+0002	Ts= 3.483E+0002	Ek1= 7.934E-0001
Pz= 1.032E+0007	Tтс= 8.731E+0002	qef= 9.081E+0003
fng= 714	птк= 1.682E+0004	Bс= 1.101E-0003
fz= 1.090E+0002	Gs= 3.942E+0000	Gот= 0.000E+0000
m= 2.819E-0001	Et1= 6.656E-0001	gN0= 7.413E+0000
gee= 2.137E-0001	geD= 5.859E-0002	geR= 1.758E-0001

Рис. 5. Індикаторні діаграми робочого процесу у першому за порядком роботі циліндрі дизеля 5Д49 на режимі номінальної потужності та результати розрахунку основних параметрів дизеля (роздруківка з екрана ПЕОМ) при його роботі на суміші 75% МЕРО та 25% ДП



Ni= 2.642E+0003	Ne= 2.256E+0003	Etk1= 5.285E-0001
gi= 2.045E-0001	ge= 2.394E-0001	Evs= 9.419E-0001
Pi= 1.436E+0006	Pe= 1.226E+0006	gam= 2.963E-0002
Ei= 4.635E-0001	Eef= 3.538E-0001	Aц= 1.793E+0000
Pк= 2.243E+0005	Ps= 2.227E+0005	Uпр= 2.410E-0002
Wог= 1.905E-0001	Pтс= 2.146E+0005	Pнх= -1.868E+0004
Tк= 3.916E+0002	Ts= 3.485E+0002	Ek1= 7.939E-0001
Pz= 1.025E+0007	Tтс= 8.734E+0002	qef= 9.098E+0003
fng= 714	птк= 1.689E+0004	Bc= 1.125E-0003
fz= 1.100E+0002	Gs= 3.972E+0000	Gот= 0.000E+0000
m= 2.967E-0001	Et1= 6.657E-0001	gNO= 5.728E+0000
gee= 2.141E-0001	geD= 2.394E-0002	geR= 2.155E-0001

Рис. 6. Індикаторні діаграми робочого процесу у першому за порядком роботи циліндрі дизеля 5Д49 на режимі номінальної потужності та результати розрахунку основних параметрів дизеля (роздруківка з екрана ПЕОМ) при його роботі на суміші 90% МЕРО та 10% ДП



Ni= 2.642E+0003	Ne= 2.256E+0003	Eтк1= 5.287E-0001
gi= 2.075E-0001	ge= 2.430E-0001	Evs= 9.425E-0001
Pi= 1.436E+0006	Pe= 1.226E+0006	gam= 2.928E-0002
Ei= 4.628E-0001	Eef= 3.486E-0001	Aц= 1.775E+0000
Pк= 2.253E+0005	Ps= 2.237E+0005	Uпр= 2.476E-0002
Wог= 1.897E-0001	Pтс= 2.154E+0005	Pнх= -1.863E+0004
Tк= 3.922E+0002	Ts= 3.487E+0002	Ek1= 7.942E-0001
Pz= 1.021E+0007	Tтс= 8.734E+0002	qef= 9.111E+0003
fng= 714	пнк= 1.694E+0004	Bc= 1.142E-0003
fz= 1.106E+0002	Gs= 3.992E+0000	Got= 0.000E+0000
m= 3.069E-0001	Eт1= 6.657E-0001	gNO= 4.197E+0000
gee= 2.144E-0001	geD= 0.000E+0000	geR= 2.430E-0001

Рис. 7. Індикаторні діаграми робочого процесу у першому за порядком роботи циліндрі дизеля 5Д49 на режимі номінальної потужності та результати розрахунку основних параметрів дизеля (роздруківка з екрана ПЕОМ) при його роботі на ЧИСТОМУ МЕРО без ДП

Треба також відмітити, що крім економії ДП, має місце із зростанням частки МЕРО у суміші з ДП суттєве зменшення питомого викиду оксиду азоту

g_{NO} , що пояснюється двома факторами: 1) зменшення коефіцієнта надлишку повітря α ; 2) зменшення локальних температур згоряння менше ніж 2000 К.

Таблиця 1

Параметри надійності та ефективності роботи дизеля 5Д49
з різними варіантами суміші ДП та МЕРО

$r_{\text{МЕРО}}$	B_c г/цикл	α	η_i	φ_z ° п.к.в	p_z МПа	T_t К	$n_{\text{тк}}$ хв ⁻¹	p_s бар	g_e кг/(кВт·год)	g_{eR} кг/(кВт·год)	g_{eD} кг/(кВт·год)	q_{ef} кДж/(кВт·год)	g_{ee} кг/(кВт·год)	g_{NO} г/(кВт·год)
0	0,998	1,95	0,468	104	10,65	872	16520	2,15	0,2121	0	0,2121	9014	0,2121	11,97
0,1	1,012	1,93	0,467	105	10,61	874	16560	2,16	0,2148	0,0215	0,1933	9022	0,2123	11,63
0,25	1,034	1,90	0,467	106	10,53	876	16630	2,17	0,219	0,0548	0,1643	9035	0,2126	10,930
0,5	1,063	1,86	0,466	107	10,43	872	16700	2,19	0,2264	0,1132	0,1132	9056	0,2131	9,556
0,75	1,101	1,82	0,464	109	10,32	873	16820	2,13	0,2343	0,1758	0,0586	9081	0,2137	7,413
0,9	1,125	1,79	0,464	110	10,25	873	16890	2,23	0,2394	0,2155	0,0239	9098	0,2141	5,728
1	1,142	1,78	0,463	111	10,21	873	16940	2,24	0,2430	0,2430	0	9111	0,2144	4,197

На другому етапі розрахункового дослідження було виконано аналіз робочого процесу тепловозного дизеля 5Д49 при його роботі з різними варіантами суміші ДП та МЕРО на усіх режимах.

Ступінь досконалості будь-якого ДВЗ прийнято оцінювати за паливною економічністю, масогабаритними показниками, довговічністю, надійністю, ремонтпридатністю, екологічністю та ін. При цьому паливна економічність, як вже було відмічено, визначається за допомогою параметра «середньоексплуатаційна питома витрата палива» $g_{e\text{ср.е}}$ [13, 14], який враховує гістограму реальних навантажень конкретного типу двигуна. Аналогічно можна визначити середньоексплуатаційні витрати окремих складових паливної суміші дизельного палива $g_{eD\text{ср.е}}$ та метилового ефіру ріпакової олії $g_{eR\text{ср.е}}$ та головного критерію ефективності – середньоексплуатаційної питомої витрати теплоти згоряння суміші $g_{ee\text{ср.е}}$, яка віднесена до дизельного палива.

Під гістограмою реальних навантажень розуміють розподіл сталих режимів двигуна за часом при виконанні відповідної роботи. Така оцінка паливної економічності є більш об'єктивною, ніж за діючими стандартами. Такий підхід було

використано і при виконанні розрахункових досліджень дизеля 5Д49, який працює на різних сумішах дизельного палива (ДП) та метилового ефіру ріпакової олії (МЕРО). Метою такого дослідження було визначення деяких параметрів цього дизеля та його системи газотурбінного наддування (ГТН) та склад суміші ДП й МЕРО, які забезпечують мінімальні значення $g_{ee\text{ср.е}}$ у випадку його установлення на магістральному тепловозі.

Середньоексплуатаційна потужність дизеля в експлуатації склала $N_{e\text{ср.е}} = \sum(N_{ei}\tau_i)/100 = 588,35$ кВт. За результатами розрахунків було накладено одну на іншу роздруковки графіків змін параметрів дизеля 5Д49 при 0, 50 та 100 % МЕРО у суміші з ДП. Ці графіки наведені на рис. 9, 10. У табл. 2 та на рис. 11 для кожного варіанта суміші наведені середньоексплуатаційні питомі витрати теплоти $q_{ef\text{ср.е}}$, суміші палив $g_{e\text{ср.е}}$, ДП $g_{eD\text{ср.е}}$, МЕРО $g_{eR\text{ср.е}}$ та теплоти $g_{ee\text{ср.е}}$, за якими можна зробити висновок, що найбільш економічна робота дизеля 5Д49 на чистому ДП, а щодо суміші, то теплова

ефективність у діапазоні 10...50 % МЕРО - практично однакова.

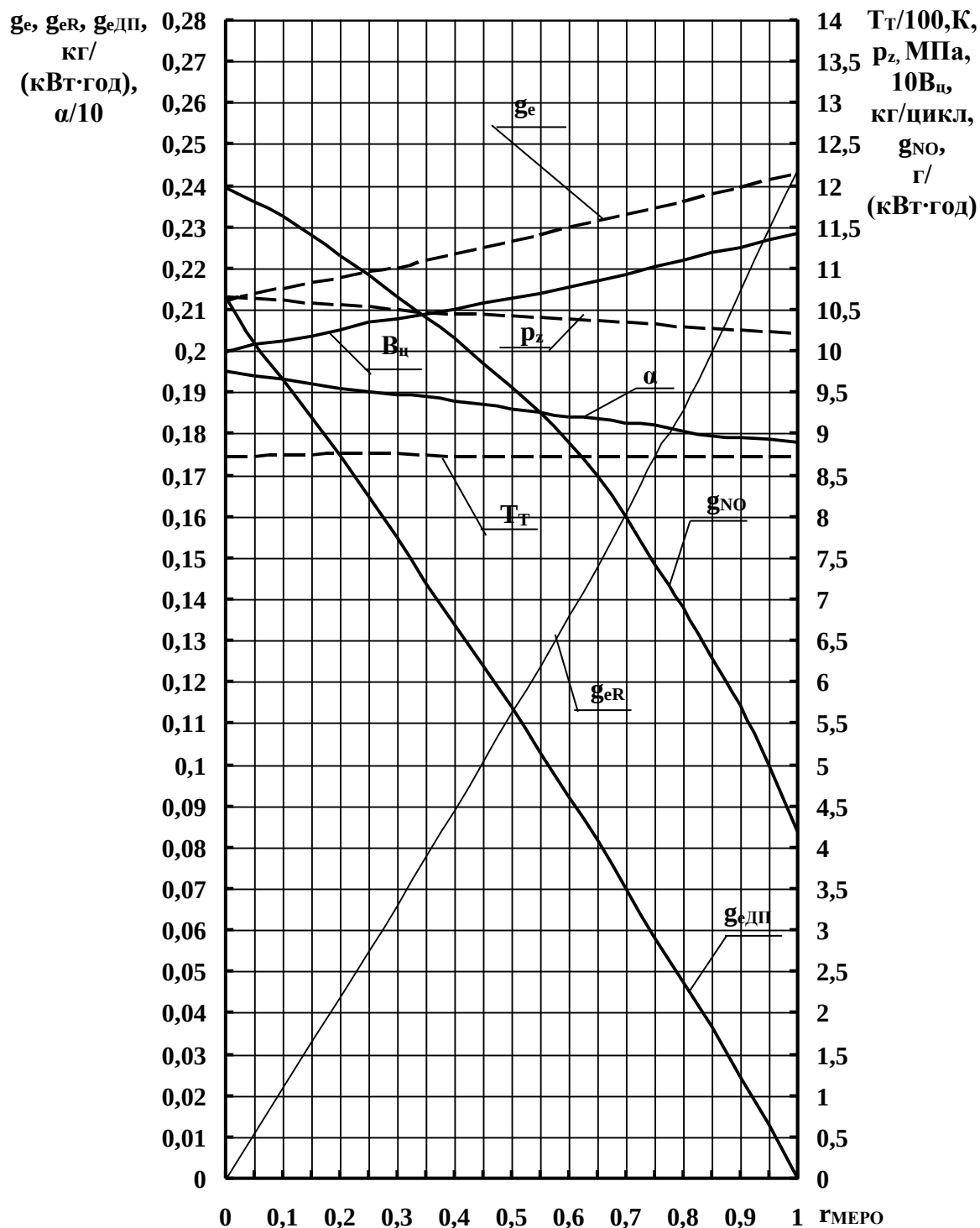


Рис. 8. Залежність деяких параметрів робочого циклу дизеля 16ЧН26/26 та його ефективності від частки метилового ефіру ріпакової олії у суміші з дизельним паливом

Таблиця 2

Середньоексплуатаційні параметри економічності та екологічності
тепловозного дизеля 5Д49

% МЕРО	Q_e сер.е, кДж/(кВт·год)	g_e сер.е, кг/(кВт·год)	g_{ee} сер.е, кг/(кВт·год)	g_{eD} сер.е, кг/(кВт·год)	g_{eR} сер.е, кг/(кВт·год)	g_{NO} сер.е, г/(кВт·год)
0	10030,00	0,2360	0,23600	0,23600	0	14,4253
10	10030,85	0,2388	0,23602	0,21492	0,02328	14,0673
25	10029,85	0,2431	0,23599	0,18233	0,06078	13,7555
50	10024,85	0,2506	0,23588	0,12530	0,12530	12,9848
75	10027,75	0,2587	0,23595	0,06468	0,19403	12,2960
90	10022,85	0,2637	0,23583	0,02637	0,23733	10,7248
100	10019,45	0,2672	0,23575	0	0,26720	9,0624

Що стосується зміни режимних параметрів дизеля за тепловозною характеристикою, то вони від складу палива суттєво не змінюються, крім деяких:

1) згідно зі зменшенням теплоти згоряння палива суттєво збільшується його витрата (див. на рис. 9 збільшення питомої витрати палива g_e) і тому зменшується коефіцієнт надлишку повітря α (див. рис. 10) та індикаторний к.к.д. η_i , що теж суттєво впливає на збільшення питомої ефективної витрати палива g_e ;

2) згідно із зменшенням теплоти згоряння палива зростає продовження згоряння і тому падає максимальний тиск

згоряння p_{γ} та декілька зростає температура випускних газів t_{γ} . Останньому сприяє ще й зменшення коефіцієнта надлишку повітря α ;

3) зменшення коефіцієнта надлишку повітря α призводить до зменшення у вихлопних газах кількості шкідливих оксидів азоту (див. на рис. 10 g_{NO} у р.р.м., або g_{NO} , г/(кВт·год), а це означає, що збільшення відсотка МЕРО сприяє збільшенню екологічності дизеля;

4) у діапазоні 7...15 позицій контролера машиніста температура випускних газів знаходиться на межі припустимого (873K), а на 8-й та 15-й позиціях перевищує цю межу.

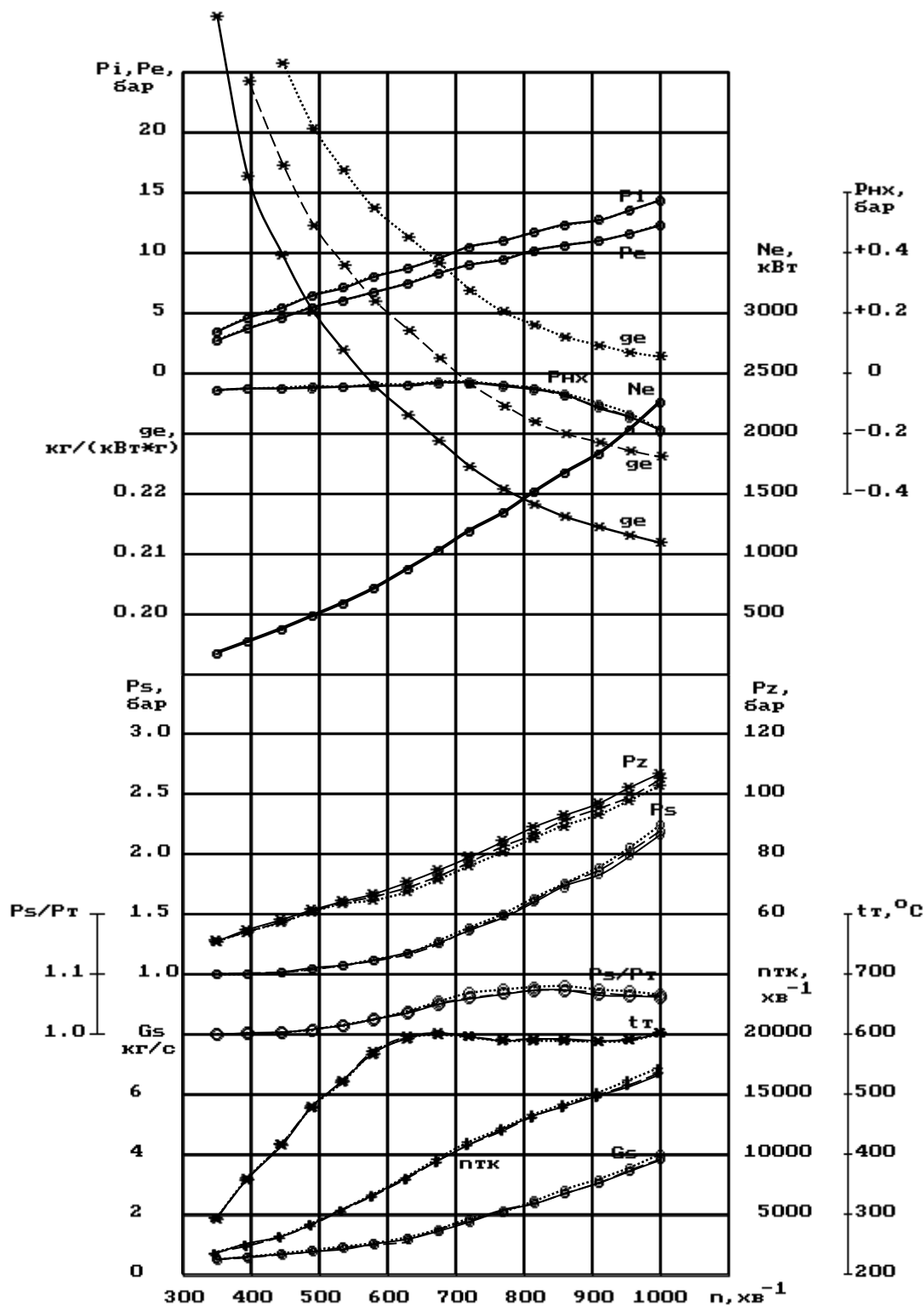


Рис. 9. Зміна режимних, індикаторних та ефективних параметрів дизеля магістрального тепловоза 5Д49 за тепловозною характеристикою при його роботі на:

- чистому дизельному паливі (0% МЕРО)
- - - на 50% суміші ДП та МЕРО
- на чистому 100% МЕРО

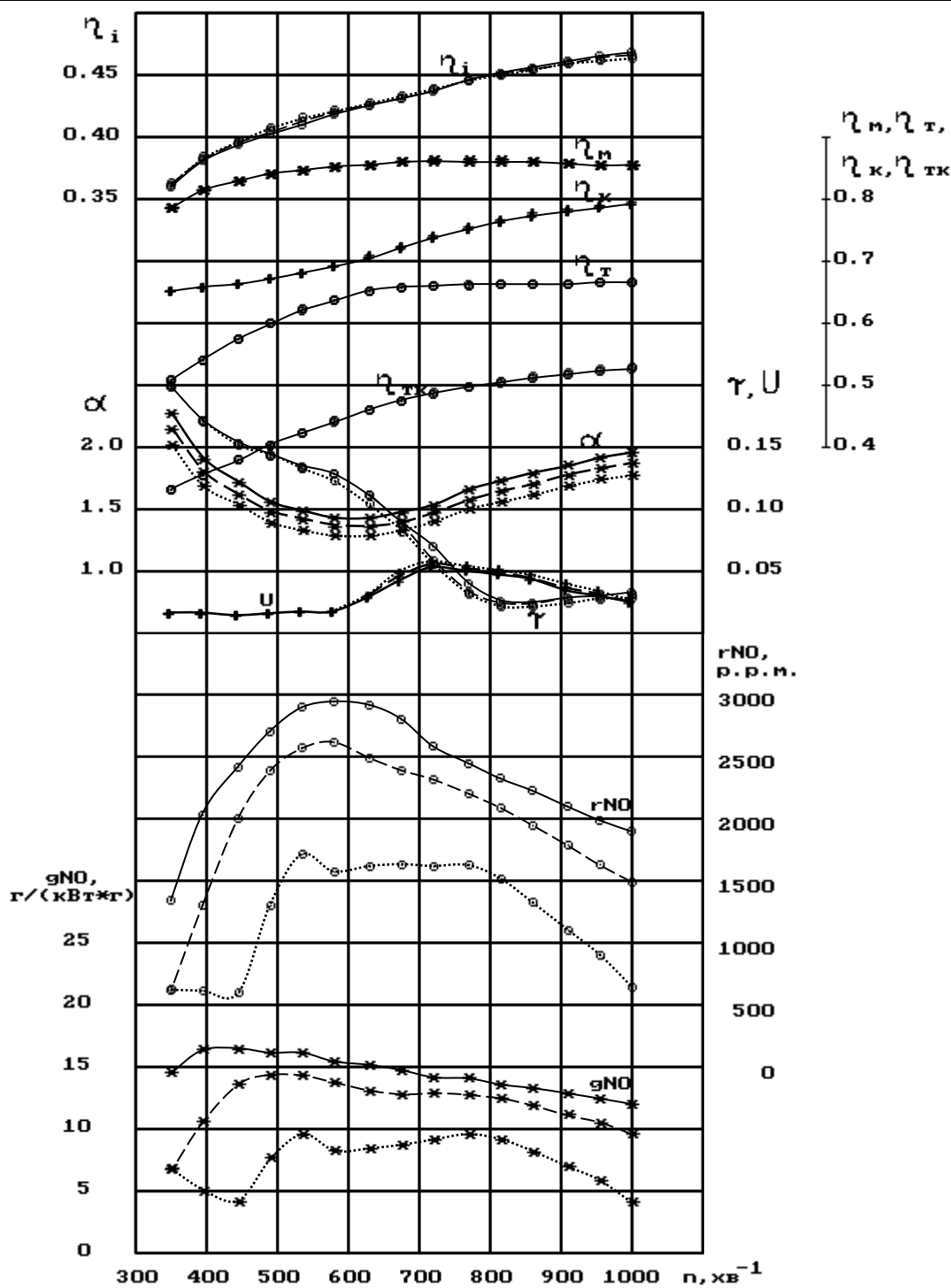


Рис. 10. Зміна к.к.д. дизеля та турбокомпресора, показників газообміну, коефіцієнта надлишку повітря та питомих викидів оксиду азоту дизеля магістрального тепловоза 5Д49 за тепловозною характеристикою при його роботі на:

- чистому дизельному паливі (0% МЕРО)
- - - - - на 50% суміші ДП та МЕРО
- на чистому 100% МЕРО

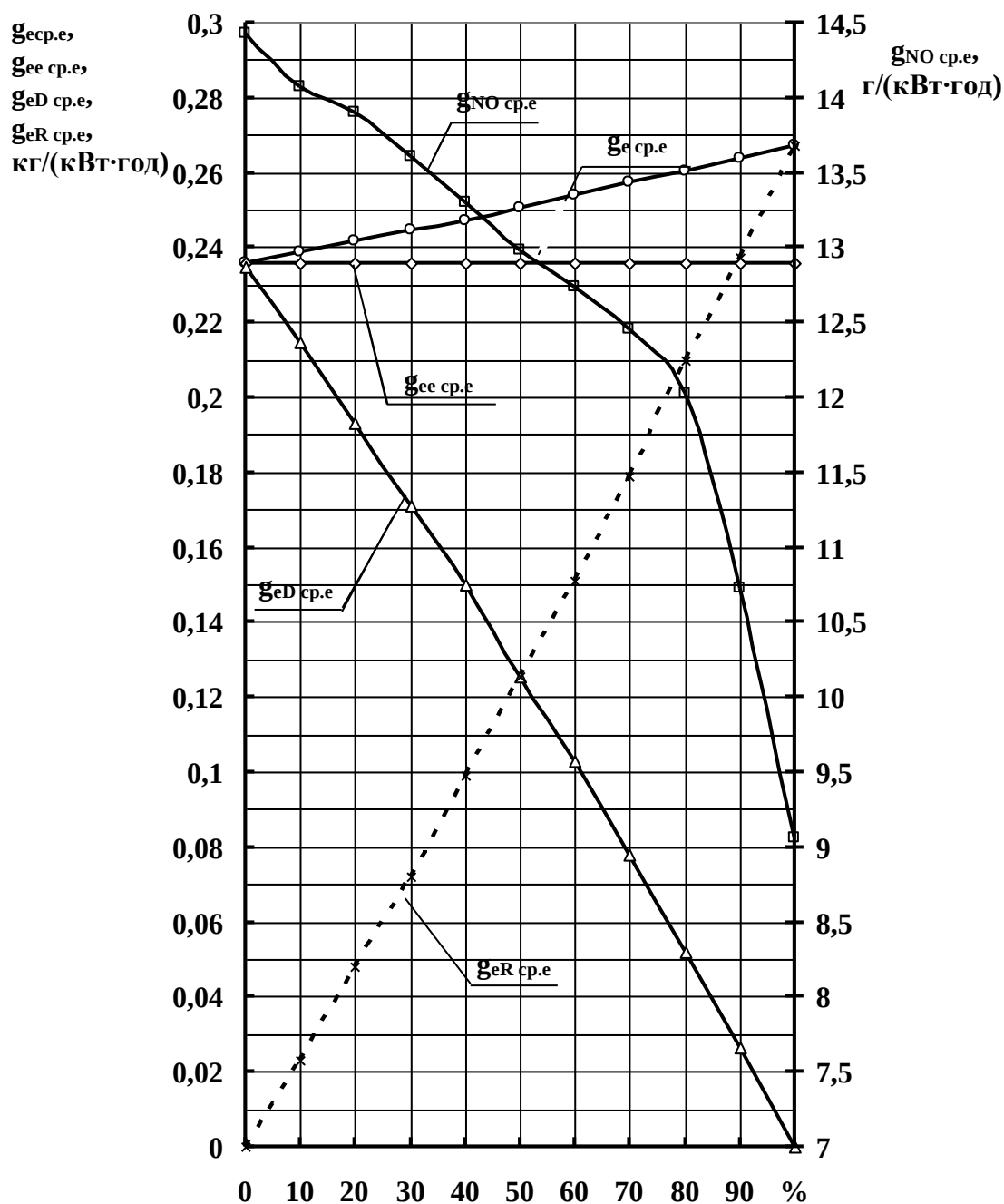


Рис. 11. Змінність питомих ефективних середньоексплуатаційних витрат дизельного палива (ДП) $g_{\text{еD ср.е}}$, метилового ефіру ріпакової олії (МЕРО) $g_{\text{еR ср.е}}$ та їх суміші $g_{\text{е ср.е}}$, питомої ефективної середньоексплуатаційної витрати теплоти $g_{\text{еe ср.е}}$ та питомого середньоексплуатаційного викиду оксиду азота $g_{\text{NO ср.е}}$ в залежності від відсоткової частки МЕРО в суміші з ДП на дизелі 5Д49

Список використаних джерел

1. Симсон, А.Э. Газотурбинный наддув дизелей [Текст] / А.Э. Симсон. – М.: Машиностроение, 1964. – 248 с.
2. Круshedольський, О.Г. Моделювання робочих процесів транспортних дизелів на експлуатаційних режимах [Текст]: навч. посібник / О.Г. Круshedольський. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – 218 с.
3. Симсон, А.Э. Оптимизация систем воздухопобливання по среднеэксплуатационному расходу топлива [Текст] / А.Э. Симсон, В.Д. Сахаревич // Двигателестроение. – 1985. - №3. – С. 3-5.
4. Нейман, К. Кинетический анализ процессов сгорания в дизеле [Текст]: сб. монографий из иностранной литературы / К. Нейман // Двигатели внутреннего сгорания. – М.: Машгиз, 1938. – 231 с.
5. Гончар, Б.М. Численное моделирование рабочего процесса дизелей [Текст] / Б.М. Гончар // Энергомашиностроение. – 1968. - №7. – С.34-35.
6. Вибе, И.И. Новое о рабочем цикле двигателей [Текст] / И.И. Вибе. – М.: Машгиз, 1962. – 270 с.
7. Разлейцев, Н.Ф. Моделирование и оптимизация процесса сгорания в дизелях [Текст] / Н.Ф. Разлейцев. – Харьков: Вища школа, 1980. – 169 с.
8. Вибе, И.И. Влияние некоторых условий работы дизеля на кинематику процесса сгорания [Текст] / И.И. Вибе, А.П. Ставров // сб. науч. тр. / Автомобили, тракторы и двигатели. – Челябинск, 1969. – №52. – С. 256-266.
9. Круshedольський, А.Г. Влияние продувки камеры сгорания на температуру деталей двигателя Д70 [Текст] / А.Г. Круshedольський, В.А. Звонов // Известия вузов. Энергетика. 1962. – №10. – С. 80-85.
10. Каграманян, А.О. Системи регулювання подачі палива для сучасних газодизелів [Текст] / А.О. Каграманян, В.В. Захарченко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2008. – №3(71). – С. 8-12.
11. Єроценков, С.А. Проблеми організації використання біодизеля на підприємствах залізничного транспорту України [Текст] / С.А. Єроценков, В.І. Пелепейченко, А.О. Каграманян // Залізничний транспорт України. – 2009. – №6. – С. 6-9.
12. Каграманян, А.О. Розрахункове дослідження робочого процесу тепловозного дизеля при його роботі на суміші дизельного палива та метилового ефіру ріпакової олії [Текст] / А.О. Каграманян, О.Г. Круshedольський, В.В. Захарченко // Зб. наук. праць Укр. держ. академії залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 135. – С. 266-280.
13. Каграманян, А.О. Критерії експлуатаційної ефективності тепловозних дизелів [Текст] / А.О. Каграманян // Залізничний транспорт України. – 2005. – №5,6. – С. 26-28.
14. Сергієнко, М.І., Середньоексплуатаційна витрата палива тепловозними двигунами та її оцінка [Текст] / М.І. Сергієнко, С.А. Єроценков, А.О. Каграманян // Залізничний транспорт України. – 2008. – №2. – С. 9-10.

Рецензент д-р техн. наук, професор А.П. Фалендиш

Каграманян Артур Олександрович, канд. техн. наук, доцент, кафедра теплотехніки та теплових двигунів.

Круshedольський Олександр Георгійович, канд. техн. наук, професор, кафедра теплотехніки та теплових двигунів.

Захарченко Вячеслав Викторович, канд. техн. наук, доцент кафедра механіки та проектування машин.

Candidates of tech. science Kahramanyan A.O., Krushedolsky O.H., Zaharchenko V.V.

УДК 629.4.027

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ЇХ ВІДМОВ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ

М.С. Стариченко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИХ ОТКАЗОВ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

М.С. Стариченко

DETERMINE WAYS TO IMPROVE RELIABILITY OF ELECTRIC TRACTION MOTORS ON THE BASIS OF THEIR FAILURE TO OPERATE

M.S. Starichenko

У статті розглянуто умови роботи тягових двигунів електропоїздів ER2T моторвагонного депо Ясинувата. Проведено короткий аналіз надійності тягових двигунів в експлуатації. Визначені основні способи підвищення експлуатаційної надійності тягових двигунів електропоїздів.

Ключові слова: тяговий двигун, надійність, відмова, пошкодження, експлуатація, аналіз, електропоїзд.

В статье рассмотрены условия работы тяговых двигателей электропоездов ЭР2Т моторвагонного депо Ясиноватая. Проведен краткий анализ надежности тяговых двигателей в эксплуатации. Определены основные способы повышения эксплуатационной надежности тяговых двигателей электропоездов.

Ключевые слова: тяговый двигатель, надежность, отказ, повреждение, эксплуатация, анализ, электропоезд.

In the article the terms of the traction motors of electric railcar depot ER2T Yasinovataya. The brief analysis of the reliability of the traction motors to operate. The main ways to increase the operational reliability of the traction motors.

Keywords: traction motors, reliability, failure, injury, operation, analysis, electric train.

Постановка проблеми. Складна економічна ситуація в країні та залізничній галузі, старіння локомотивного парку висуває на перший план питання більш повного використання всіх видів ресурсів. Вона змушує розробляти заходи щодо підвищення ефективності експлуатації рухомого складу залізниць. Відомо, що одним з основних факторів, які визначають ефективну роботу тягового рухомого складу, є його надійність. Одними з вузлів,

що обумовлюють надійність тягового рухомого складу, є тягові електричні двигуни. Наслідки відмов тягових двигунів в експлуатації приводять до значних матеріальних збитків.

Аналіз досліджень і публікацій. Проблеми дослідження надійності тягових двигунів електрорухомого складу постійно знаходяться в полі зору вчених та практиків [1, 2]. На основі натурних спостережень робилися висновки про вплив тих чи інших

факторів на виникнення відмов та пошкоджень, на основі теоретичних розробок будувалися моделі явища. У той же час, зусилля багатьох авторів, спрямованих на вирішення окремих питань цього явища, не завжди призводять до очікуваного результату. Успіху можна досягти тільки при комплексному підході до вирішення проблеми. Крім того, на надійність тягових двигунів локомотивів впливає також ступінь вичерпаності ресурсу, відмінність умов експлуатації на різних залізницях та депо, різна вантажонапруженість окремих ділянок вимагає індивідуального підходу в кожному конкретному випадку. Це доводить необхідність прийняття рішень щодо впровадження заходів з підвищення надійності електричних двигунів тільки після детального аналізу місцевих умов експлуатації, технічного стану парку рухомого складу, технологічних можливостей ремонтного виробництва.

Мета статті. Визначити основні напрямки підвищення надійності тягових двигунів електропоїздів серії ЕР2Т, виходячи з місцевих умов їх роботи на плечах обслуговування моторвагонного депо Ясинувата та аналізу відмов.

Виклад матеріалу. Високий рівень промислового розвитку району тяжіння Донецької залізниці, значна населеність регіону зумовили високу вантажо- та пасажиронапруженість її основних напрямків, яка в 5-6 разів вища за середню по Укрзалізниці. Електропоїзди моторвагонного депо працюють в приміському пасажирському русі на ділянках Ясинувата – Маріуполь; Ясинувата – Чаплине, Ясинувата – Слов'янськ – Красний Лиман, Донецьк – Дебальцеве – Луганськ; Ясинувата – Антрацит, Ясинувата – Іловайськ. Парк моторвагонного депо Ясинувата складається з електропоїздів постійного струму різних серій: ЕД2Т – 10 електропоїздів, ЕПЛ2Т – 9 електропоїздів, ЕР2Т – 21 електропоїзд.

Останніми роками, в при незначному зниженні загального пробігу електропоїздів,

майже вдвічі збільшився деповський відсоток несправних, що вказує на значне погіршення технічного стану електропоїздів.

Збір даних щодо відмов тягових двигунів в експлуатації проводився з використанням даних облікових журналів ф. ТУ-29 та ТУ-152 за останні три роки. Статистичні дані оброблялись за допомогою методів математичної статистики, а отримані результати наводились в графічному вигляді. З поданої гістограми розподілу відмов тягових двигунів по пробігу (рис. 1) видно, що пік 25 % відмов виникає при пробігах до 121 тис. км. Після незначного зменшення кількості відмов, при пробігах до 200 тис. км, починається повторне зростання. Пробіг електропоїзда для проведення ремонту ПР-3 становить 350 тис. км, і на нього припадає 78% всіх відмов. В перерахунку на кількість це становить 25 відмов. З отриманих результатів можна зазначити, що в даних умовах, при досягненні пробігів більше 100 тис. км, тягові двигуни потребують більшої уваги при експлуатації та технічних обслуговуваннях. Тобто особливу увагу необхідно приділяти контрольним операціям при проведенні ПР-1.

Для визначення впливу сезонних чинників на надійність тягових двигунів будувалась відповідна гістограма розподілу їх відмов (рис. 2), з якої видно, що найбільше відмов та пошкоджень відбувається в міжсезоння.

Це пов'язано з тим, що в міжсезонний період значно підвищується вологість повітря, це негативно впливає на стан ізоляції електричних машин. Дані гістограми вказують також на незмінність потоку відмов у зимовий період та частину весняно-літнього періоду, що потребує додаткового вивчення на предмет відповідності таким гіпотезам:

- недосконала система реєстрації відмов та пошкоджень обладнання тягового рухомого складу (помилки персоналу при заповненні облікових форм);

- особливості зовнішніх кліматичних умов конкретного сезону;

- недостатня кількість статистичного матеріалу.

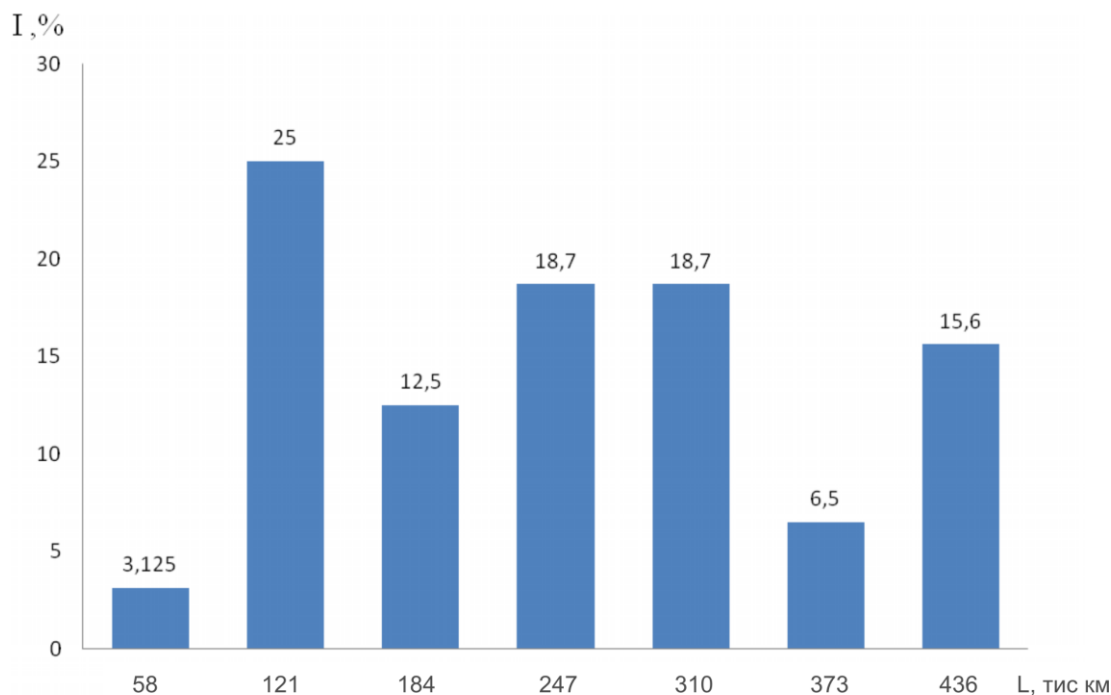


Рис. 1. Гістограма розподілу відмов тягових двигунів електропоїздів по пробігу

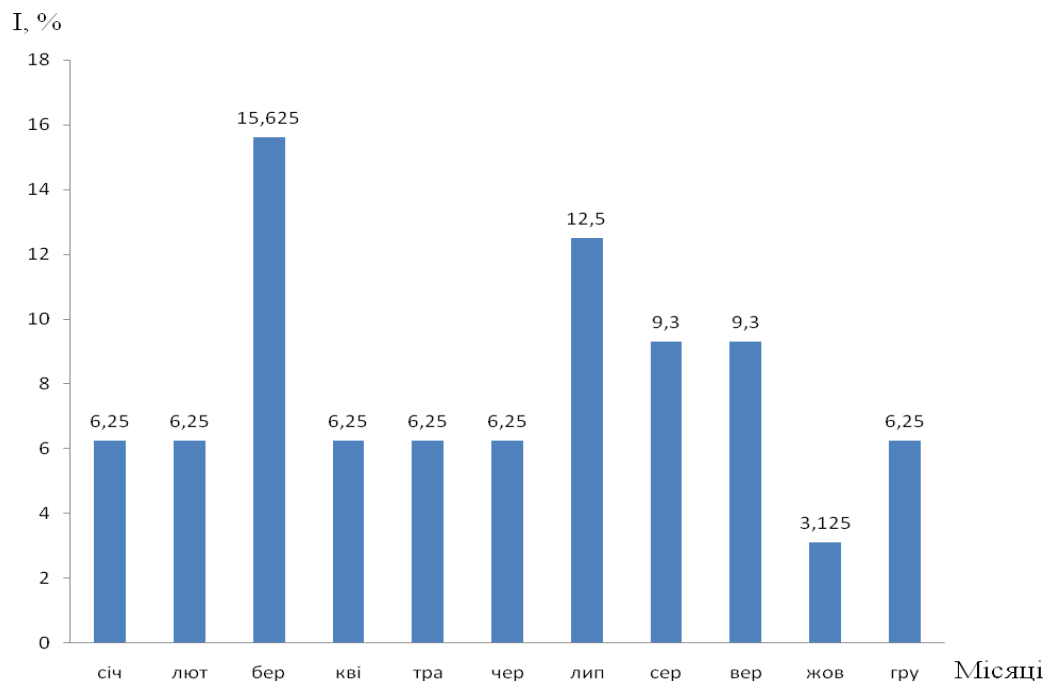


Рис. 2. Гістограма розподілу відмов тягових двигунів електропоїздів за сезонами експлуатації

Незважаючи на наявність можливої похибки, можна зазначити періоди міжсезоння як найбільш напружені щодо відмов тягових двигунів. Для виявлення найменш надійних вузлів та деталей тягових двигунів будувалась гістограма розподілу відмов за характером виникнення (рис. 3), з якої видно, що майже по 22 % відмов припадає на пошкодження ізоляції та замикання обмоток якоря (А) та

збудження (D). Високий відсоток відмов припадає на пошкодження бандажів якорів (В) та зниження опору ізоляції (С). Значно менше випадків відмов (6,25%) припадає на пошкодження щіткотримачів (F) та колектора (G). Найменша кількість відмов припадає на пошкодження міжкотушкових з'єднань (H), підшипникових вузлів (K) та кріплення полюсів (I).

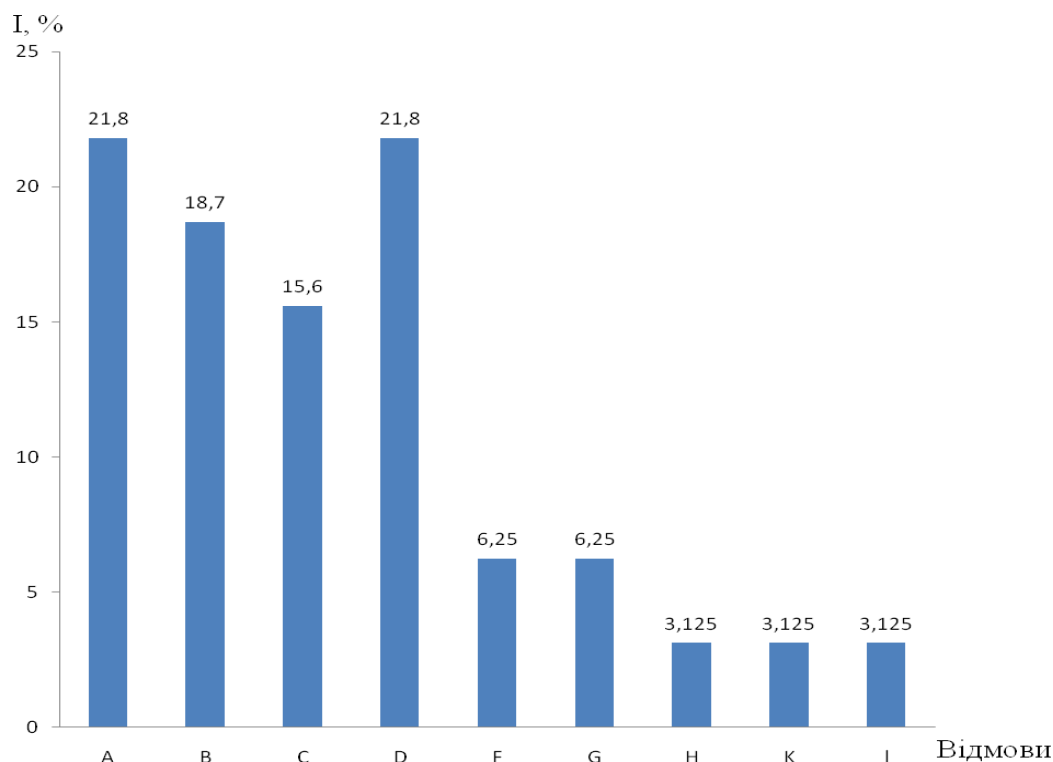


Рис. 3. Гістограма розподілу відмов тягових двигунів електропоїздів за характером виникнення

Проведений аналіз вказує на недостатню надійність тягових двигунів електропоїздів, що дозволяє сформулювати основні шляхи її підвищення в експлуатації:

- удосконалення технології контрольних операцій по тягових двигунах при проведенні ПР-1 електропоїздів;
- впровадження сучасного діагностичного обладнання з контролю ізоляції та струмоведучих частин тягових двигунів;

- підвищення уваги до якості контрольних та профілактичних операцій по тягових двигунах в періоди міжсезоння та за умов збільшення вологості повітря.

Висновки. В результаті проведених робіт було визначено, що тягові двигуни електропоїздів ЕР2Т моторвагонного депо Ясинувата характеризуються низькою надійністю в експлуатації. На основі аналізу параметрів відмов та пошкоджень тягових двигунів сформульовані основні напрямки підвищення їх експлуатаційної надійності.

Список використаних джерел

1. Исаев, И.П., От чего зависит ресурс тяговых двигателей [Текст] / И.П. Исаев, А.В. Горский, С.М. Хлопков // Электрическая и тепловозная тяга. – 1982. - №6. – С. 36-39.
2. Постников, Р.А. Влияние условий эксплуатации на надежность оборудования электроподвижного состава [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.22.07 / Р.А. Постников. – М., 2005. – 158 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор В.Г. Пузир

Стариченко М.С., слухач ІППК гр. МЗ-Л-Б-11, моторвагонне депо Ясинувата.

Starichenko M.S.

ЗАЛІЗНИЧНІ СПОРУДИ ТА КОЛІЙНЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 625

АНАЛИЗ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПУТИ

Канд. техн. наук В.Г. Мануйленко, А.А. Матвиенко, А.А. Бакшеев, Д.М. Еременко

АНАЛІЗ ОЦІНКИ СТАНУ КОЛІЇ

Канд. техн. наук В.Г. Мануйленко, А.А. Матвиенко, О.О. Бакшеев, Д.М. Єрьоменко

ANALYSIS ASSESSMENT OF THE WAY

Cand. of techn. sciences V.G. Manuilenko, A.A. Matvienko, A.A. Baksheev, D.M. Eremenko

В результате исследований, проведенных на опытном участке, выявлены основные факторы, влияющие на планирование работ текущего содержания и ремонтов пути.

Для каждого элемента верхнего строения по данным технической документации, имеющимся в службе пути дороги и дистанции пути, определены дефекты, повреждения и отказы.

Ключевые слова: железнодорожный путь, показатели надежности, эксплуатационные параметры, технические средства.

У наслідок досліджень, проведених на експериментальній ділянці, виявлені основні фактори, які впливають на планування робіт поточного утримання і ремонту колії.

Для кожного елемента верхньої будови за даними технічної документації, які містяться у службі колії залізниці і дистанції колії, виявлені дефекти, пошкодження і відмови.

Ключові слова: залізнична колія, показники надійності, експлуатаційні параметри, технічні засоби.

As a result of research carried out in the pilot area, the major factors influencing the planning of maintenance and repairs of the way.

For each element of the superstructure on the data sheets, available in the way of service roads and distance path, identified defects, injuries and failures.

Keywords: Track, reliability, performance, technical means.

При существующей системе контроля железнодорожного пути отказ элемента может произойти в период между регламентированными проверками, и часть времени система будет функционировать с неисправным элементом. В первую очередь обслуживают участки, на которых зафиксированы отказы более высокого уровня (по степени опасности). При частичных повреждениях приоритет имеют

участки с меньшей допускаемой скоростью движения.

Основным критерием, определяющим продолжительность эксплуатации пути, является наработка тоннажа.

Анализ оценки состояния пути при планировке его текущего содержания и ремонта выполняется на опытном участке.

Основные особенности данного участка следующие: высокая

грузонапряженность, наличие кривых малого радиуса, затяжные подъемы и спуски, а также большое количество деформирующихся мест земляного полотна. Конструкция верхнего строения пути двух типов: звеньевой путь на деревянных шпалах и бесстыковой – на железобетонных, рельсы Р65, балласт

щебеночный, скорости движения пассажирских поездов – $80 \div 90$ и грузовых – 70 км/ч.

В результате исследований, проведенных на опытном участке, выявлены основные факторы влияния на планирование работ текущего содержания и ремонтов пути (рис. 1).



Рис. 1. Факторы, влияющие на планирование работ текущего содержания и ремонтов пути

Для каждого элемента верхнего строения по данным технической документации, имеющимся в службе пути дорог и дистанциях пути, определены дефекты, повреждения и отказы за 2011 г.

В 2011 г. допущены повреждения и отказы в работе рельсовых цепей по следующим причинам: угон стыков, закорачивание рельсовых цепей при производстве путевых работ, пробой изоляции, попадание металлической стружки в изолирующий стык, напесовка снега, отсутствие приварных соединителей и прочие повреждения (см. рис. 1).

Факторный анализ показал, что наибольшее количество отказов и повреждений допущено из-за попаданий металлической стружки в стыки (35,7%) и

большого переходного сопротивления (32%).

Также был выполнен анализ зависимости количества повреждений и отказов рельсовых цепей, деревянных и железобетонных шпал, креплений, состояния балластной призмы от прошедшего тоннажа.

Основная причина повреждений рельсовых цепей при наработке тоннажа от 0 до 150 млн т груза брутто – изолирующие стыки неокрашены, что может привести к попаданию посторонних частиц и закоротить стык.

Наибольшее количество повреждений элементов рельсовой цепи происходит при наработке тоннажа от 150 до 300 млн т груза брутто. Такие повреждения вызваны

отсутствием приварного соединителя и дефектностью торцевой изоляции.

После наработки тоннажа 300 млн т груза брутто был выполнен средний ремонт пути, в результате которого количество повреждений рельсовых цепей уменьшилось. При этом основной причиной повреждений по-прежнему было отсутствие приварных соединителей.

При наработке тоннажа от 450 до 600 млн т груза брутто максимальное количество повреждений рельсовых цепей вызвано отсутствием приварных соединителей.

После наработки тоннажа более 600 млн т груза брутто основным видом повреждений рельсовых цепей остается отсутствие приварного соединителя.

Для улучшения содержания рельсовых цепей дистанция пути должна выполнить следующие мероприятия: приварку основных и дублирующих стыковых соединителей, профилактическую переборку изолирующих стыков, установку накладок АпАТЭК, покраску и постановку на антикоррозийную мастику и токопроводящую смазку рельсовых стыков.

На рис. 2 представлены факторы, влияющие на отказы, дефекты и повреждения технических средств пути опытного участка. Дополнительный анализ показал, что наибольшее их число приходится на неисправности рельсовой колеи (около 20%) и рельсовых цепей (более 17%), дефекты и повреждения рельсов (более 50%).



Рис. 2. Факторы, влияющие на отказы, дефекты и повреждения технических средств пути

Выполненным факторным анализом для условий опытного участка установлено, что количество дефектов и повреждений рассмотренных технических средств может быть снижено при выполнении следующих мероприятий: по рельсовым цепям – замена

изолирующих накладок типа АпАТЭК на металлополимерные; внеплановая очистка и переборка изолирующих стыков; соблюдение нормативной численности обслуживающего персонала при выполнении операций в соответствии с

технологическими картами; контроль качества выполнения работ; установка стационарных лубрикаторов в кривых участках пути; устранение отступлений II, близких к III степени, выполнять в трехсуточный срок с момента их выявления, контроль устранения указанных неисправностей, с целью исключения отводов ширины колеи после ее перешивки при смене рельсов измерять шаблон через каждый метр, выполнение путевых работ в соответствии с технологическими картами, приведение кривых к расчетным параметрам.

Для снижения количества дефектных и остродефектных рельсов – замена рельсов новыми или старогодными, наплавка концов рельсов, их шлифовка, обеспечение надлежащего текущего содержания рельсовых стыков, своевременное проведение разгонки (регулировки) стыковых зазоров, закрепление пути от угона, содержание величины стыковых зазоров согласно Инструкции по текущему содержанию пути, обточка накатов в торцах рельсов.

Список использованных источников

1. Шахунянц, Г.М. Важные вопросы технического прогресса в путевом хозяйстве [Текст] / Г.М. Шахунянц // Путь и путевое хозяйство. – 1962. – № 1. – С. 17-18.
2. Виноградов В.В., Расчеты и проектирование железнодорожного пути [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов железнодорожного транспорта / В.В. Виноградов, А.М. Никонов, Т.Г. Яковлева [и др.]; под ред. В.В. Виноградова и А.М. Никонова. – М.: Маршрут, 2003. – 486 с.
3. Еремушкин, А.А. Методические основы выбора способа текущего содержания пути на участках высокой грузонапряженности [Текст]: дис... канд. техн. наук / А.А. Еремушкин. – М.: ВНИИЖТ, 2004. – 150 с.
4. Нормы и допуски устройства и содержания пути на зарубежных железных дорогах [Текст] / О.П. Ершков, М.Г. Зак, В.Я. Карцев, В.Н. Петров. – М.: Транспорт, 1978. – 40 с. (Всесоюз. науч.-ислед. ин-т ж.-д. трансп. Достижения науки и техники в производство).

Рецензент д-р техн. наук, профессор А.М. Даренский

Мануйленко Владимир Григорьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры пути и путевого хозяйства, тел. 730-10-67.
Бакшеев Александр Александрович, слушатель ИППК гр. МЗ-ЗС-Б-11.
Еременко Денис Николаевич, слушатель ИППК гр. МЗ-ЗС-Б-11, ПЧ-22, Одесса-Сорт.

Manuilenko V.G., cand. of techn. sciences; A.A. Baksheev, D.M. Eremenko.

УДК 624. 042. 11

ИССЛЕДОВАНИЯ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ КОМПОНЕНТОВ, ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ ЗС-3, И ИХ СООТНОШЕНИЯ

О.Г. Курс, С.В. Дмитрик, канд. техн. наук С.И. Возненко

ДОСЛІДЖЕННЯ АДГЕЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОНЕНТІВ, ЩО ВХОДЯТЬ ДО СКЛАДУ ЗС-3, ТА ЇХ СПІВВІДНОШЕННЯ

О.Г. Курс, С.В. Дмитрік, канд. техн. наук С.І. Возненко

RESEARCH ADHESION PROPERTIES COMPONENTS INCLUDED IN THE ЗС - 3 AND THEIR RELATIONSHIP

O.G. Course, S.V. Dmitrik, cand. of techn. sciences S.I. Voznenko

Данная работа посвящена проблеме ремонта искусственных сооружений без использования тяжелой техники и без закрытия перегона. В ней использованы наработки по ремонту водопропускных труб под высокими насыпями. Ремонт осуществляется с помощью мобильных бригад без предоставления окон. Рассмотрены несколько вариантов ремонта. Выбрана технология устройства металлической обоймы с закачкой за обделку СПЦВС и окраской составом ЗС-3. Состав используется для ремонта различных поверхностей, в том числе и мокрых. Бетонные, каменные, металлические поверхности окрашивались составом. При этом адгезионная прочность на отрыв составляла не менее 2 Мпа.

Ключевые слова: адгезия, мокрая поверхность, прочность, герметизация, структура, нафталины, фенолы, фракции, КУС, смола, молекулы, флокулы, глобулы, когезия, разрушение.

Ця робота присвячена ремонту штучних споруд без використання важкої техніки та без закриття перегону. В ній використані напрацювання з ремонту водопропускних труб під високими насипами. Ремонт здійснюється за допомогою невеликих бригад без використання вікон. Розглянуто декілька варіантів ремонту. Вибрана технологія улаштування металевої обойми із закачуванням за обробку СПЦВС та покриттям ЗС-3.

Склад використовується для ремонту різних поверхонь. зокрема вологих і мокрих. Бетонні, кам'яні, металеві поверхні покривалися складом. При цьому адгезія на міцність на відрив складала не менше 2 Мпа.

Ключові слова: адгезія, мокра поверхня, міцність, герметизація, структура, нафталини, феноли, фракції, КУС, смола, молекули, флокули, глобули, когезія, руйнування

This article is dedicated to the problem of fiction buildings fix without using heavy technologies and closed area. The scientific researches under non- waterproof swallows with hight – hills were used in it. The main idea of this paper is to make a fix by mobile- groups without windows. Some variants of such a fix were under study. The choosen algorithm is as follocing : metal- shirt construction for SPCVS- methodics and PC-3 painting. This compound is used for different surfaces fix, the wet included. Broken- stone, metal surfaces were painted by this composition. When the process has been finished the adgesion was 2 Мpa.

Keywords: *adhesion, wet surface, strength, sealing, structure, naftalyny, phenols fraction of ASC, the resin molecules, floccules, globules, cohesion, destruction*

В структуре КУС – ЭД различаются следующие структурные элементы:

- КУС – дисперсионная среда;
- глобулы ЭД – надмолекулярный уровень;
- агрегаты из глобул (флокулы) – субмикроруровень.

В качестве основного прочностного показателя герметизирующего состава была принята величина адгезии к бетону М500. На рис. 1 представлена кривая зависимости адгезионной прочности ЗС-3 от содержания КУС $\phi_{\text{КУС}}$ в смеси КУС-ЭД.

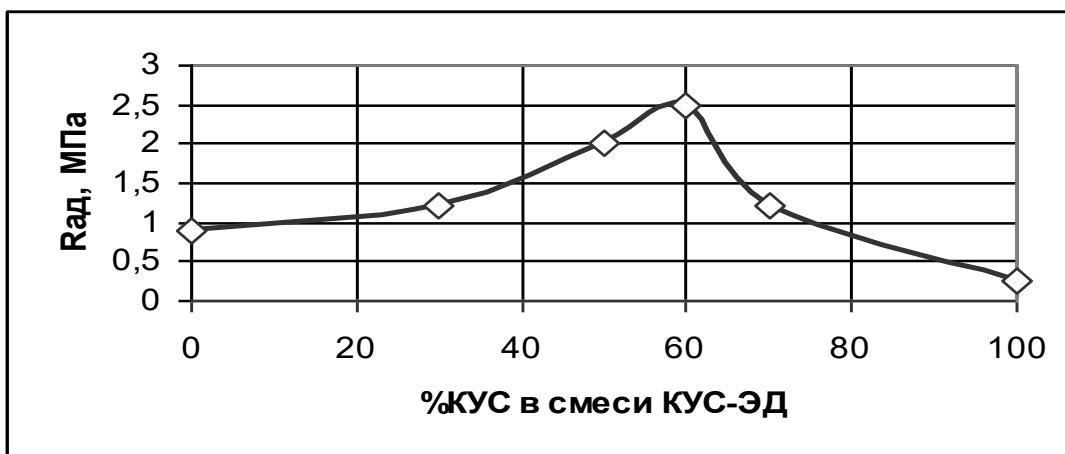


Рис. 1. Зависимость прочности адгезии состава КУС-ЭД от КУС

Как видим, график $R_{\text{ад}} - \phi_{\text{КУС}}$ имеет экстремальный характер. Максимальная величина $R_{\text{ад}}$ в смеси КУС-ЭД достигается при содержании в смеси $\phi_{\text{КУС}}$, равном 60%. Объяснить проявление максимума $R_{\text{ад}}$ при содержании КУС в смеси КУС-ЭД в количестве 60% можно следующим образом. Величину адгезии жидкообразного состава КУС-ЭД к твердой подложке можно выразить уравнением Дюпре

$$W_{\text{ад}} = \sigma_{\text{жг}}(1 + \cos\theta), \quad (1)$$

где θ - краевой угол смачивания состава КУС-ЭД подложки;

$\sigma_{\text{жг}}$ - поверхностное натяжение жидкообразного состава КУС-ЭД.

В то же время

$$\sigma_{\text{жг}} = W_c/2, \quad (2)$$

где W_c - работа когезии в смеси КУС-ЭД.

Подставляя, получим

$$W_{\text{ад}} = \frac{W_c}{2}(1 + \cos\theta), \quad (3)$$

где $W_{\text{ад}}$ - работа адгезии смеси КУС-ЭД.

Дифференцируя (3) и учитывая, что при отрыве герметизирующего состава работа адгезии и когезии совершаются на одном и том же пути, уравнение (3) можно выразить через прочностные характеристики (1):

$$R_{\text{ад}} = \frac{R_c}{2}(1 + \cos\theta). \quad (4)$$

Следовательно, прочность адгезии состава ЗС-3 к подложке определяется прочностью его когезии R_c и краевым углом смачивания θ подложки при

нанесении. Чем лучше смачиваемость, тем меньше угол θ , тем больше величина $\cos\theta$ и тем выше адгезионная прочность. Экстремальный характер зависимости $R_{ад}$ от $\phi_{кус}$ обусловлен противоположным влиянием содержания КУС на когезию и на смачиваемость состава. При $\phi_{кус} = 0$ вязкость ЭД высокая, $\theta > 90^\circ$, $\cos\theta$ – отрицательная величина и адгезионная прочность $R_{ад}$ ниже $R_c/2$. С увеличением $\phi_{кус}$ понижается вязкость состава КУС-ЭД, увеличивается смачиваемость поверхности, величина $(1+\cos\theta)$ становится больше 1, что вызывает увеличение $R_{ад}$ при $\phi_{кус} = 0-60\%$. Дальнейшее увеличение $\phi_{кус}$ более 60% приводит к существенному уменьшению величины R_c и на кривой $R_{ад} = f(\phi_{кус})$ наблюдается явный спад адгезионной прочности.

Следует отметить, что в соответствии с (3) величина $W_{ад}$ стремится к W_c для хорошо растекающихся жидких составов, когда $(1 + \cos\theta = 2)$, и при всех случаях θ не может ее превышать.

Формально влияние на $R_{ад}$ смачивающей способности состава КУС-ЭД обусловлено более высокой энергией (прочностью) взаимодействия между КУС-ЭД и подложкой. В дополнение к этому существенное влияние на $R_{ад}$ обеспечивает также механическое зацепление между этим составом и шероховатой

поверхностью бетонной подложки. При этом более текучая смесь КУС-ЭД лучше затекает в микрокапилляры и микропоры поверхности, увеличивая при этом истинную площадь контакта и включение в $R_{ад}$ дополнительных сил трения у стен этих пор и капилляров.

На основе наблюдений (1) величина прочности адгезии связана с величиной когезии исследуемого состава. С учетом этого содержание КУС до 80% в смеси КУС-ЭД приводит к структуре, у которой отсутствуют пластичные свойства. Поэтому целесообразно вести дальнейшие исследования участка от 80 до 60% КУС.

Опытом установлено, что максимально возможное количество ЭД в таком составе составляет 30%, т.е. при КУС/ЭД = 70 %. При более низком значении КУС/ЭД через некоторое время возникает недопустимое охрупчивание состава. При большем отношении КУС/ЭД смесь становится жидкообразной, теряя свои пластические свойства.

Дальнейшее модифицирование свойств герметизирующего состава осуществлялось путем добавления цементного наполнителя в смесь КУС-ЭД. Зависимость изменения $R_{ад}$ состава в зависимости от содержания наполнителя (для цемента КУС-ЭД-Ц) ϕ_c в смеси КУС-ЭД представлена на рис. 2.

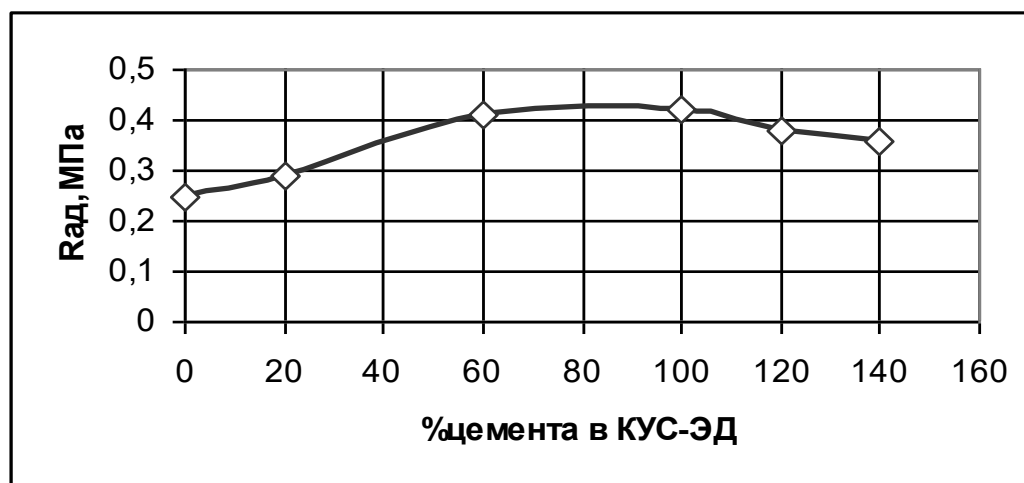


Рис. 2. Влияние количества цемента на адгезию

Максимум $R_{ад}$ при изменении $\varphi_{ц}$ можно также объяснить противоположным влиянием $\varphi_{ц}$ на когезионную прочность R_c и растекаемость состава КУС-ЭД-Ц. При этом введение в смесь КУС-ЭД цемента, приводит к формированию структуры, состоящей из структурообразующих частиц цемента, соединенных через тонкие прослойки смеси КУС-ЭД. Такие прослойки будут упрочняться с уменьшением их толщины за счет направленного (ориентирующего) действия поверхности цементных частиц на структуру ЭД. Упрочняющее действие как показано в (1) поверхности цементных частиц с увеличением R_c наблюдается на рис. 2 в интервале $\varphi_{ц}$ от 0 до 100%.

Однако дальнейшее увеличение $\varphi_{ц}$ сверх 100 % приводит к ощутимому влиянию загущающего эффекта, при котором увеличивается вязкость системы КУС-ЭД-Ц, увеличению θ , соответственно уменьшению $1+\cos\theta$ и ухудшению смачивающей способности состава.

$$\frac{\frac{4}{3}\pi(R+\delta_1)^3 - \frac{4}{3}\pi R^3}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{\gamma_{жф} \cdot m_{кус} \cdot \rho_n}{\rho_{жф} \cdot \gamma_n \cdot m_{кус}}, \quad (5)$$

где R – радиус частицы пека, м;

δ_1 – толщина масляного слоя, м;

$\gamma_{жф}$ – содержание жидкой фазы в КУС;

γ_n – содержание частиц пека в КУС;

$m_{кус}$ – масса КУС, кг.

Решая уравнение относительно δ , получим

$$\delta_1 = \left(\sqrt[3]{\frac{\gamma_{жф} \cdot \rho_n}{\rho_{жф} \cdot \gamma_n} + 1} - 1 \right) \cdot R. \quad (6)$$

Подставляя известные данные для КУС ($\gamma_{жф} = 0,39$; $\gamma_n = 0,61$; $\rho_n = 1500 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{ж} = 900 \text{ кг/м}^3$), получаем $\delta = 0,034 \text{ мкм} = 340 \text{ \AA}$.

По данным графика (рис. 2) оптимальным наполнением цемента является отношение Ц/(КУС-ЭД) 100%. Но при таком соотношении не обеспечивается необходимая вязкость (удобная для укладки защитного состава на подложку). Поэтому в качестве рабочего принимается состав КУС-ЭД-Ц при отношении Ц/(КУС+ЭД) = 40 %, который принят в качестве рабочего для последующих испытаний.

Количество пека в КУС составляет 61 %, а жидкой фазы – 39 %. Согласно микрофотографии, полученной нами с помощью электронного микроскопа (рис. 3), средний размер структурообразующих частиц пека составляет 0,25 мкм. Более крупные образования – агрегаты (флокулы) из частиц пека. Толщину слоя масла вокруг частиц пека (принимая сферической формы) определим ориентировочно из уравнения

Толщина структурированного слоя δ у поверхности вискозиметра (рис. 3) составит:

$$\delta = d_n + 2 \cdot \delta_1, \quad (7)$$

$$\delta = 0,25 + 2 \cdot 0,034 = 0,32 \text{ (мкм)}.$$

Тогда вязкость при 60, 40 и 20°C составит:

$$\eta^{60} = 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ Н·с/м}^2;$$

$$\eta^{40} = 17,6 \cdot 10^{-3} \text{ Н·с/м}^2;$$

$$\eta^{20} = 61,7 \cdot 10^{-3} \text{ Н·с/м}^2.$$

В системе КУС образуется структура согласно (2), представленная на рис. 4.

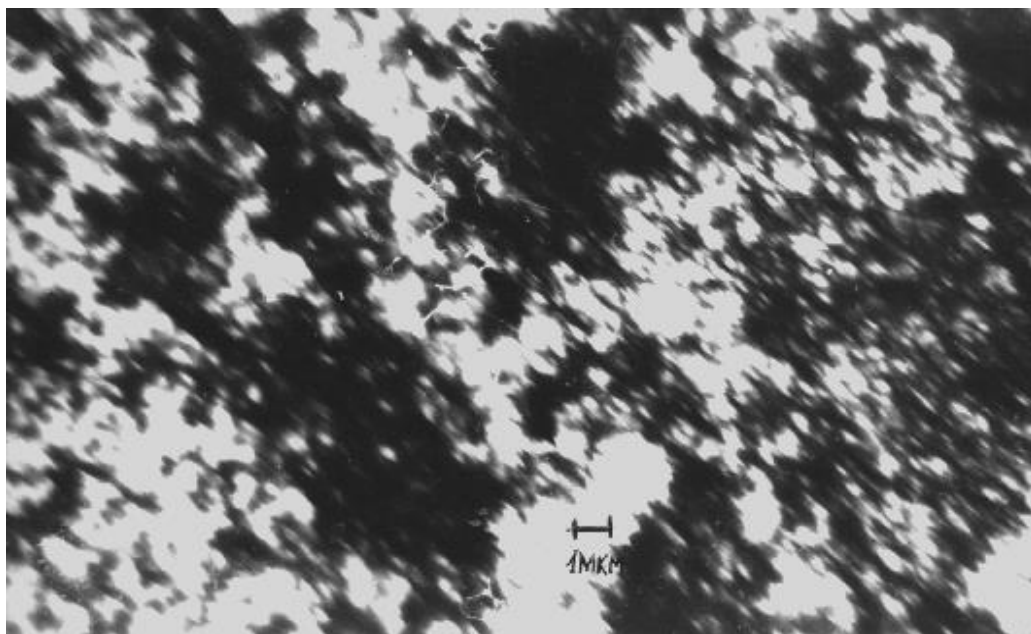


Рис. 3. Електронно-микроскопическая фотография КУС

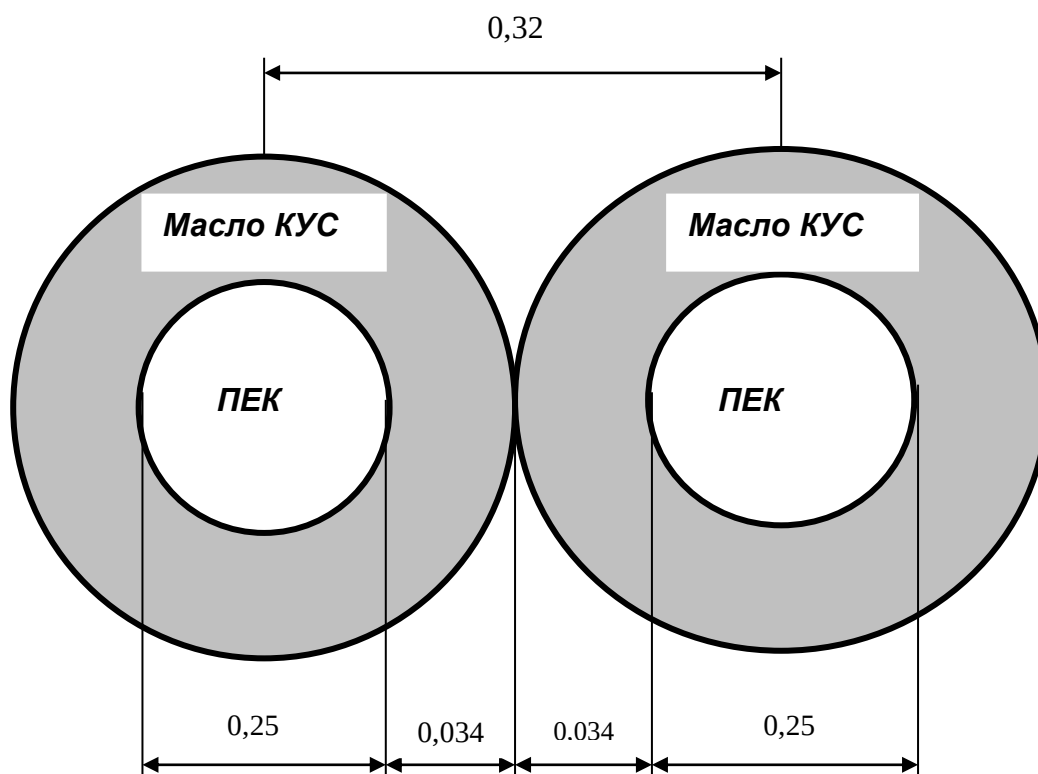


Рис. 4. Структура КУС как дисперсной системы

При введении в дисперсную систему КУС эпоксидной смолы (ЭД) увеличивается содержание дисперсной фазы за счет глобул и флокул ЭД. При этом

за счет попадания флокул и глобул ЭД в структурированный пристенный слой вискозиметра происходит увеличение его толщины. Расчет δ для системы КУС-ЭД

аналогичен расчету δ для КУС. Для системы КУС90-ЭД10 ($\rho_{\text{п}} = 1500 \text{ кг/м}^3$) толщина структурированного пристенного слоя составит:

$$\delta_1 = 0,041 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 0,041 \text{ мкм},$$

а

$$\delta = 0,332 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 0,332 \text{ мкм}.$$

Даже при незначительном введении ЭД в КУС (10%) существенно увеличи-

вается время истечения t смеси из вискозиметра, т. е. увеличивается условная вязкость смеси. Так, при 20°C время t увеличивается от 35 до 165 с. Это обусловлено связыванием более вязкой эпоксидной смолой частиц пека и возникновением дополнительной силы трения между скользящими слоями (рис. 5).

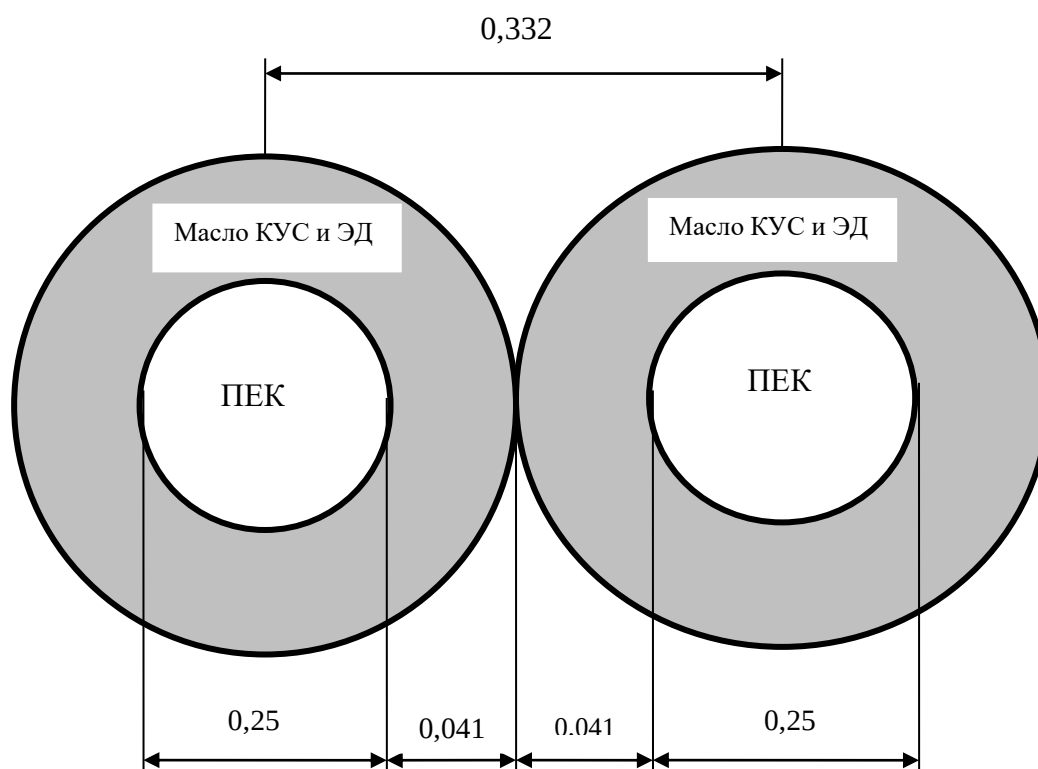


Рис. 5. Структура КУС-ЭД как дисперсной системы

Динамическая вязкость этой системы составит:

$$\eta = 302 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{с/м}^2 = 0,3 \text{ Н} \cdot \text{с/м}^2.$$

На рис. 6 представлен график изменения условной вязкости смеси КУС-ЭД-Ц (цемент), в дальнейшем композит, от изменения содержания цемента в ней.

По данным рис. 5 при содержании цемента менее 60% ($\phi < 60\%$) в рассматриваемой композиции условная вязкость не изменяется. Это обусловлено

тем, что частицы цемента при их малом содержании находятся на расстоянии друг от друга, превышающем размер частицы, и это практически исключает эффект загущения дисперсной фазой. При увеличении содержания дисперсных частиц цемента свыше 60% ($\phi > 60\%$) возрастает величина условной вязкости, что свидетельствует о значительном увеличении толщины структурированного слоя за счет размеров цементных частиц, входящих в этот слой (рис. 7).

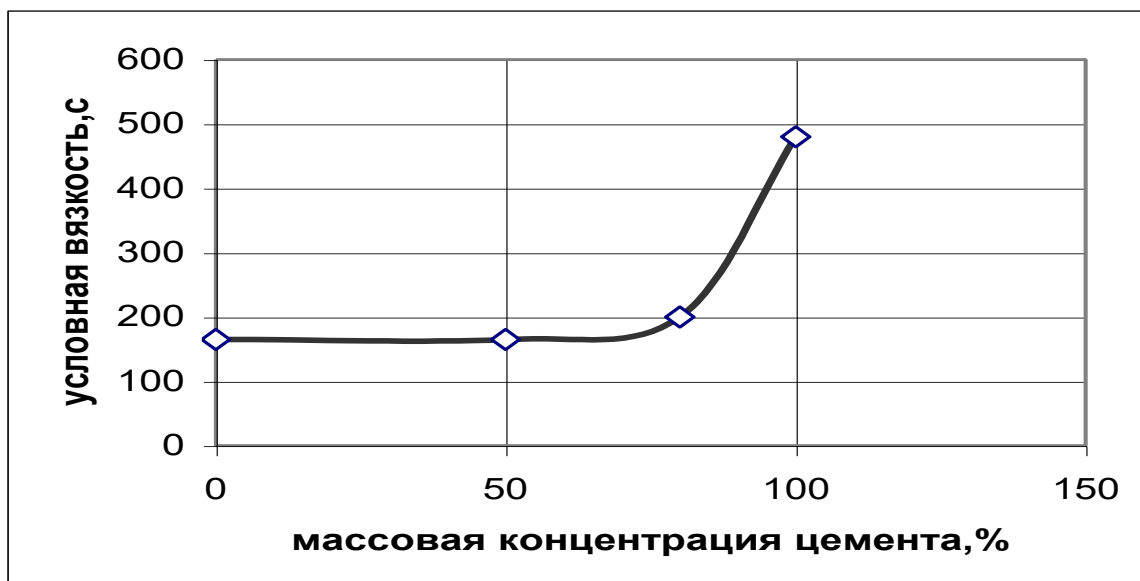


Рис. 6. Изменение условной вязкости дисперсной системы (КУС90-ЭД10-Ц) от содержания цемента

Оценку расстояния между внутренней поверхностью капилляра и ближайшего слоя цементных зерен определим по толщине прослойки между крупными частицами цемента, средний размер которых $d_{ц} = 30$ мкм. Принимая расположение цементных зерен на основе плотной кубической упаковки, получим выражение для коэффициента раздвижки частиц цемента:

$$\lambda = \frac{V_M}{V_n} = \frac{(КУС + ЭД) / \rho_{эд}}{Ц / \rho_{ц} \times Пуст / П_{ц}}, \quad (8)$$

где V_M и V_n – объем матрицы (КУС+ЭД) и объем пустот между частицами цемента при плотной кубической упаковке;

$\rho_{ц}, \rho_{эд}$ – истинная плотность цемента и смеси ЭД-КУС, кг/м³;

$Пуст$ – пустотность плотной кубической упаковки, 0,48;

$П_{ц}$ – абсолютный относительный объем цемента, 0,52.

$Пуст.$ и $П_{ц}$ определены расчетом для плотной кубической упаковки сферических частиц. Подставляя данные состава и значения: $\rho_{ц} = 3100$ кг/м³, $\rho_{эд} = 1200$ кг/м³,

получим $\lambda = 4,46$. Средняя толщина прослойки между частицами цемента δ_n :

$$\delta_n = \left(\sqrt[3]{\frac{\lambda + 1.1}{2.1}} - 1 \right) \times d_{ц}. \quad (9)$$

Подставляя λ и $d_{ц} = 30$ мкм, получим $\delta_n = 15,8$ мкм. При таком составе смеси КУС-ЭД-Ц с $\delta = 15,8$ мкм.

Расчеты и эксперименты показывают, что оптимальной по адгезии к поверхности (максимальная адгезия) и вязкости (минимальная вязкость) является смесь с величиной $\delta = 15,8$ мкм, при которой между крупными частицами цемента (30 мкм) возникает прослойка, в среднем состоящая из двух рядов мелких частиц (6,4 мкм), окаймленных слоями из частиц пека. При этом все указанные частицы покрыты тонким слоем жидкой фазы КУС-ЭД.

При увеличении содержания цемента увеличивается плотность композиции по следующему выражению:

$$\rho_{\kappa} = \frac{Ц + КУС + ЭД}{Ц / \rho_{ц} + (КУС + ЭД) / \rho_{КУС+ЭД}}. \quad (10)$$

Величина объемной концентрации определяется по выражению

$$\varphi_{об} = \frac{C/\rho_c}{(KUC + ЭД)/\rho_{KUC+ЭД}}, \quad (11)$$

при $\varphi_{об} = 39\%$ плотность композиции составит $\rho = 1730 \text{ кг/м}^3$, а время истечения $t = 480 \text{ с}$. При этих значениях вязкость по формуле (4) составит $\eta = 43,4 \text{ Н·с/м}^2$.

Эта величина близка к вязкости, определенной по прибору Ребиндера-Вейлера

($\eta = 46,8 \text{ Н·с/м}^2$), что свидетельствует о корректности определения величин δ и η в указанных выше экспериментах.

Летучие вещества в значительном количестве содержатся в основном компоненте исследуемого защитного состава – каменноугольной смоле.

Основные характеристики летучих веществ, в том числе плотность и молекулярная масса, а также рассчитанные диаметры молекул приведены в таблице.

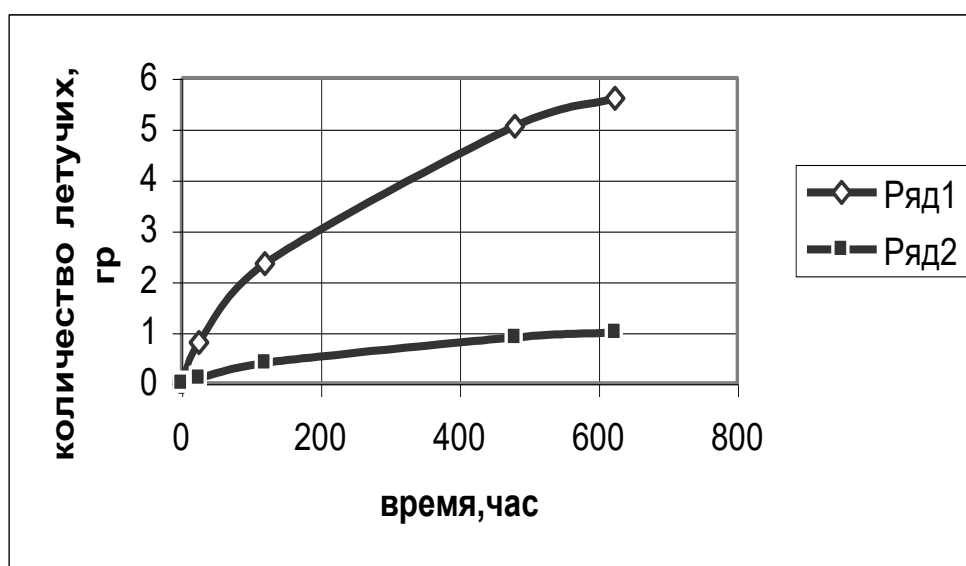


Рис. 7. Кинетика испарения летучих веществ из КУС: 1 – при 60°C; 2 – при 20°C

Таблица

Характеристики основных летучих веществ в КУС

Вещество	Плотность при 20°C ρ , г/см ³	Молярная масса М, г/моль	Структурная формула	Содержание, %	Диаметр молекулы А°, Å
Бензол	0,879	78,11	C ₆ H ₆	2	5,3
Толуол	0,867	92,14	C ₆ H ₅ CH ₃		5,6
Ксилол	0,864	106,17	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂		5,89
Нафталин	1,168	128,18	C ₁₀ H ₈	10	5,7
Аценафтен	0,831	154,21	C ₁₀ H ₆ (CH ₂) ₂	2	6,7
Фенол	1,071	94,11	C ₆ H ₅ OH	2	5,3

В состав КУС входит около 10 тыс. соединений, некоторые из которых являются летучими, например, бензольные (бензол, ксилол, толуол), нафталиновые и фенольные фракции. Для упрощения расчетов за основу приняты характеристики производных молекулы бензола.

Коэффициент диффузии определяется по формуле Эйнштейна

$$D = \frac{RT}{6\pi\eta rN}, \quad (12)$$

где R – универсальная газовая постоянная, 8,31 Дж/моль·град;

T – температура, К;

η – вязкость, Н·с/м²;

r – радиус молекулы растворенного вещества, м;

N – число Авогадро, 6,02·10²³ 1/моль.

Средний радиус молекул летучих определяем по кубическому объему, который занимает одна молекула. Этот объем в свою очередь определяется

плотностью и молярной массой вещества по формуле

$$A_v = M/N_{ap}, \quad (13)$$

откуда

$$r = 0,5 \cdot d_m = \sqrt[3]{A_v} = \sqrt[3]{\frac{M}{N_a \rho}}. \quad (14)$$

Средний диаметр молекул составляет

$$d_m = (2 \cdot 5,6 + 10 \cdot 5,7 + 2 \cdot 6,7 + 2 \cdot 5,3) / 16 = 5,76 \text{ Å}.$$

В дальнейших исследованиях предполагается обезводить КУС, постараться выделить частицы пека и исследовать его структуру.

Можно предположить, что его роль не сводится просто к роли наполнителя жидкой фазы КУС, а имеется дополнительный структурирующий эффект, основанный на сложных химических связях и влияющий не только на структурные свойства КУС, но и на весь состав ЗС-3 в целом.

Список использованных источников

1. Возненко, С.И. Герметизирующие композиции на основе цемента и КУС для обводненных тоннелей [Текст]: дисс... канд. техн. наук / С.И. Возненко. – Харьков: УкрГАЗД, 1999. – 171 с.
2. Мирошниченко, С.В. Составы на основе цемента, КУС и высококачественных смол для герметизации и лечения трещин и швов [Текст]: дисс... канд. техн. наук / С.В. Мирошниченко. – Харьков: УкрГАЗТ, 1999. – 152 с.
3. Яковлева, Е.В. Прогнозировать деформации земляного полотна [Текст] / Е.В. Яковлева // Путь и путевое хозяйство. – 2005. – №6. – С. 29-32.
4. Коншин, Г.Г. Вибрационный метод диагностики насыпей [Текст] / Г.Г. Коншин // Путь и путевое хозяйство. – 2007. – № 10. – С. 22-25.

Рецензент д-р техн. наук, профессор А.А. Плугин

Курс Олег Геннадиевич, слушатель ИППК гр. МЗ-ЗС-Б-11.

Дмитрик Сергей Витальевич, слушатель ИППК гр. МЗ-ЗС-Б-11.

Возненко Сергей Иванович, канд. техн. наук, доцент кафедры пути и путевого хозяйства.

Course O.G., Dmitrik S.V., cand. of techn. sciences Voznenko S.I.

УДК 625.12

БІОЛОГІЧНІ ТИПИ КОНСТРУКЦІЙ УКРІПЛЕННЯ УКОСІВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЗАЛІЗНИЦЬ

А.О. Лютий

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ТИПЫ КОНСТРУКЦИЙ УКРЕПЛЕНИЯ ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

А.О. Лютий

BIOLOGICAL TYPES OF RAILWAY SUBGRADE SLOPE STRENGTHENING CONSTRUCTIONS

А.О. Lutyi

Наведено класифікацію засобів укріплення конусів і укосів земляного полотна на залізницях. Розглянуто біологічні конструкції укріплення конусів і укосів земляного полотна, визначено галузі їх застосування. Дано рекомендації щодо вибору раціональної технології укріплення.

Ключові слова: будівництво і реконструкція залізниць, земляне полотно, укоси земляного полотна, конуси мостів, укріплення укосів і конусів.

Приведена классификация средств укрепления конусов и откосов земляного полотна железных дорог. Рассмотрены биологические конструкции укрепления конусов и откосов земляного полотна, определены области их применения. Даны рекомендации по выбору рациональной технологии укрепления.

Ключевые слова: строительство и реконструкция железных дорог, земляное полотно, откосы земляного полотна, конусы мостов, укрепления откосов и конусов.

Classification of means of railway subgrade cones and slopes strengthening is given. Biological railway subgrade cones and slopes strengthening constructions are considered, scopes of their application are determined. Recommendations for the rational strengthening technology choice are given.

Keywords: construction and reconstruction of railroad roadbed, slopes of roadbed, bridges cones and consolidation of slopes and cones.

Залізниці у пересіченій місцевості проходять в насипах і виїмках. Залежно від кліматичної зони, в якій будується дорога, ступеня пересіченості місцевості і категорії дороги площа поверхні укосів може становити від 180 до 3200 тис. м² на 100 км траси.

Для захисту поверхні укосів від порушень місцевої стійкості розроблено більше 20 видів конструкцій укріплень,

частину яких виконують вручну (дернування і т.п.).

Відповідно до загальної класифікації всі конструкції укріплень укосів залежно від їх реакції на зовнішні силові і погодно-кліматичні дії можуть бути розділені на три групи:

I група – біологічні типи конструкцій укріплень, призначені для захисту укосів від ерозії, спливів, опливин в районах зі

сприятливими ґрунтовими і кліматичними умовами;

II група – несучі конструкції, призначені для компенсації зсувних зусиль, що виникають у ґрунті поверхневих шарів укосів, а також силових дій паводкових і поверхневих вод;

III група – захисні й ізолюючі конструкції, призначення яких – ізолювати поверхневі шари укосу від температурних впливів, вбирати атмосферні опади і відводити ґрунтові води.

Конструкції I групи рекомендується застосовувати як основний тип укріплення для захисту укосів насипів, які не підтоплюються, сухих (нескельних) виїмок у сприятливих кліматичних і ґрунтових умовах, а також насипів, які підтоплюються, при швидкості течії менше 0,6 м/с і відсутності хвиль або в окремих зонах підтоплення.

Дерновий покрив слід використовувати для укріплення укосів тільки при його наявності у безпосередній близькості від об'єкта будівництва, у разі економічної доцільності.

У даній статті розглядаються біологічні типи конструкцій укріплення укосів земляного полотна залізниць.

Біологічні типи конструкцій укріплення укосів включають дернування, сіяння трав різними методами, садіння чагарнику, плотові проростаючі укріплення, проростаючі вистілки, фашинні конструкції.

Суцільне дернування застосовують для укріплення укосів із глинистих і суглинних ґрунтів, а також насипів, які підтоплюються, при швидкості течії менше 0,6 м/с і відсутності хвиль. Для виготовлення 1 000 шт. спиць при довжині 20 см необхідно $0,15 \text{ м}^3$ обрізків лісоматеріалів, при довжині 30 см – $0,25 \text{ м}^3$.

Дернування стінкою міцніше за суцільне дернування і застосовується для укріплення укосів, які підтоплюються, при швидкості течії до 1,5 м/с і висоті хвилі не більше 0,6 м, а також при необхідності збільшити крутість укосів при будівництві залізниць в стислих умовах.

Дерен в цьому випадку укладають горизонтальними або похилими до укосу рядами при його крутості 1:1. Дернини укладають травою донизу за винятком останнього верхнього ряду, який укладають травою догори. Витрата дерну на 1 м^2 поверхні укосу становить не менше 20-23 шт. дернин.

Дернування клітинкою застосовують для захисту укосів від розвитку ерозійних деформацій.

Для улаштування клітинок застосовують дернові стрічки шириною 0,25 м, довжиною 2-3 м або штучні дернини розміром 20×30 і 30×50 см при товщині дерну 6-10 см. Дернові стрічки укладають на поверхні укосу по двох взаємно перпендикулярних напрямках під кутом 45° до твірної укосу.

Чарунки розміром не більше $1,5 \times 1,5$ м заповнюють рослинним ґрунтом урівень з дерною стрічкою і засівають насінням трав (наприклад, методом гідросіяння). В умовах вологого клімату при заповненні чарунок рослинним ґрунтом, багатим гумусом, і хорошій якості дерну, чарунки між дерновими стрічками (розміром не більше 1×1 м) можна не засівати.

Уздовж брівки укосу укладають одну суцільну дернову стрічку; підошва укосу має бути укріплена суцільними дерновими стрічками в 3 ряди. Нижню дернову стрічку слід врізати в ґрунт основи на 1 м і закладати місцевим ґрунтом, ретельно утрамбувавши врівень з поверхнею землі. При піщаних ґрунтах, а також жирних глинах перед улаштуванням дернування клітинкою необхідно укласти рослинний ґрунт шаром не менше 0,1 м або добре розкладений торф товщиною 0,1 м (за наявності торфів у районі робіт).

Дерновий покрив на укосах можна створювати двома способами:

–механізованим сіянням трав по завчасно нанесеному на укоси земляного полотна рослинному ґрунту шаром 10-15 см з вмістом гумусу не менше 2%;

–гідросіянням багаторічних трав з мульчуванням. При цьому способі природну поверхню укосів земляного полотна покривають сумішшю спеціального складу, до якої входять насіння трав, мінеральні добрива, мульчувальний та плівкотвірний матеріали і вода.

Укоси засівають багаторічними (від двох до восьми років і більше) злаковими і бобовими травами, самопоновлення яких дозволяє отримати постійний трав'яний покрив на поверхні укосів. Рекомендуються такі трикомпонентні суміші трав, %: кореневищні злакові трави – 35-55; пухкокущові злакові трави – 30-50 (менші величини в обох випадках – для легких ґрунтів, більші – для важких зв'язних ґрунтів); стрижнекореневі бобові трави 5-20 (для лісової зони 5-10, для степової – 15-20).

При укріпленні укосів сіянням трав по рослинному ґрунту на 100 м² площі рекомендується застосовувати добрива в такій кількості, кг: фосфорні – 3, азотні – 2, калійні – 2.

Для гідросіяння норму азотних добрив збільшують до 6 кг на 100 м².

Як мульчувальні матеріали рекомендується використовувати тирсу або торфокришку, просіяні через сито з чарунками 10×10 см, а також нарубану соломку довжиною 3-4 см.

Витрата мульчувальних матеріалів на 1000 м² поверхні, яка укріплюється, становить, кг: тирси – 400, соломки – 200, бітумної емульсії – 1, води – 5, латексу (сухої речовини) – 40, добрив (суміш азотних, фосфорних і калійних) – 50-80.

Як плівкотвірні матеріали при гідросіянні рекомендуються синтетичні латекси марок СКС-65ГП, СКС-60ГП, СНК-40ПН або швидко- і середньорозпадні дорожні бітумні емульсії прямого типу.

Суцільне садіння чагарнику призначене для захисту укосів крутістю не більше 1:1,5, складених глинистими ґрунтами, від розвитку деформацій локального ковзання, пластичної течії,

поверхневих впливів і опливин. Чагарник повинен мати густу наземну поросль і потужну кореневу систему. Для укріплення укосів від неглибоких впливів рекомендується садіння місцевих порід чагарникових верб живцями, кілками та прутами.

Плотові проростаючі укріплення застосовують у тих випадках, коли живцевого садіння виявляється недостатньо для забезпечення місцевої стійкості укосів, зокрема складених глинистими ґрунтами, схильними до спливоутворень. Проростаючі плотові конструкції з усіх біологічних типів найбільш стійкі проти розмиваючої дії потоків, які утворюються в результаті інтенсивних злив або сніготанення. Для плотових укріплень застосовують кілки і батоги, здатні до проростання. Кілки довжиною 1 м, товщиною в окоренку 0,04-0,05 м і прутки довжиною не більше 2 м, товщиною в окоренку 0,03-0,04 м поміщають в канаву глибиною 0,5-0,6 м, шириною по верху 0,5 м, по дну 0,3 м. На дно канави встановлюють тин з похилим зашморгуванням з проростаючих прутів. Кінці кілків і прутів випускають назовні, при цьому прутки повинні підніматися над кінцями кілків на 0,3-0,4 м. Канаву і тин засипають рослинним ґрунтом і утрамбовують.

Мінімальна відстань між тинами 2 м, у виняткових випадках – 1,5 м. Для економії посадковий матеріал можна висаджувати стрічками шириною 0,7-0,8 м або стрічками, які перехреснюються, що забезпечує стійкість конструкцій укріплення на укосі.

Вистилання (тимчасовий тип укріплення) застосовують у комбінації з посадками у випадках, коли до проростання трави або посадок чагарнику укос не можна залишати без укріплення. Гілки, здатні до проростання, укладають на поверхні укосу рівномірним шаром товщиною 0,2 - 0,3 м окоренками донизу. В укосі роблять поздовжні уступи, на які укладають

окоренки гілок і засипають рослинним ґрунтом товщиною 0,1 м. При значній довжині укусу (рахуючи по його твірній) вистілку влаштовують у кілька рядів: спочатку укладають верхній ряд з напуском на раніше покладений ряд приблизно на одну третину середньої довжини гілок, потім так само всі наступні. Гілки закріплюють рядами тонких жердин, які прикріплюють до укусу дерев'яними кілочками. Жердини укладають на відстані 0,5 м від окоренків, відстань між жердинами – не більше 1 м.

Фашинні конструкції призначені для захисту укусів від ерозійних деформацій, деформацій локального ковзання, пластичної течії, спливів і опливин у тих випадках, коли немає інших місцевих недорогих матеріалів.

Фашини виготовляють з гнучкого свіжорубаного чагарнику (верби або подібних їй порід), очищеного від листя і тонких гілок, діаметром в окоренку 0,02-0,03 м і довжиною 2,0-4,5 м. Перев'язують фашини дротом або просмоленою мотузкою в середньому через 1 м, на відстані 0,8-0,9 м від кінців фашини.

За способом виготовлення фашини діляться на легкі (тільки з дрібного

чагарнику) і важкі (заповнені каменем). Чагарниковий матеріал укладають у фашини або окоренками в один бік (однобічні фашини), або в різні боки (двобічні). Фашини обох видів мають товщину 0,25-0,30 м. Довжина двосторонніх фашин досягає 4 м.

Фашини укладають пліском, у вигляді матраців, паралельно до твірної укусу або перпендикулярно до укусу, прикріплюючи їх вербовими кілками, здатними до швидкого проростання.

Технологію і засоби механізації для створення вищенаведених типів конструкцій укріплення укусів земляного полотна необхідно призначати з урахуванням конструктивних особливостей укусів, типу земляного полотна (насип, виїмка), інженерно-геологічних, гідрометеорологічних та погодно-кліматичних умов району будівництва.

Призначати раціональну технологію, а також вибирати засоби механізації слід в залежності від запроєктованих конструкцій укріплення укусів і співвідношення їх типів протягом усієї ділянки укріпних робіт, обґрунтувавши такий вибір техніко-економічними розрахунками.

Список використаних джерел

1. Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм [Текст]: СП 32-104-98 / Госстрой России. – М.: ЦНИИС, 1999.
2. Методические рекомендации по выбору конструкций укрепления конусов и откосов земляного полотна, технологии и механизации укрепительных работ [Текст] / Союздорнии. – М., 1981.

Рецензент д-р техн. наук, професор О.М. Даренський

Лютий Артем Олегович, слухач ІППК.

Lutiy A.O.

УДК 621.331:321.332.33

ПЕРЕДУМОВИ ТА РОЗРАХУНОК ДОВЖИН ПРОЛЬОТІВ ДЛЯ КОМПЕНСОВАНОЇ ПІДВІСКИ

Ю.С. Парфьонов, канд. техн. наук Н.В. Белікова

ПРЕДПОСЫЛКИ И РАСЧЕТ ДЛИН ПРОЛЕТОВ ДЛЯ КОМПЕНСИРОВАННОЙ ПОДВЕСКИ

Ю.С. Парфенов, канд. техн. наук Н.В. Беликова

PREREQUISITES AND CALCULATION LENGTHS SPANS COMPENSATED FOR SUSPENSION

J.S. Parfenov, cand. of techn. sciences N.V. Belikova

Довжина прольоту у великій мірі визначає як будівельну вартість контактної мережі, так і надійність її роботи в умовах експлуатації. Чим більше довжина прольоту, тим дешевше контактна мережа, оскільки зменшується необхідне число опор і різних підтримуючих пристроїв. Деяке збільшення несучої здатності опор та їх висоти при зростанні довжини прольоту, пов'язане із збільшенням стріли провисання несучого троса та конструктивної висоти ланцюгової підвіски, викликає збільшення вартості контактної мережі, але воно менше економії, що досягається при зменшенні числа опор. Тому з економічної точки зору завжди вигідно мати великі прольоти.

Ключові слова: контактна мережа, струмоприймач, стріла провисання проводу.

Длина пролета в большой степени определяет как строительную стоимость контактной сети, так и надежность ее работы в условиях эксплуатации. Чем больше длина пролета, тем дешевле контактная сеть, поскольку уменьшается необходимое число опор и различных поддерживающих устройств. Увеличение несущей способности опор и их высоты при увеличении длины пролета связано с увеличением стрелы провеса несущего троса и конструктивной высоты цепной подвески и влечет за собой увеличение стоимости контактной сети, но оно меньше экономии, которая достигается при уменьшении числа опор. Поэтому с экономической точки зрения всегда выгодно иметь большие пролеты.

Ключевые слова: контактная сеть, токоприемник, стрела провеса провода.

Span length largely determines how the building cost of a contact network and the reliability of its operation in conditions. The longer the flight, the cheaper the network by reducing the required number of supports and different devices that support it. Some increase of bearing ability of the pillars and their height with the growth of the length of the span is connected with the increasing of the boom of the dip suspension cable and height of the catenary, causes the increase of the value of a contact network, but it is less the savings that are achieved in reducing the number of supports. Therefore, from an economic perspective it is always beneficial to have a large spans.

Keywords: Contact Network, trolley, wire sag.

Довжина прольоту у великій мірі визначає як будівельну вартість контактної мережі, так і надійність її роботи в умовах

експлуатації. Чим більше довжина прольоту, тим дешевше контактна мережа, оскільки зменшується необхідне число

опор і різних підтримуючих пристроїв. Деяке збільшення несучої здатності опор та їх висоти при зростанні довжини прольоту, пов'язане із збільшенням стріли провисання несучого троса та конструктивної висоти ланцюгової підвіски, викликає збільшення вартості контактної мережі, але воно менше економії, що досягається при зменшенні числа опор. Тому з економічної точки зору завжди вигідно мати великі прольоти.

Однак при збільшенні довжин прольотів погіршуються умови струмознімання, оскільки посилюється нерівномірність еластичності контактної підвіски вздовж прольоту, збільшуються стріли провисання всіх проводів. Стріла провисання тим більше, чим більше навантаження на провід, і тим менше, чим сильніше натягнутий провід. Від довжини прольоту стріла провисання проводу знаходиться у квадратичній залежності: наприклад, при зменшенні прольоту в 2 рази стріла провисання зменшується в 4 рази.

Якщо не вжити спеціальних заходів для підтримки натягу проводу на певному рівні, його натяг і стріла провисання будуть змінюватися при коливаннях температури і навантаження. При збільшенні температури довжина проводу збільшиться, а значить, і його стріла провисання, і знижується натяг. При зниженні температури довжина проводу зменшується, що викликає зменшення стріли провисання і збільшення натягу.

Навантаження від власної ваги контактної підвіски g , даН/м, визначають підсумовуванням завантажень окремих проводів, з яких складається підвіска, струн і затискачів за формулою:

$$g = g_T + n_K * (g_K + g_C),$$

де g_T – навантаження від ваги 1 м несучого троса, $g_T = 1,058$ даН/м;

g_K – навантаження від ваги 1 м контактного проводу, $g_K = 0,89$ даН/м;

g_C – навантаження від ваги ресорного троса, струн і затискачів, даН/м, при $n_K = 1$, $g_C = 0,1$ даН/м.

$$g = 1,058 + 1 * (0,89 + 0,1) = 2,048 \text{ даН/м.}$$

Навантаження від ваги ожеledі, g_{KT} , даН/м, визначається за формулою:

$$g_{KT} = 2,77 * B_K * (d_{CP} + B_K),$$

де d_{CP} – середній діаметр контактного проводу, мм.

$$d_{CP} = \frac{H + A}{2},$$

де H – висота контактного проводу, $H = 11,8$ мм;

A – ширина контактного проводу, $A = 12,38$ мм;

B_K – розрахункова товщина стінки ожеledі на контактному проводі, мм.

$$B_K = 0,5 * b_T,$$

де b_T – товщина стінки ожеledі на несучому тросі, мм.

$$b_T = b_H * K_T,$$

де b_H – нормативна товщина стінки ожеledі по шару намерзання відповідно до району, $b_H = 20$ мм;

K_T – коефіцієнт, який ураховує діаметр проводу й висоту підвіки.

$$K_T = 1 - \frac{(1 - 0,9) * (d - 10)}{20 - 10},$$

де d – діаметр несучого троса, $d = 14$ мм.

$$K_T = 1 - \frac{(1 - 0,9) * (14 - 10)}{20 - 10} = 0,96.$$

Визначаємо середній діаметр контактного проводу:

$$d_{CP} = \frac{11,8 + 12,8}{2} = 12,3 \text{ мм.}$$

Товщина стінки ожеледі на несучому тросі: $b_T = 20 * 0,96 = 19,2$ мм.

Товщина стінки ожеледі на контактному проводі: $B_K = 0,5 * 19,2 = 9,6$ мм.

Навантаження від ваги ожеледі на контактному проводі:

$$g_{KT} = 2,77 * 9,6 * (12,3 + 9,6) * 10^{-3} = 0,582 \text{ daH/м.}$$

Навантаження від ваги ожеледі на несучому тросі g_{TG} , daH/м, визначається за формулою:

$$g_{TG} = 2,22 * b_T * (d + b_T) * 10^{-3} = 2,22 * 19,2 * (14 + 19,2) * 10^{-3} = 1,415 \text{ daH/м.}$$

Розподілене лінійне навантаження від ваги ожеледі на струнах і затискачах g_{CT} , daH/м, визначається за формулою:

$$g_{CT} = 0,489 * b_T * (1,15 * b_T + d_C) * 10^{-3},$$

де d_C - діаметр струн, $d_C = 4$ мм,

$$g_{CT} = 0,489 * 19,2 * (1,15 * 19,2 + 4) * 10^{-3} = 0,244 \text{ daH/м.}$$

Результуюче навантаження від ваги ожеледі на проводах контактної мережі g_T , daH/м, визначається за формулою:

$$g_T = g_{TG} + n_K * (g_{KT} + g_{CT}) = 1,415 + 1 * (0,582 + 0,244) = 2,241 \text{ daH/м.}$$

Навантаження під дією вітру.

Горизонтальне вітрове навантаження на провід контактної мережі P_{TV} і P_{KV} , daH/м, визначається за формулами:

$$P_{TV} = B_V * C_X * d * 10^{-4},$$

$$P_{KV} = B_V * C_X * H * 10^{-4},$$

де B_V - нормативне розподілене поверхнєве навантаження, $B_V = 630$ Па (відповідає IV району по вітру);

d, H - діаметр троса й висота контактного проводу;

C_X - аеродинамічний коефіцієнт лобового опору вітру, $C_X = 1,25$.

$$P_{TV} = 630 * 1,25 * 14 * 10^{-4} = 1,102 \text{ daH/м,}$$

$$P_{KV} = 630 * 1,25 * 11,8 * 10^{-4} = 0,929 \text{ daH/м.}$$

Горизонтальне вітрове навантаження на проводи контактної мережі, вкриті ожеледицею P_{TG} і P_{KG} , daH/м, визначаються за формулами:

$$P_{TG} = B_T * C_X * (d + 2b'_T) * 10^{-4},$$

$$P_{KG} = B_T * C_X * (H + b'_K) * 10^{-4},$$

де B_T - розподілене поверхнєве навантаження на проводах, покритих ожеледдю, $B_T = 200$ Па (відповідає IV району по ожеледі).

При визначенні статичної складової вітрового навантаження на несучий трос із ожеледдю необхідно врахувати значення навантаження при ожеледі, яке можна розв'язати зменшуючи стінку льоду на проводі b'_T і b'_K :

$$b'_T = -0,5d + \sqrt{0,25d^2 + 0,8B_K * (d + B_K)} = -0,5 * 14 + \sqrt{0,25 * 14^2 + 0,8 * 9,6(14 + 9,6)} = 8,17 \text{ мм,}$$

$$b'_K = 0,5 * b'_T = 0,5 * 8,17 = 4,08 \text{ мм.}$$

Визначаємо горизонтальне вітрове навантаження на проводи контактної мережі:

$$P_{TG} = 200 * 1,25 * (14 + 2 * 18) * 10^{-4} = 0,758 \text{ daH/м,}$$

$$P_{KG} = 200 * 1,25 * (11,8 + 4,08) * 10^{-4} = 0,397 \text{ daH/м}$$

Результуюче навантаження при вітрі g_V :

$$g_V = \sqrt{g^2 + P_{TV}^2} = \sqrt{2,048^2 + 1,102^2} = 2,325 \text{ daH/м.}$$

Результуюче навантаження на несучий трос при спільному вітрі з ожеледдю, g_T ,

$$g_T = \sqrt{(g + P_{TV})^2 + P_{TG}^2} = \sqrt{(2,048 + 1,102)^2 + 0,758^2} = 4,355 \text{ daH/м.}$$

Визначення вихідного розрахункового режиму:

$$P_{KV} = C_X \cdot \frac{(K_B \cdot V_H)^2}{16} \cdot H \cdot 10^{-3},$$

$$P_{C_X} \cdot \frac{(K_B \cdot V_H)^2}{16} \cdot (H + 2 \cdot B_K) \cdot 10^{-3},$$

де K_B - коефіцієнт швидкості вітру на перегоні, пряма ділянка $K_B=1$, крива - $K_B=1,15$;

V_H - нормативна швидкість вітру, $V_H=32$ м/з;

V_T - нормативна швидкість вітру при ожеледі, $V_T=18$ м/с.

Визначення розрахункового режиму на прямій ділянці:

$$P_{KV} = 1,25 \cdot \frac{(1 \cdot 32)^2}{16} \cdot 11,8 \cdot 10^{-3} = 0,944 \text{ daH/m},$$

$$P_{KT} = 1,25 \cdot \frac{(1 \cdot 18)^2}{16} \cdot (11,8 + 2 \cdot 9,6) \cdot 10^{-3} = 0,785 \text{ daH/m},$$

$$P_{KV} > P_{KT}; (0,944 > 0,785) \text{ daH/m}.$$

Ухвалюємо режим максимального вітру, тому що $P_{KV} > P_{KT}$.

Визначення розрахункового режиму в кривій ділянці колії:

$$P_{KV} = 1,25 \cdot \frac{(1,15 \cdot 32)^2}{16} \cdot 11,8 \cdot 10^{-3} = 1,248 \text{ daH/m},$$

$$P_{KT} = 1,25 \cdot \frac{(1,15 \cdot 18)^2}{16} \cdot (11,8 + 2 \cdot 9,6) \cdot 10^{-3} = 1,037 \text{ daH/m},$$

$$P_{KV} > P_{KT}; (1,248 > 1,037) \text{ daH/m}.$$

Ухвалюємо режим максимального вітру, тому що $P_{KV} > P_{KT}$.

Максимально припустима довжина прольоту L_{max} , м, визначається за формулою:

на прямій ділянці

$$L_{max} = 2 \cdot \sqrt{\frac{K}{P_K \cdot K_1 - P_E} [b_{доп} - \gamma_K \sqrt{(b_{доп} - \gamma_K)^2 - a^2}]}$$

на кривій ділянці

$$L_{max} = 2 \cdot \sqrt{\frac{2K}{P_K \cdot K_1 - P_E + \frac{K}{R}} (b_{доп} - \gamma_K + a)},$$

Ці формули можна спростити введенням коефіцієнтів:

$$B_{пр} = \left[b_{доп} - \gamma_K \sqrt{(b_{доп} - \gamma_K)^2 - a^2} \right],$$

$$B_{кр} = (b_{доп} - \gamma_K + a),$$

де K - номінальне навантаження контактних проводів, ДО=1000 daH/m;

R - радіус кривої, м;

P_K - розрахункове навантаження на контактний провід, daH/m;

P_E - питоме еквівалентне навантаження, яке враховує взаємодію несучого троса й контактного проводу при їхньому відхиленні під дією вітру, daH/m;

$B_{пр}$, $B_{кр}$ - коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру, $B_{пр}=0,866$, $B_{кр}=0,835$;

K_1 - коефіцієнт, який урахує динамічну складову вітрового навантаження.

Коефіцієнт, який урахує динамічну складову вітрового навантаження K_1 , визначається за формулою:

$$K_1 = K_2 + 2 \cdot \eta \cdot \delta \cdot \sigma,$$

де $\eta \delta$ - коефіцієнти, які враховують пульсацію вітру;

σ - коефіцієнт динамічності;

K_2 - коефіцієнт, який урахує групи деформації проводу при його відхиленні.

Коефіцієнт, який урахує групи деформації проводу при його відхиленні K_2 , знаходимо за формулою:

$$K_2 = K_3 \cdot K_4 \cdot K_5,$$

де K_3 – коефіцієнт, який залежить від довжини прольоту;

K_4 – коефіцієнт, який залежить від швидкості вітру;

K_5 – коефіцієнт, який залежить від типу контактної провладу.

Визначаемо максимально-припустиму довжину прольоту на прямій ділянці колії L_{max} , прийнявши $P_E=0$, $K_1=1$:

$$L_{max} = 2 \sqrt{\frac{1000 \cdot 0,866}{0,944 \cdot 1 - 0}} = 60,5 \text{ м.}$$

Визначаемо коефіцієнти K_1 , K_2 :

$$K_2 = 0,66 \cdot 1,41 \cdot 1,01 = 0,939;$$

$$K_1 = 0,939 + 2 \cdot 0,6 \cdot 0,92 = 1,13.$$

Визначаемо максимально-припустиму довжину прольоту на прямій ділянці колії L_{max} , прийнявши $P_E=0$, $K_1=1,15$:

$$L_{max} = 2 \sqrt{\frac{1000 \cdot 0,866}{0,941 \cdot 1,13 - 0}} = 56,6 \text{ м.}$$

$$P_E = \frac{P_k \cdot T - P_T \cdot K - \frac{8 \cdot K \cdot T}{L^2} \cdot \left(\frac{h_i \cdot P_T}{g_T} + \gamma_T - \gamma_k \right)}{T + K + \frac{10,6 \cdot S_{cp} \cdot K \cdot T}{g_k \cdot L^2}},$$

де T – натяг несучого троса в розрахунковому режимі, $T = 1600$ даН/м;

P_T – вітрове навантаження на несучий трос у розрахунковому режимі, даН/м;

L – довжина прольоту, м;

h_i – довжина гірлянди ізоляторів, $h_i=0,9$ м;

γ_T, γ_k – прогини опор на рівні несучого троса й контактної провладу, $\gamma_T=0,022$ м, $\gamma_k=0,015$ м;

g_T – результуюче навантаження на несучий трос у розрахунковому режимі, даН/м;

g_k – вага контактної підвіски, даН/м;

S_{cp} – середня довжина струни в середині прольоту, м.

Визначаемо середню довжину струни в середині прольоту S_{cp} , за формулою:

$$S_{cp} = h - 0,115 \frac{g \cdot L^2}{T_0} = 1,8 - 0,115 \frac{2,048 \cdot 56,6^2}{1600} = 1,33 \text{ м,}$$

де h – конструктивна висота підвіски, $h=1,8$ м;

T_0 – натяг несучого троса при бездротовому положенні контактної провладу, $T_0=T=1600$ даН.

Визначаемо еквівалентне навантаження P_E , для $L_{max}=56,6$ м:

$$P_E = \frac{0,944 \cdot 1600 - 1,102 \cdot 1000 - \frac{8 \cdot 1000 \cdot 1600}{56,6^2} \cdot \left(\frac{0,9 \cdot 1,102}{2,325} + 0,022 - 0,015 \right)}{1600 + 1000 + \frac{10,6 \cdot 1,33 \cdot 1000 \cdot 1600}{0,89 \cdot 56,6^2}} = -0,25 \text{ даН/м,}$$

Визначаемо максимальну довжину прольоту L_{max} , з урахуванням, що

$$P_E = -0,125 \text{ даН/м, } K_1=1,15:$$

$$L_{max} = 2 \sqrt{\frac{1000 \cdot 0,866}{0,944 \cdot 1,15 - (-0,125)}} = 53,5 \text{ м.}$$

Згідно з нормативами у місцях, не захищених від вітру, довжини прольоту зменшують, відповідно ухвалюємо для проектування максимальну довжину прольоту $L_{max} = 52$ м.

Визначаемо максимально-припустиму довжину прольоту в кривій ділянці колії

L_{max} , радіусом $R=600$ м, прийнявши $P_E=0$, $K_1=1$:

$$L_{max}=2\sqrt{\frac{2*1000*0,835}{1,248*1-0+\frac{1000}{600}}}=48 \text{ м.}$$

Визначаємо коефіцієнти K_1, K_2 :

$$K_2=0,68*1,41*1,01=0,968;$$

$$K_1=0,968+2*0,65*0,2*0,92=1,2.$$

Визначаємо максимальну довжину прольоту L_{max} , з урахуванням, що $P_E=0$, $K_1=1,2$:

$$L_{max}=2\sqrt{\frac{2*1000*0,835}{1,248*1,2-0+\frac{1000}{600}}}=46 \text{ м.}$$

Визначаємо середню довжину струни в середині прольоту S_{cp} :

$$S_{1,8-0,115}=\frac{2,048*46^2}{1600}=1,49 \text{ м.}$$

Визначаємо еквівалентне навантаження P_E , для $L_{max}=46$ м:

$$P_E=\frac{1,248*1600-1,102*1000-\frac{8*1000*1600}{46^2}*(\frac{0,9*1,102}{2,325}+0,022-0,015)}{1600+1000+\frac{10,6*1,49*1000*1600}{0,89*46^2}}=-0,11 \text{ даН/м,}$$

Визначаємо максимальну довжину прольоту L_{max} , з урахуванням $P_E=-0,11$ даН/м, $K_1=1,2$:

$$L_{max}=2\sqrt{\frac{2*1000*0,835}{1,248*1,2-(-0,11)+\frac{1000}{600}}}=45,2 \text{ м.}$$

Згідно з нормативами приймаємо максимальну довжину прольоту

$$L_{max}=40 \text{ м.}$$

Стріла провисання проводу буде змінюватися і при змінах навантаження на нього. Наприклад, у разі утворення на проводі ожеледних відкладень навантаження збільшиться, і стріла провисання стане більше. Під тиском вітру

навантаження, що діє на провід, також збільшується, і провід відхиляється убік від вертикального положення.

Довжину прольоту вибирають завжди якомога більшою, але так, щоб була забезпечена необхідна надійність контактної мережі в експлуатації. Для цього потрібно, щоб при обраній довжині прольоту зберігалися нормальні умови струмознімання, тобто натискання струмоприймача не мало різких коливань у різних частинах прольоту, вітрові відхилення контактного проводу не викликали сходу проводу полоза струмоприймача, дотримувалися встановлені межі зміни висоти контактного проводу від рівня головок рейок на всіх перегонах і станціях.

Список використаних джерел

1. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України [Текст]. – К.: Транспорт України, 2006. – 336 с.
2. Технология, механизация и автоматизация путевых работ [Текст]/ Э.В. Воробьева, К.Н. Дьякова. – М.: Транспорт, 1996. – 375 с.
3. Лехно, И.Б. Путевое хозяйство [Текст] / И.Б. Лехно. - М.: Транспорт, 1981. – 232 с.
4. Організація робіт з реконструкції залізниць [Текст]/ В.М. Астахов, Н.В. Белікова, Л.П. Ватуля, В.Г. Мануйленко. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – 151 с.

5. Железнодорожное строительство. Организация, планирование и управление [Текст] / под ред. Г.Н. Жинкина. – М.: Транспорт, 2001. – 576 с.

6. Вопросы планирования и организации строительства железных дорог [Текст] / под ред. Г.Н. Жинкина. – М.: Транспорт, 1989. – 248 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор О.М. Даренський

Парфьонов Юрий Сергійович, слухач ППК гр. МЗ-ЗС-Б11.

Белікова Наталія Віталіївна, канд. техн. наук, доцент кафедри колії та колійного господарства.

Parfenov J.S., cand. of techn. sciences Belikova N.V.

УДК 625.12

ДИАГНОСТИКА В ПУТЕВОМ ХОЗЯЙСТВЕ

С.С. Чесак, А.С. Ляшенко, канд. техн. наук Н.В. Беликова

ДІАГНОСТИКА В КОЛІЙНОМУ ГОСПОДАРСТВІ

С.С. Чесак, А.С. Ляшенко, канд. техн. наук Н.В. Белікова

DIAGNOSIS AMONG TRACK FACILITIES

S.S. Chesak, A.S. Lyashenko, cand. of techn. sciences N.V. Belikova

Діагностування верхньої будови колії – це сукупність методів та засобів, що служать для аналізу його стану. Діагностику потрібно сприймати, як узагальнений систематизований метод визначення та прогнозування його стану.

Головні характеристики колії як конструкції є міцність та надійність. Перший параметр визначає безпеку руху, другий – терміни безвідмовної роботи колії. Тому основними показниками надійності є інтенсивність відмов та параметри потоку відмов.

Ключові слова: *діагностика верхньої будови колії, зношування верхньої будови колії, несправність верхньої будови колії, відновлення, контроль стану об'єкта.*

Диагностирование верхнего строения пути – это совокупность методов и средств, служащих для анализа его состояния. Диагностику нужно воспринимать, как обобщенный систематизированный метод определения и прогнозирования его состояния.

Главными характеристиками пути как конструкции есть прочность и надежность. Первый параметр определяет безопасность движения, второй – сроки безотказной работы. Поэтому основными показателями надежности есть интенсивность отказов и параметры потока отказов.

Ключевые слова: *диагностика верхнего строения пути, износ верхнего строения пути, неисправность верхнего строения пути, восстановление, контроль состояния объекта.*

Diagnosis of a superstructure is a set of methods and tools used for analysis of its condition. Diagnosis should be seen as a generalized and systematic method of identifying and predicting its condition.

Main characteristics of the way, as construction is durability and reliability. The first parameter determines the safety of motion, the second - term of the uptime of the gauge. Therefore, the main pointers of reliability is the failure rate and flow settings failures.

Keywords: *diagnosis of the permanent way, wear track structure, failure of the permanent way, recovery, monitoring the state of the object.*

Диагностика верхнего строения пути (ВСП) – это совокупность методов и средств, служащих для выявления его состояния. Диагностика ВСП занимается:

- исследованием, определением и классификацией его состояния и симптомов на основе анализа взаимодействия подвижного состава с ВСП; при этом должны быть установлены их предельные значения и допустимые отклонения;

- разработкой методов выявления этих симптомов, т.е. методов программирования диагностических исследований, обработки полученных результатов и оценки состояния ВСП;

- выбором контрольно-измерительной аппаратуры и эффективным ее использованием;

- прогнозированием изменений, которые протекают в ВСП под воздействием поездов, атмосферных условий, а также зависящих от продолжительности эксплуатации пути и его элементов;

- определение периодичности обследований и исследований конкретных участков пути.

Таким образом, диагностику ВСП можно рассматривать как обобщённый систематизированный метод определения и прогнозирования его состояния.

Потеря верхним строением пути заданных качеств может носить характер изнашивания или неисправности.

Изнашивание верхнего строения пути – это необратимые нежелательные изменения его состояния, мгновенно возникающие в ходе эксплуатации постепенно или скачкообразно, в результате чего срок выполнения заданных требований постепенно исчерпывается.

Неисправность верхнего строения пути – это нежелательные изменения его

состояния, протекающие в ходе эксплуатации, в результате чего путь резко теряет способность выполнять заданные требования. Эти требования следует рассматривать шире, чем возможность движения поездов с допускаемой скоростью.

Важным свойством ВСП является непрерывность его работы, достигаемая благодаря восстановлению отдельных элементов. Под термином «восстановление» понимают смену элементов или такой их ремонт, после которого он приобретает исходные свойства. Наиболее полным восстановлением является сплошная смена верхнего строения пути (модернизация или капитальный ремонт пути). Подобные меры осуществляются как при техническом обслуживании пути, так и при соответствующих ремонтах, перечень и периодичность которых установлены «Положениям про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України» (ЦП-0113).

Положением также устанавливаются категории пути в зависимости от условий, в которых эксплуатируется путь (грузонапряженность, скорость движения пассажирских и грузовых поездов, а для ряда случаев – и осевые нагрузки). При этом для каждой категории пути (скоростная и I-VII) установлены соответствующие конструкции пути и требования как к конструкции пути, так и к отдельным их элементам верхнего строения пути.

Любая инженерная работа, особенно – управленческая, обязательно требует участия каждого специалиста в управленческих действиях следующего содержания.

1. Контроль состояния объекта для получения исходной информации о

состоянии объекта и каждого его элемента на данный момент с учетом конкретных местных условий, в которых он эксплуатируется. Это не «контроль ради контроля», а работа, дающая своевременную, наиболее полную информацию о состоянии обследуемого объекта. Поэтому для осуществления контроля и получения необходимой информации необходимо в совершенстве знать объект, особенности его работы и возможные измерительной техникой и системой учета результатов измерений.

2. Анализ результатов измерений подразумевает необходимость в достаточной мере владеть методами математической статистики, включая, обязательно, теорию вероятностей. Она необходима, для анализа вероятностей отказов, определения среднего времени безотказной работы, математического ожидания случайной величины.

Основными характеристиками пути как конструкции являются прочность и надежность. Если первый параметр определяет, прежде всего, безопасность, то второй – сроки безотказной их работы. Поэтому основными показателями надежности, помимо среднего времени безотказной работы, являются интенсивность отказов и параметр потока отказов. Интенсивность отказов характеризует вероятность отказа элемента в единицу времени Δt после данного момента времени t при условии, что до этого момента он работал без отказов. Параметр потока отказов и плотность распределения (плотность вероятности) определяют для каждого элемента, учитывая при этом число элементов с отказами. Период наблюдений можно разбивать на мелкие промежутки времени.

Учитывая восстановление отдельных элементов ВСП, можно определять плотность восстановлений, имея ее предельное значение.

В процессе анализа используют несколько методов распределения

изучаемых параметров и элементов. В частности, экспоненциальное распределение, распределение Реля, усеченное нормальное распределение, равномерное распределение.

Информацию для решения таких примеров мы всегда можем взять в технических паспортах дистанции пути. Технический паспорт дистанции пути составляют по состоянию на 01.01. каждого нового года. Его составляют по результатам сплошных осенних комиссионных осмотров пути и сооружений на всем протяжении каждой дистанции пути. Именно материалы технического паспорта служат основной для планирования на следующий год как всех видов ремонтов пути и сооружений, так и перечня, объемов и объектов работ по текущему содержанию пути.

Основы анализа фактического состояния пути и его обустройств по осеннему осмотру с учетом данных предыдущих двух лет (а они есть в технического паспорте) должны дать обоснованное прогнозирование не только по перечню, объемам и местам ремонтов и работ текущего содержания, но и прогнозы возможного распределения отказов по протяженности пути, как по видам, так и по объемам отказов.

3. Оценка состояния объекта для принятия управленческих решений при планировании и организации путевых работ.

Именно это, в конечном итоге, является важным этапом для повышения эффективности ведения путевого хозяйства за счет прогнозирования и планирования работ.

4. Диагностика имеющихся объектов с анализом эффективности мероприятий, проведенных в виде выполненных в прошлом году ремонтных работ и работ при текущем содержании пути. Именно анализ отказов за два прошедших года с учетом проведенных работ скорректирует управленческие решения на данный период.

Таким образом, изучение диагностики пути и, прежде всего, определение состояний ВСП в результате использования диагностических методов позволяет повысить уровень знаний как преподавателей, так и студентов для решения следующих вопросов:

- принять решение о необходимости проведения конкретного вида ремонта пути или его обустройств и об их объемах;

- установить правильные технологические приемы ремонтов и их схемы;

- прогнозировать повышение работоспособности ВСП и возможности увеличения ресурса элементов ВСП, а также увеличения скоростей движения поездов, повышения осевых нагрузок и, при постановке задачи, введения новых видов тяги;

- составить прогноз на предстоящий год объемов, видов и объектов, соответственно, для ремонтов и для работы текущего содержания пути;

- оценить эффективность проводимых мероприятий по ремонту пути.

Список використаних джерел

1. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України [Текст]. – К.: Транспорт України, 2006. – 336 с.
2. Технология, механизация и автоматизация путевых работ [Текст]/ Э.В. Воробьева, К.Н. Дьякова. – М.: Транспорт, 1996. – 375 с.
3. Організація робіт з реконструкції залізниць [Текст]/ В.М. Астахов, Н.В. Белікова, Л.П. Ватуля, В.Г. Мануйленко. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – 151 с.
4. Збірник типових технологічних процесів ремонту залізничної колії [Текст] / Затв. 01.09.05 р. наказом Укрзалізниці № ЦП-3/45-Ц.
5. Железнодорожное строительство. Организация, планирование и управление [Текст] / под ред. Г.Н. Жинкина. – М.: Транспорт, 2001. – 576 с.
6. Вопросы планирования и организации строительства железных дорог [Текст] / под ред. Г.Н. Жинкина. – М.: Транспорт, 1989. – 248 с.

Рецензент канд. техн. наук, професор В.М. Астахов

Чесак Сергій Сергійович, слухач ІППК гр. МЗ-ЗС-Б-11.

Ляшенко Олександр Сергійович, слухач ІППК гр. МЗ-ЗС-Б-11.

Белікова Наталія Віталіївна, канд. техн. наук, доцент кафедри колії та колійного господарства.

Chesak S.S., Lyashenko A.S., cand. of techn. sciences Belikova N.V.

УДК 625.12

ПЕРЕБУДОВА ВОДОПРОПУСКНИХ ТРУБ ПІД ЧАС РЕКОНСТРУКЦІЇ ЗАЛІЗНИЦЬ

С.А. Губаренко

ПЕРЕСТРОЙКА ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

С.А. Губаренко

CULVERT RECONSTRUCTION DURING THE RAILWAY RECONSTRUCTION

S.A. Gubarenko

Наведено два варіанти технологічних схем реконструкції водопропускних труб, визначено галузі їх застосування. Запропоновано технологічну послідовність робіт з перебудови труб за обома варіантами.

Ключові слова: реконструкція залізниць, перебудова водопропускних труб, подовження водопропускних труб, технологія робіт.

Приведены два варианта технологических схем реконструкции водопропускных труб, определены области их применения. Предложена технологическая последовательность работ по перестройке трубы по обоим вариантам.

Ключевые слова: реконструкция железных дорог, перестройка водопропускных труб, удлинение водопропускных труб, технология работ.

Two variants of culvert reconstruction technological schemes are given, scopes of their application are determined. Technological work order of culverts reconstruction for both variants is offered.

Keywords: reconstruction of railways restructuring culverts, extension of culverts, the technology works.

У процесі реконструкції залізниці в разі збільшення ширини земляного полотна, а також при підвищенні насипу або уположенні укосів виникає необхідність збільшення довжини водопропускних труб. При цьому можливі два варіанти:

а) повна перебудова водопропускної труби, яку здійснюють у тих випадках, коли діагностика і прогнозування стану труби показують, що існуюча труба не зможе нормально працювати до наступної реконструкції залізниці;

б) подовження водопропускної труби без перебудови існуючої частини. Здійснюють, якщо стан існуючої труби дає змогу очікувати її нормального функціонування до нової реконструкції залізниці при відповідному утриманні й ремонті.

Роботи з перебудови або подовження труб бажано проводити в суху пору року або в зимовий період, щоб уникнути впливу потоку води, що протікає через трубу, на хід робіт. Роботи повинні бути організовані таким чином, щоб не

перешкоджати руху поїздів або знизити можливі перешкоди до мінімального ступеня.

Повна перебудова труби включає в себе такі основні операції, багато з яких аналогічні будівництву нової водопропускної труби. До початку робіт здійснюють заходи щодо обмеження швидкості руху на ділянці зі встановленням відповідних знаків. Потім виконують розбирання верхньої будови колії, вирізання відповідної частини баласту і земляного полотна та їх вивіз із застосуванням бульдозерів, однокішшових (фронтальних) навантажувачів та автомобілів-самоскидів. Після вирізання земляного полотна відривають котлован для звільнення старої труби від ґрунту до рівня підшови фундаменту (основи) із застосуванням екскаватора з робочим обладнанням зворотної лопати. Для безпеки і зручності робіт при розбиранні старої і монтажі нової труби котлован по підшві повинен бути ширше основи старої труби з одного боку на 3 м (для проходження машин), а з другого боку на 1 м (для руху робітників).

Укис котловану повинен забезпечувати безпеку робіт (зазвичай не крутіше 1:1). Якщо через трубу в процесі її перебудови можливе проходження води, котлован розширюють і в ньому влаштовують тимчасове обвідне русло, ширина і глибина якого розраховуються.

При відповідному техніко-економічному обґрунтуванні можливе влаштування котловану з кріпленням укосів, що дає змогу збільшувати їх крутість, зменшуючи об'єм земляних робіт. Після цього розбирають трубу із застосуванням пневматичних або електричних відбійних молотків (відповідно до пересувних компресорів або електростанцій), автокранів, бульдозерів, автомобілів для транспортування до місця складування блоків розібраної труби. Якщо лекальні блоки й основа труби (зазвичай гравійно-піщаний або щебеневий шар) не

мають неприпустимих дефектів, вони можуть бути збережені. За наявності руйнувань (тріщини, значні обломи) лекальні блоки або частину з них видаляють. Матеріал основи зсувають за межі котловану бульдозером. Можливе використання матеріалу основи для зміцнення тимчасового відвідного русла.

Потім здійснюють планування й ущільнення дна котловану (при видаленні лекальних блоків і основи) за допомогою бульдозера і віброкатків або (раціональніше) віброплит. Рівень поверхні дна повинен відповідати вимогам проекту перебудови труби. При необхідності при плануванні проводять досипання котловану ґрунтом того ж виду, що й місцевий ґрунт. Улаштовують пандус для в'їзду автомобілів з ухилом до 100 %. Пандус споруджують з верхової частини труби. На спланованому і ущільненому дні котловану влаштовують основу з піщано-гравійної або щебеневої суміші, якщо така основа передбачена проектом. Піщано-гравійну або щебеневу суміш вивозять автомобілями-самоскидами, планують бульдозером (можливо вручну) і ущільнюють самохідними або ручними віброкатками. За сприятливих ґрунтово-кліматичних умов (піщані ґрунти, глибина промерзання менше 0,5 м) основу з піщано-гравійної суміші можна не влаштовувати (це має бути передбачено проектом).

Потім проводять розподіл цементного розчину, підвезеного автомобілями-самоскидами або виготовленого на місці, і установлення (монтаж) порталних стінок, блоків, відкріпків і лекальних блоків. Цементний розчин зазвичай розподіляють вручну шаром 10-15 см, а порталні стінки, блоки, відкріпки і лекальні блоки монтують автокраном або краном на гусеничному ході. При укладанні на лекальні блоки ланки труб повторюють профіль, за яким укладені лекальні блоки. Позначки лекальних блоків повинні бути перевірені нівеліром. Рівень лекальних

блоків регулюють товщиною шару цементного розчину.

Монтаж ланок труби проводиться із застосуванням автокрана або крана на гусеничному ході. Потім виконується замонолічування швів між блоками порталних стінок і відкрيلків, закладення та гідроізоляція швів ланок.

Шви порталних стінок і відкрيلки конопатять і заповнюють цементним розчином, який ущільнюють металевим шуруванням. Гідроізоляція швів ланок здійснюється двома шарами бітумінізованої тканини і трьома шарами азбестобітумної мастики.

При будівництві двох- і тричкових труб пазухи між цими трубами заповнюють цементобетоном, що доставляється автомобілями-самоскидами, автобетонозмішувачами або виготовляється на місці. Цементобетон до пазух подають у цебрах за допомогою автомобільного або гусеничного крана або через бункер, оснащений металевим рукавом. Ущільнення цементобетону в пазухах здійснюють різними глибинними вібраторами (вібробулава, віброштик та ін.).

Гідроізоляція труби може здійснюватися з улаштуванням обклеювальної або обмазувальної гідроізоляції. У першому випадку трубу покривають за допомогою ручного розподільника бітумною мастикою, доставленою автогудронатором. Потім наклеюють рулонний матеріал (зазвичай руберойд), знову обмазують бітумною мастикою і наклеюють рулонний матеріал. Обмазувальну гідроізоляцію влаштовують шляхом обмазування зовнішньої поверхні труби бітумним лаком з подальшим нанесенням двох шарів бітумної мастики.

Засипання котловану з пошаровим ущільненням виконують бульдозером, починаючи з бічних пазух, де ґрунт ущільнюють механічними трамбівками. Так само ущільнюють ґрунт і над трубою до загальної товщини відсіпки 0,5 м в ущільненому стані. Товщина кожного

шару, що ущільнюється, в пазухах і над трубою при використанні механічних трамбівків повинна бути 0,10-0,12 м. Вище товщини 0,5 м до верху котловану ущільнення виконують самохідними віброкотками. Товщина шару, який ущільнюється, при цьому 0,15 м. Ґрунт повинен мати оптимальну вологість. Засипання подовженої частини труби проводять одночасно з розширенням земляного полотна. Після цього проводять розчищення русел із зміцненням бетонною плиткою і зміцненням укосів біля оголовків, а також будівництво водобійного колодязя, якщо він передбачений проектом реконструкції труби.

Повна перебудова прямокутної труби включає в себе операції, аналогічні розглянутим раніше, за винятком монтажу лекальних блоків, замість яких зазвичай роблять монолітний бетонний фундамент.

Великі прямокутні залізобетонні труби часто бетонують на місці. При цьому на підготовлену основу встановлюють опалубку, монтують і зварюють арматурний каркас, роблять бетонування із застосуванням крана і цебра. Ущільнення виконують зовнішніми вібраторами через опалубку, а також при можливості використовують глибинні вібратори.

Подовження водопропускної труби для зменшення обсягу робіт доцільно робити з боку вихідного оголовка. Тому в даному місці передбачають однобічне розширення земляного полотна. У процесі подовження труби виконують такі основні операції. У разі постійного протікання води через трубу влаштовують з нижнього боку тимчасове відвідне русло із застосуванням екскаватора зі зворотною лопатою і видаляють матеріали укріплення лотка і укосів. Видалення ґрунту укосів, що примикає до оголовка, виконують із застосуванням екскаватора зі зворотною лопатою. Розбирання оголовка труби, включаючи відкрيلки і порталну стінку, проводиться із застосуванням пневматичних або електричних відбійних

молотків і автомобільного крана або крана на гусеничному ході, що розташовуються зазвичай на насипі.

Розроблення котловану для основи і фундаменту подовженої труби виконується із застосуванням екскаватора зі зворотною лопатою. Якщо у котлован надходить вода, необхідно забезпечити її відкачування і спуск по ухилу. При цьому можливе влаштування тимчасового зливного лотка. Планування й ущільнення дна котловану проводяться аналогічно викладеному для повної перебудови труби. Те ж стосується і влаштування основи з піщано-гравійної або щебеневої суміші, розподілу цементного розчину, монтажу порталних стінок,

блоків відкрилків, лекальних блоків частини труби, яка подовжується. Потім аналогічно повній перебудові труби проводять монтаж ланок труби, яка подовжується, між блоками порталної стінки і відкрилками, замоноличення швів, закладення і гідроізоляцію швів ланок, заповнення цементобетоном пазух при двох- або тричккових трубах, гідроізоляцію труби. Роботи завершуються улаштуванням лотка біля відвідного оголовка, будівництвом водобійного колодязя, якщо він передбачений проектом реконструкції труби, і засипанням ґрунтом подовженої частини труби, яке проводять одночасно з розширенням земляного полотна.

Список використаних джерел

1. Устройство, реконструкция и капитальный ремонт водопропускных труб. СТО НОСТРОЙ XXX-20 [Текст] / Союздорстрой. – М., 2012. – 79 с.
2. Кириллов, В.С. Эксплуатация и реконструкция мостов и труб на автомобильных дорогах [Текст] / В.С. Кириллов. – М.: Транспорт, 1971. – 196 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор О.М. Даренський

Губаренко Сергій Анатолійович, слухач ІППК.

Gubarenko S.A.

УДК 624.072.33

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА ОПТИМАЛЬНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ТРЕХШАРНИРНЫХ АРОК

Канд. техн. наук Г.Л. Ватуля, канд. техн. наук Е.Ф. Орел,
С.В. Левчук, И.М. Андрущенко

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ПРОЕКТУВАННЯ НА ОПТИМАЛЬНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ ТРИШАРНІРНИХ АРОК

Канд. техн. наук Г.Л. Ватуля, канд. техн. наук Є.Ф. Орел,
С.В. Левчук, І.М. Андрущенко

IMPACT OF DESIGN PARAMETERS ON THREE-HINGED ARCH STRUCTURAL OPTIMIZATION

Cand. of techn. sciences G.L. Vatulya, cand. of techn. sciences E.F. Orel,
S.V. Levchyk, S.M. Andrushenko

Получены выражения, позволяющие оценить влияние параметров проектирования на выбор оптимальной конструкции трехшарнирной арки прямоугольного поперечного сечения. Оптимальный проект сравнивается с аркой постоянного сечения.

Ключевые слова: целевая функция, степень равнопрочности, оптимальное поперечное сечение, переменные параметры, условие прочности, сложная деформация.

Отримано математичні вирази, що дозволяють оцінити вплив параметрів проектування на вибір оптимальної конструкції тришарнірної арки прямокутного поперечного перерізу. Оптимальний проект порівнювався із аркою постійного перерізу.

Ключові слова: цільова функція, ступінь рівномірності, оптимальний поперечний переріз, змінні параметри, умова міцності, складна деформація.

In the article authors obtain the mathematical functions allows to provide the design parameters evaluation on rectangular three-hinged arch structure optimality. The optimal structures were matched with uniform cross-section arch.

Key words: efficiency function, firmness degree, optimum cross section, variable parameters, strength condition, complex deformation.

Введение. Проектирование на стадии создания технического проекта связано с конструктивными разработками элементов узлов и соединений, с производством расчетов для определения размеров элементов и их сечений и создания рабочих чертежей. Сооружение, построенное по оптимальному проекту, должно отличаться от подобных других меньшей затратой материала, меньшей массой и стоимостью.

Цель исследований. Статически определимые трехшарнирные арки. Каждое подмножество систем описывается присущими ему параметрами, которые зависят от распределения усилий. Усилия определяются только из уравнений равновесия или совместно с уравнениями деформаций [1,2]. Уравнения равновесия учитывают геометрию системы, а уравнения неразрывности деформаций еще и влияние распределения параметров.

Таким образом, оптимальность проекта зависит от многих факторов и различной степени их влияния [3]. Систематизация этого процесса поможет более эффективно использовать идею оптимальности при проектировании конструкций.

Основной материал исследований

1. *Трехшарнирная арка постоянного сечения.* Определив реактивные силы, рассмотрим круговую арку (рисунок) пролетом $\ell = 30$ м прямоугольного поперечного сечения. Арка находится под воздействием постоянной нагрузки $q = 6$ тс/м, расчетное сопротивление $mR_y = 2000$ кгс/см². Внутренние усилия в произвольном сечении будут равны:

$$M_x = \frac{qx}{2}(\ell - x) - \frac{q\ell^2}{8f}y, \quad (1)$$

$$Q_x = \frac{q(\ell - 2x)}{2}\cos\varphi - \frac{q\ell^2}{8f}\sin\varphi, \quad (2)$$

$$N_x = \frac{q(\ell - 2x)}{2}\sin\varphi - \frac{q\ell^2}{8f}\cos\varphi. \quad (3)$$

Условие прочности по нормальным напряжениям запишем в виде

$$Q_{\max} = \frac{M_x}{W} + \frac{N_x}{A} \leq R_y. \quad (4)$$

Уравнение оси круговой арки

$$y = \frac{1}{2} \left[\sqrt{4R^2 - \ell^2 + 4x(\ell - x)} - \sqrt{4R^2 - \ell^2} \right]. \quad (5)$$

Стрела подъема арки

$$f = R - \frac{1}{2}\sqrt{4R^2 - \ell^2}. \quad (6)$$

Она при заданном пролете может изменяться в зависимости от величины радиуса кривой в пределах (от $R = \ell/2$ до $R = \ell$)

$$\frac{\ell}{2} \geq f \geq \frac{\ell}{2}(2 - \sqrt{3}).$$

Используем выражения для тригонометрических функций:

$$\sin\varphi = \frac{\ell - 2x}{2R},$$

$$\cos\varphi = \frac{y + \frac{1}{2}\sqrt{4R^2 - \ell^2}}{R} = \frac{\sqrt{4R^2 - \ell^2 + 4x(\ell - x)}}{2R}.$$

Тогда

$$M_x = \frac{qx(\ell - x)}{2} - \frac{q\ell^2}{8} \left[\frac{\sqrt{4R^2 - \ell^2 + 4x(\ell - x)} - \sqrt{4R^2 - \ell^2}}{2R - \sqrt{4R^2 - \ell^2}} \right], \quad (7)$$

$$Q_x = \frac{q(\ell - 2x)}{16fR} \left[4f\sqrt{4R^2 - \ell^2 + 4x(\ell - x)} - \ell^2 \right], \quad (8)$$

$$N_x = \frac{q\ell^2}{4R} \left[\frac{(\ell - 2x)^2}{\ell^2} + \frac{\sqrt{4R^2 - \ell^2 + 4x(\ell - x)}}{2(2R - \sqrt{4R^2 - \ell^2})} \right]. \quad (9)$$

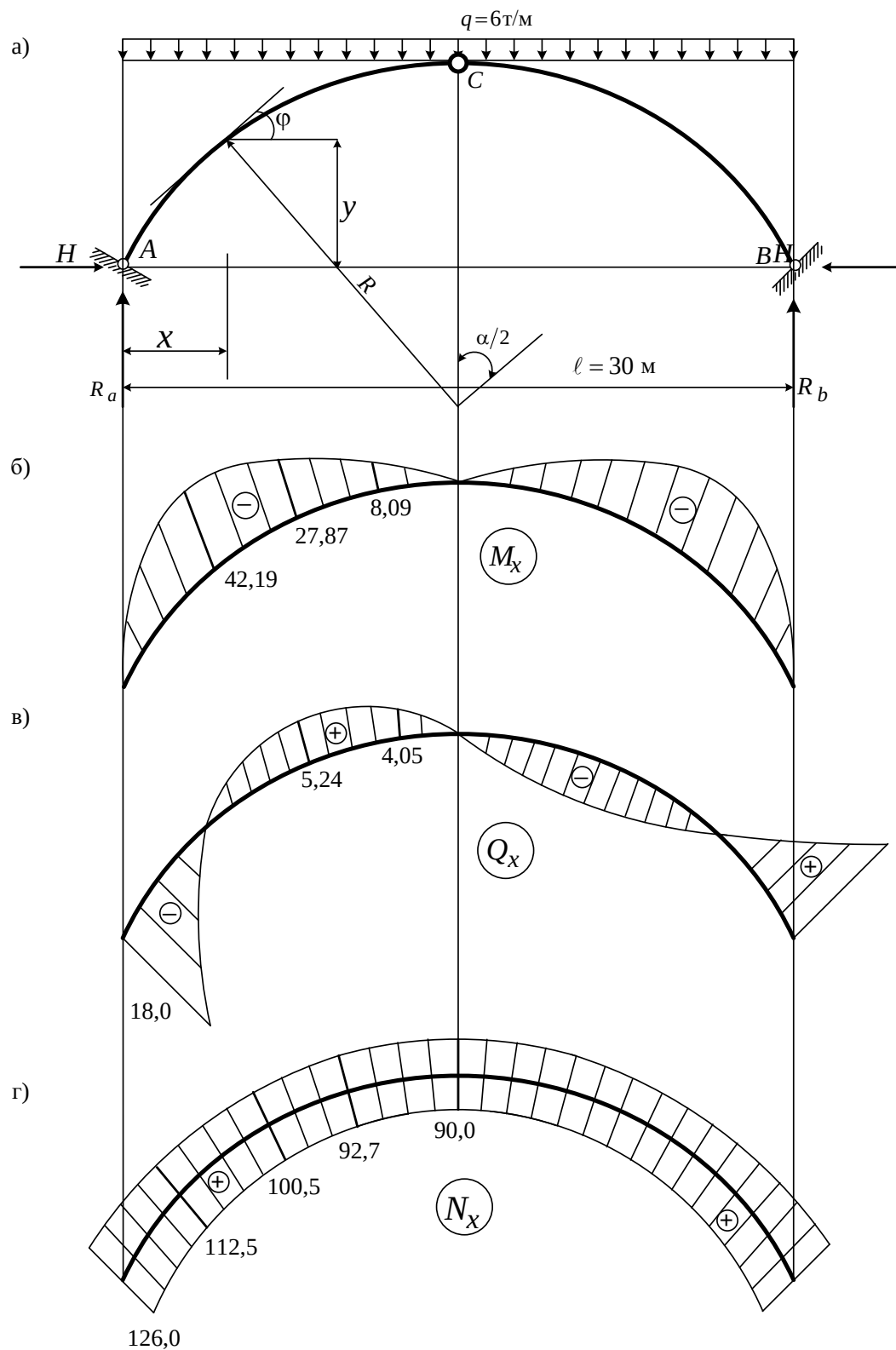


Рис. 1. Расчетная схема трехшарнирной арки

Рассмотрим частный случай, когда $R = \frac{5\ell}{8}$, т.е.

$$M_x = \frac{q\ell^2}{2} \left[\frac{x}{\ell} \left(1 - \frac{x}{\ell} \right) - \sqrt{\frac{9}{64} + \frac{x}{\ell} \left(1 - \frac{x}{\ell} \right)} + \frac{3}{8} \right],$$

$$Q_x = \frac{2q\ell}{5} \left(1 - \frac{2x}{\ell} \right) \left[2\sqrt{\frac{9}{64} + \frac{x}{\ell} \left(1 - \frac{x}{\ell} \right)} - 1 \right],$$

$$N_x = \frac{2q\ell}{5} \left[\left(1 - \frac{2x}{\ell} \right)^2 + 2\sqrt{\frac{9}{64} + \frac{x}{\ell} \left(1 - \frac{x}{\ell} \right)} \right].$$

Эпюры полученных внутренних усилий показаны на рисунке.

Сечения арки испытывают сложную деформацию – изгиб с сжатием. Условие прочности по нормальным напряжениям в этом случае имеет вид

$$\sigma_{\max} = \frac{|M|}{W} + \frac{N}{A} \leq mR_y. \quad (10)$$

В рассматриваемом напряженном состоянии напряжения зависят от изгибающего момента и продольной силы, но наибольшее влияние на их величину оказывает изгибающий момент. Поэтому найдем сечение, в котором изгибающий момент достигает максимального значения, т.е. где

$$\frac{dM_x}{dx} = 0.$$

Обозначим $\frac{x}{\ell} = \xi$, тогда

$$\sigma_{\max} = \frac{|-42,19 \cdot 10^5|}{12 \cdot 35^2} \cdot 6 + \frac{112,5}{12 \times 35} = 1722 + 268 = 1990 \approx 2000 \text{ кгс/см}^2.$$

Затрата материала на арку постоянного сечения

$$M_\xi = \frac{q\ell^2}{2} \left[1 - 2\xi - \frac{1 - 2\xi}{1\sqrt{\frac{9}{64} + \xi(1-\xi)}} \right] = 0.$$

Преобразуя, получим

$$(1 - 2\xi) \left[1 - \frac{1}{2\sqrt{\frac{9}{64} + \xi(1-\xi)}} \right] = 0.$$

Откуда $\xi_1 = 0,5$, $\xi_2 = 0,125$ и $\xi_3 = 0,875$.

Наибольшее значение изгибающий момент будет достигать в симметричных относительно середины арки сечениях при $\xi = 0,125$ и $\xi = 0,875$. В этих сечениях $M = -42,19 \text{ т} \cdot \text{см}$ и $N = 112,5 \text{ т}$. Для надежного восприятия внутренних усилий принимаем сечение $b \times h = 12 \times 35 \text{ см}$. Проверяем удовлетворение условия прочности по нормальным напряжениям

$$V_{\Pi} = bh\ell_a = bh \frac{2\pi R}{360} \cdot \alpha = bh \frac{\pi R}{180} 2 \arctg \frac{\ell}{2(R-f)} = 12 \cdot 35 \frac{\pi \cdot 18,75 \cdot 10^2}{90} \times \\ \times \arctg \frac{30}{2(18,75-7,5)} = 1460500 \text{ см}^3.$$

2. *Непрерывно равнопрочная трех-шарнирная арка.* В такой арке условие равнопрочности в каждом сечении выполняется в виде равенства. Рассмотрим арку с заданной шириной сечения $b=12$ см и переменной высотой h_x . Запишем условие прочности для произвольного сечения арки:

$$\sigma_x = \frac{6|M_x|}{bh_x^2} + \frac{N_x}{bh_x} = mR_y. \quad (11)$$

Отсюда получаем уравнение для определения функции высоты сечения h_x

$$h_x^2 - \frac{N_x}{bmR_y} - \frac{6M_x}{bmR_y} = 0. \quad (12)$$

Решая уравнение (12), получаем действительный корень

$$h_x = \frac{N_x}{2bmR_y} + \sqrt{\left(\frac{N_x}{2bmR_y}\right)^2 + \frac{6|M_x|}{bmR_y}}. \quad (13)$$

Подставив выражения для M_x и N_x , получаем функцию изменения высоты сечения арки вдоль ее оси

$$h_x = \frac{q\ell}{5bR_y} \left[\left(1 - \frac{2x}{\ell}\right)^2 + 2\sqrt{\frac{9}{64} + \frac{x}{\ell}\left(1 - \frac{x}{\ell}\right)} \right] + \\ + \sqrt{\left\{ \frac{q\ell}{5bR_y} \left[\left(1 - \frac{2x}{\ell}\right)^2 + 2\sqrt{\frac{9}{64} + \frac{x}{\ell}\left(1 - \frac{x}{\ell}\right)} \right] \right\}^2 + \\ + \left| \frac{3q\ell^2}{bR_y} \left[\frac{x}{\ell}\left(1 - \frac{x}{\ell}\right) - \sqrt{\frac{9}{64} + \frac{x}{\ell}\left(1 - \frac{x}{\ell}\right)} + \frac{3}{8} \right] \right|}. \quad (14)$$

Высоты сечений приведены в таблице.

Таблица

Высота сечения арки вдоль ее оси

x/ℓ	0	1/8	1/4	3/8	1/2
h_x , см	4,8	34,9	28,6	16,3	3,4

Теоретический объем материала равнопрочной арки $V_p = 1010000 \text{ см}^3$.

На самом деле объем будет несколько большим за счет увеличения высоты

приопорных сечений для восприятия сдвигающих усилий.

Выводы. Таким образом, получены выражения, позволяющие оценить влияние параметров проектирования на выбор

оптимальной конструкции трехшарнирной арки. Уменьшение объема по сравнению с аркой постоянного сечения достигается на 30%.

Список использованных источников

1. Виноградов, А.И. Проблема оптимального проектирования в строительной механике [Текст] / А.И. Виноградов. – Харьков: Вища школа, 1973. – 168 с.
2. Ройтман М.И., Методы оптимального проектирования деформируемых тел [Текст] / М.И. Ройтман, Г.С. Шапиро. – М.: Наука, 1976. – 266 с.
3. Основы расчета и проектирования комбинированных и сталебетонных конструкций [Текст] / Э.Д. Чихладзе, Г.Л. Ватуля, Ю.П. Китов [и др.]; под ред. Э.Д. Чихладзе. – К.: Транспорт Украины, 2006. – 104 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор А.А. Плугин

Ватуля Гліб Леонідович, канд. техн. наук, доцент, завідувачий кафедрою будівельної механіки і гідравліки.

Орел Євген Федорович, канд. техн. наук, доцент кафедри колії та колійного господарства.

Левчук Світлана Валеріївна, слухач ІППК, гр. МЗ-ЗС-Б-11.

Андрущенко Ігор Миколайович, слухач ІППК, гр. МЗ-ЗС-Б-11.

Vatulya G.L. cand. of techn. sciences, Orel E.F., cand. of techn. sciences

Levchyk S.V., Andrushenko S.M.

ПРОМИСЛОВЕ І ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО

УДК 625.12(477)

РОЗРОБЛЕННЯ СКЛАДУ БЕТОНУ ДЛЯ МОНОЛІТНОГО БЕТОНУВАННЯ

Н.О. Коломієць, К.С. Гребенщикова, канд. техн. наук С.В. Мірошніченко

РАЗРАБОТКА СОСТАВА БЕТОНА ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНИРОВАНИЯ

Н.А. Коломиец, К.С. Гребенщикова, канд. техн. наук С.В. Мирошніченко

DEVELOPMENT OF CONCRETE FOR MONOLITHIC CONCRETE

N.A. Kolomyjec, K.S. Hrebyenschykova, cand. of techn. sciences S.V. Miroshnichenko

Бетон для монолітних конструкцій має відповідати вимогам тривалої міцності, повзучості й тріщиностійкості. Розглянуті теорії деформування залізобетонних конструкцій під навантаженням. Запропонована у статті методика розрахунку дозволяє підібрати оптимальний склад бетону для монолітного перекриття, виходячи з особливостей місцевих матеріалів.

Ключові слова: *перекриття, деформація бетону, повзучість, тріщиностійкість, монолітний залізобетон.*

Бетон для монолитных конструкций должен отвечать требованиям длительной прочности, ползучести и трещиностойкости. Рассмотрены теории деформирования железобетонных конструкций под нагрузкой. Предложенная в статье методика расчета позволяет подобрать оптимальный состав бетона для монолитного перекрытия, исходя из особенностей местных материалов.

Ключевые слова: *перекрытия, деформация бетона, ползучесть, трещиностойкость, монолитный железобетон.*

For monolithic concrete structures must meet the requirements of long-term strength, creep and fracture. Consideration of the theory of deformation of reinforced concrete structures under load. The proposed method of calculation in the article allows optimum composition for monolithic concrete slab, based on

Keywords: *floor, concrete strain, creep, fracture toughness, reinforced concrete.*

Постановка проблеми. Особливості прояву тривалої міцності, повзучості й тріщиностійкості бетону в стиснутій і розтягнутій зонах залізобетонних виробів і конструкцій, що згинаються, особливо актуальні при проектуванні й виготовленні

довгомірних або тонкостінних конструкцій, до яких можна віднести монолітні перекриття.

Аналіз останніх досліджень. Виконаний аналіз експериментальних даних дозволяє зробити певний висновок.

Міцність бетону у виробках і конструкціях, що згинаються, зокрема залізобетонних тонкостінних конструкціях, піддається одночасному впливу двох факторів: фактора часу, що зменшує міцність при розтягненні протягом тривалого часу за рахунок механізму молекулярно-кінетичного зруйнування, і фактора тривалого попереднього обтиснення бетону, що збільшує короточасну міцність бетону. З урахуванням цього міцність бетону у стиснутій зоні (верхня плита чи верхній пояс) у процесі тривалої експлуатації конструкції буде в основному збільшуватися, а міцність бетону в розтягнутій зоні (низ стінки балки чи нижній пояс) – знижуватися. А значить, однією з головних причин зниження довговічності залізобетонних виробів і конструкцій є втрата тріщиностійкості бетону в розтягнутій зоні, що посилюється мимовільним зниженням міцності бетону при розтягненні. При цьому величина моменту, який перешкоджає утворенню тріщин, стає меншою, ніж величина моменту від навантаження. Головним фактором зменшення величини моменту є довгочасна повзучість бетону у стиснутій зоні, яка призводить до збільшення висоти стиснутої зони x і зменшення плеча моменту. Фактором, який посилює буйнівну дію довгочасної повзучості бетону, є зменшення тривалої міцності бетону при розтягненні в розтягнутій зоні конструкції.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Після того, як були винайдені нові способи будови опалубки, монолітне будівництво почало розвиватися швидкими темпами. Завдяки каркасній системі споруд, де як опори для несучих перекриттів використовуються монолітні колони, в архітекторів з'явилась можливість проектувати висотні будинки всіляких конфігурацій із різним плануванням. Спорудження перекриттів такого типу дозволяє надати конструкції просторову жорсткість й таким чином обійтися без зведення несучих стін.

Уся опалубка виготовляється практично однаковою для всіх типів перекриттів. Конструкція являє собою стояки, несучі балки й настил. Опалубку можна встановлювати як частинами, так і одразу на всю площину майбутнього перекриття. Щодо якості бетону, то для роботи рекомендується використовувати марку не нижче С 20/25. Бетон заливають у підготовлену опалубку й ущільнюють за допомогою вібратора, щоб виключити утворення повітряних прошарків. Процес здійснюється швидко — в один захід. Однак клас бетону не завжди забезпечує довговічність конструкції з цього бетону, тому для таких конструкцій дуже важливий підбір складу бетону не тільки за міцністю, а також і за деформативністю.

Уявлення про механізм деформування цементного каменю, а значить, і бетону, на стадії пружного стиснення і повзучості, що швидко натікає, важливі для дослідження прогинів залізобетонних конструкцій, що згинаються, при невеликих габаритах, а також при дослідженнях залізобетонних довгомірних конструкцій, при яких тривалість одного циклу досліджень складає від 10 до 15 хвилин. На рис. 1, а зображена діаграма стиснення, а на рис. 1, б – кінетика деформування зразка.

Формулювання мети. Дослідити міцнісні та деформативні властивості бетону, а також підібрати оптимальний склад бетону, що забезпечує довговічність і недеформованість для монолітного перекриття.

Основний матеріал. Довговічність самого перекриття буде залежати не тільки від класу бетону, а також від такого фактора, як повзучість.

Про величину границі тривалої міцності бетону, а також і впливу на нього різних факторів до теперішнього часу не було єдиної думки. Для практичної мети значення відносної границі тривалої міцності важкого бетону приймається рівним $0,8f_{cd}$ незалежно від технічних параметрів, які характеризують конкретні

властивості бетону. Таке ж схоже зниження також спостерігається й для тривалої

міцності бетону при розтягненні.

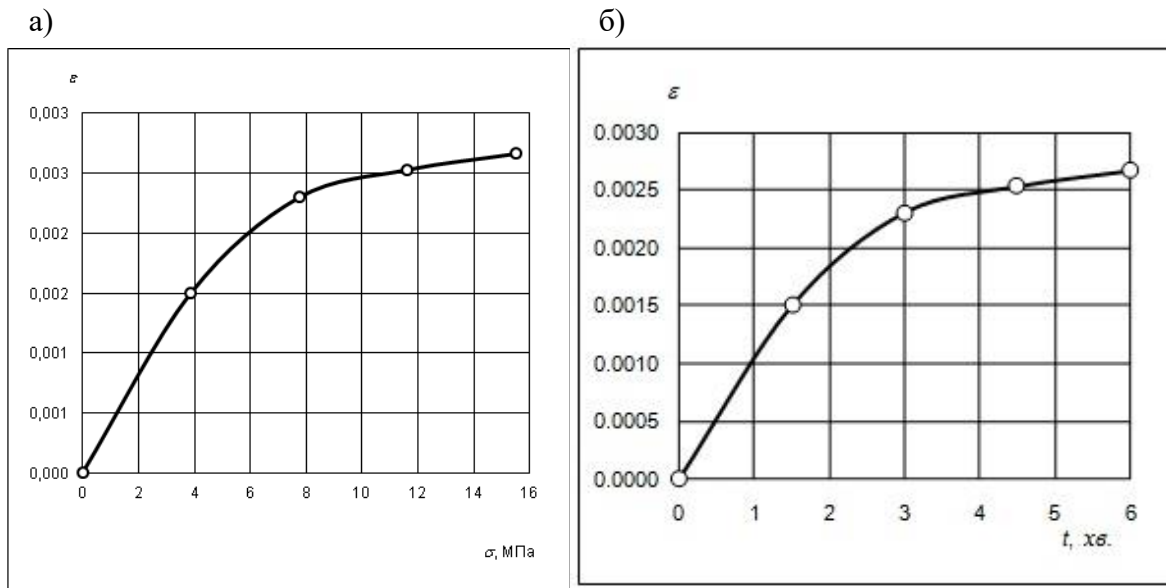


Рис. 1. Залежність від носної деформації ε призматичного зразка розміром $10 \times 10 \times 40$ см із цементного каменю з $B/C = 0,4$ від:

- а – стискальної напруги σ при короткочасному навантажуванні (до 6 хв);
- б – часу (кінетика деформування) при короткочасному навантажуванні

Проміжок часу, протягом якого деякий зразок починає руйнуватися під навантаженням, залежить від величини докладених до нього напруг: збільшення напруг призводить до зменшення часу до того моменту, коли він починає руйнуватися. Проведена неодноразова перевірка показала, що деформації в межах таких напруг і такого часу дії навантаження були оборотними і зникали при знятті навантаження. Останнє дозволяє віднести ці деформації не тільки до пружних, але й до деформацій в'язкісної чи пластичної течії.

Більш повільні й набагато більші, ніж миттєві пружні, ці деформації необхідно віднести до еластичних деформацій, а якщо бути точними, то до високоеластичних, які протікають протягом часток секунд, і повільних, таких, що протікають кілька хвилин.

Деформація цементного каменю при його короткочасному стисканні з першого

погляду криється у сполученні швидких деформацій стискання гелевих частинок у тонких прошарках між цементними частинками й дифузійного переносу проти іонів і гідратованої ними води, що здійснюється з прошарків у максимально віддалену й найменш напружену зону між цементними частинками. У зв'язку з цим будемо розрізняти гель у прошарках між цементними частинками і гель в об'ємі між цементними частинками.

Деформації бетону, тривалість яких обчислюється хвилинами або десятками хвилин, у нормативній літературі визначаються так само, як деформації повзучості, що швидко натікає. А значить, повільні еластичні деформації цементного каменю є результатом деформації повзучості, що швидко натікає. Вони проявляються при випробуванні зразків на міцність, при передачі попередньої напруги на бетон попередньо напружених

залізобетонних виробів, при проходженні залізничного й автомобільного транспорту по мостах і тунелях, при пересуванні вантажопідйомних кранів по підкранових балках, відносно повільно зникаючи при знятті навантаження, та ін.

При розгляді деформацій цементного каменю й бетону при їхньому короточасному навантаженні і з метою використання на практиці будемо виділяти дві стадії деформування:

- стадію пружного стиснення, що протікає протягом часток секунд і відповідає

швидкій високоеластичній деформації;

- стадію повзучості, що швидко натікає, яка протікає протягом кількох хвилин або десятків хвилин і відповідає повільній високоеластичній деформації.

У результаті досліджень цементного каменю (проведених в УкрДАЗТ) при тривалій і довгочасній дії навантаження отримані деякі графіки зміни відносних деформацій у часі, які охопили як тривалу – до 150 діб (рис. 2, а), так і довгочасну до 900 діб (рис. 2, б) і більше діб, дію навантаження.

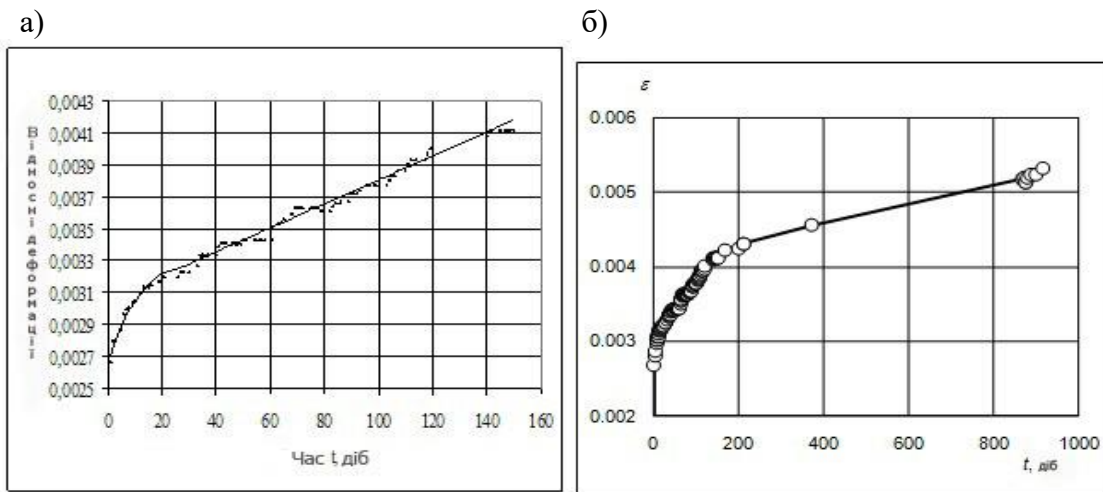


Рис. 2. Залежність відносної деформації ε звичайної повзучості цементного каменю (призма $10 \times 10 \times 40$ см, $B/C=0,4$, нормальні умови твердіння) від часу при нарузі стиснення 15,2 МПа. Точки – експериментальні дані: а – суцільна лінія – графік залежності, що пропонується; б – суцільна лінія – за запропонованими рівняннями

Згідно з проведеними дослідженнями, період довгочасної дії навантаження відрізняється тим, що на ньому виділяється ще одна лінійно-похила ділянка з більш низькою швидкістю й більшою тривалістю понад 750 діб. Прояв двох ділянок, які різко відрізняються за швидкістю й тривалістю деформування, і врахування того, що перша похила ділянка за своєю тривалістю близька до повзучості, що звичайно спостерігається, а друга лінійна ділянка в дослідженнях повзучості раніше не відмічалася, дає підставу виділити в

деформаціях повзучості при довгочасному навантаженні зразків із цементного каменю, крім звичайної, стадію довгочасної повзучості, яка настає після звичайної.

Підбір складу бетону для монолітного перекриття ґрунтується на відомих закономірностях, врахованих НДІЗБДержбуду СРСР у «Руководстве по подбору составов тяжелого бетона»:

- законі міцності (водоцементного відношення) – міцність бетону f_{cd} , МПа, залежить від водоцементного відношення B/C зворотно пропорційно:

$$f_{cd} \sim 1/(B/C); \quad (1)$$

- законі водопотрібності – легкоукладальність бетонної суміші залежить від витрати води на 1 м³ бетону B , кг: рухливість (осадка конуса) OK , см, – прямо пропорційно, жорсткість $Ж$, с, – зворотно пропорційно:

$$OK \sim B, \quad Ж \sim 1/B; \quad (2)$$

- принципі абсолютних об'ємів – сума абсолютних об'ємів V_{abc} компонентів, що витрачаються на приготування 1 м³ щільного бетону (щебеню, піску, цементу, води), має дорівнювати 1 м³:

$$V_{abc}^u + V_{abc}^n + V_{abc}^c + V^b = \frac{Щ}{\rho_{ict}^u} + \frac{П}{\rho_{ict}^n} + \frac{Ц}{\rho_{ict}^c} + \frac{B}{\rho^b} = 1 \text{ м}^3, \quad (3)$$

де $Щ, П, Ц, B$ – витрата щебеню, піску, цементу і води відповідно на 1 м³ бетону, кг; $\rho_{ict}^u, \rho_{ict}^n, \rho_{ict}^c, \rho^b$ – істинна густина щебеню, цементу, піску і густина води відповідно, кг/м³;

- розсуненні зерен крупного заповнювача: коефіцієнт розсунення α відношення абсолютного об'єму цементно-піщаного розчину $V_{цпр}$ до об'єму пустот у крупному заповнювачі $V_{нyc}^u$ в 1 м³ бетону має бути більшим за 1:

$$\alpha = \frac{V_{цпр}}{V_{нyc}^u} = \frac{\frac{П}{\rho_{ict}^n} + \frac{Ц}{\rho_{ict}^c} + \frac{B}{\rho^b}}{\frac{Щ}{\rho_{нас}^u} \cdot V_{нyc}^u} > 1, \quad (4)$$

де $\rho_{нас}^u, V_{нyc}^u$ – насипна густина, кг/м³, і пустотність щебеню відповідно.

Підбір складу ґрунтується також на новій закономірності, встановленій в УкрДАЗТ, – залежності показників, що забезпечують надійність і довговічність конструкцій, – водонепроникності та деформативності бетону, тріщиностійкості та довготривалих деформацій конструкцій з нього від коефіцієнтів розсунення зерен

крупного заповнювача α і зерен дрібного заповнювача μ (рис. 3).

Коефіцієнт розсунення зерен дрібного заповнювача μ – відношення абсолютного об'єму цементного тіста (каменю) $V_{цт}$ до об'єму пустот у дрібному заповнювачі $V_{нyc}^n$, 1 м³:

$$\mu = \frac{V_{цт}}{V_{нyc}^n} = \frac{\frac{Ц}{\rho_{ict}^c} + \frac{B}{\rho^b}}{\frac{П}{\rho_{нас}^n} \cdot V_{нyc}^n}, \quad (5)$$

де $\rho_{нас}^n, V_{нyc}^n$ – насипна густина, кг/м³, і пустотність піску відповідно.

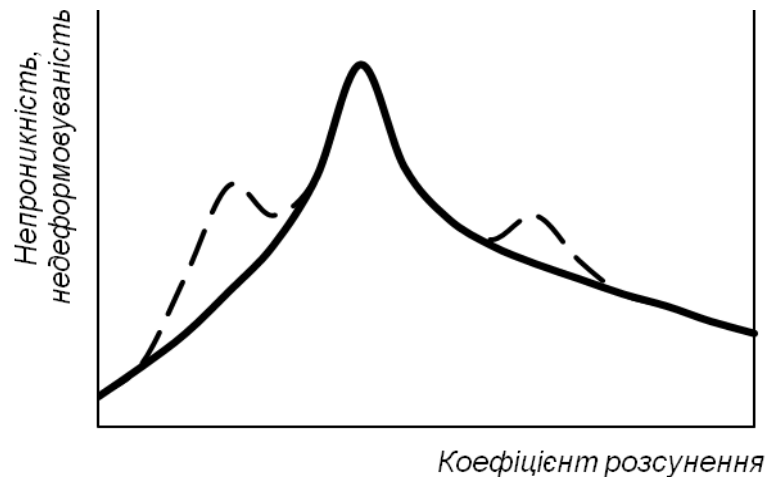


Рис. 3. Загальний вигляд залежності непроникувості, недеформовуваності та інших характеристик бетону від коефіцієнтів розсунення α і μ

Теоретичними та експериментальними дослідженнями встановлено, що залежності водонепроникувості, деформативності бетону, в тому числі здатності піддаватись повзучості, а також тріщиностійкості і довготривалих деформацій конструкцій з нього від коефіцієнтів розсунення α і μ має екстремальний характер (рис. 3). Залежно від властивостей компонентів бетону існують оптимальні значення коефіцієнтів розсунення α_{opt} і μ_{opt} , яким відповідають максимальна водонепроникувність і мінімальна деформативність бетону, а також максимальна тріщиностійкість і мінімальні довготривалі деформації конструкцій з нього. Така залежність виявлена при дослідженнях водонепроникувості бетону, тріщиностійкості залізобетонних попередньо напружених шпал, довготривалих деформацій від повзучості бетону довгомірних мостових прогонових споруд і тонкостінних ємнісних споруд.

Найбільш сприятливі показники вказаних властивостей бетону і конструкцій з нього при оптимальних значеннях α_{opt} і μ_{opt} пояснюються тим, що їм відповідає найщільніша упаковка одного

ряду зерен дрібного заповнювача в прошарках між зернами крупного заповнювача і цементних частин – між зернами дрібного заповнювача (рис. 4). При цьому водонепроникувність є максимальною завдяки мінімальній кількості некапілярних і капілярних пор у міжзернових пустотах між зернами та частинками, а деформативність є мінімальною завдяки максимальним жорсткості каркасу із твердих частинок і кількості міцних міжчасткових контактів в означених прошарках.

Оптимальні значення коефіцієнтів розсунення α_{opt} і μ_{opt} залежать від середнього розміру визначальної фракції зерен крупного і дрібного заповнювача й частинок цементу $d_{цп}$, $d_{п}$, $d_{ц}$, мм, відповідно, і визначаються аналітичним шляхом за даними про їх гранулометричний склад.

Виходячи із викладеного, для забезпечення надійності й довговічності конструкцій склад бетону підбирається з урахуванням оптимальних значень коефіцієнтів розсунення зерен крупного й дрібного заповнювача α_{opt} і μ_{opt} .

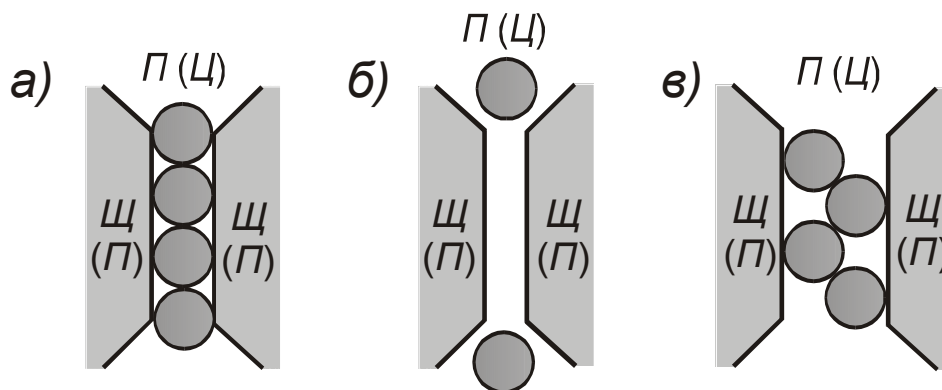


Рис. 4. Схеми упаковки зерен піску або цементу в прошарках між зернами щебеню або піску, відповідно: а – при оптимальних значеннях α_{opt} і μ_{opt} , б, в – при неоптимальних значеннях α і μ

Величина граничних деформацій повзучості цементного каменю в бетоні залежить від вмісту цементного каменю в ньому та його структурних характеристик або коефіцієнтів розсунення зерен піску й щебеню. Геометричний зміст зв'язку оптимальних коефіцієнтів розсунення зерен піску μ_{opt} та щебеню α_{opt} виражається рівняннями:

$$\alpha_{opt} = 2,1 \cdot \left(1 + \frac{d_n}{d_{uc}} \right)^3 - 1,1, \quad (6)$$

$$\mu_{opt} = 2,1 \cdot \left(1 + \frac{d_u}{d_n} \right)^3 - 1,1. \quad (7)$$

Визначають витрату щебеню, кг/м³:

$$\Pi = \frac{1}{\frac{\alpha_{opt}}{\rho_{нас}^u} \Pi_{ус}^u + \frac{1}{\rho_{іст}^u}}. \quad (8)$$

Визначають витрату піску, кг/м³:

$$\Pi = \frac{1 - \frac{\Pi}{\rho_{іст}^u}}{\frac{\mu_{opt}}{\rho_{нас}^n} \Pi_{ус}^n + \frac{1}{\rho_{іст}^n}}. \quad (9)$$

Визначають витрату води залежно від потрібної легкоукладальності за ГОСТ 10180.1.

Визначають витрату цементу, кг/м³:

$$\Pi = \rho_{іст}^u \cdot \left(1 - \frac{\Pi}{\rho_{іст}^u} - \frac{\Pi}{\rho_{іст}^n} - \frac{B}{\rho^6} \right). \quad (10)$$

Висновки. Основним аспектом практичної значимості розроблених уявлень про довгочасну повзучість бетону є встановлення кількісного взаємозв'язку деформацій і кінетики довгочасної повзучості зі структурою бетону та його дійсними й оптимальними характеристиками. Визначення, врахування і направлена зміна цих характеристик дозволить використовувати вказані залежності для покращення прогнозу, нормування й контролю деформацій повзучості залізобетонних виробів і конструкцій для створення бетонів для виготовлення й ремонту монолітних конструкцій.

Список використаних джерел

1. Плугин, А.Н. Коллоидно-химические основы прочности, разрушения и долговечности бетона и железобетонных конструкций [Текст] / А.Н. Плугин, А.А. Плугин, О.А. Калинин // Цемент. – 1997. – № 2. – С. 28-32.
2. Плугин, А.Н. Электрогетерогенные взаимодействия при твердении цементных вяжущих [Текст]: дисс. ... д-ра хим. наук: 02.00.11 / А.Н. Плугин. – Защищена 14.06.1989; утв. 20.10.1989. – К.: ИКХХВ, 1989. – 282 с.
3. Понаднормативна довгочасна повзучість бетону в залізобетонній конструкції місткісної споруди [Текст] / А.А. Плугін, А.М. Плугін, С.М. Кудренко, Д.А. Плугін // Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті: зб. наук. праць. – Харків: ХарДАЗТ, 1999. – Вип. 37. – С. 32-44.
4. Эксплуатационные исследования деформационных характеристик тонкостенной железобетонной конструкции ванны бассейна «Локомотив» в г. Харькове [Текст] / А.А. Плугин, А.Н. Плугин, С.Н. Кудренко, Д.А. Плугин, О.А. Калинин // Залізничний транспорт України. – 2001. – № 3 (24). – С. 25-27.
5. Мірошніченко, С.В. Дослідження напруг і деформацій у плитах без балластного мостового полотна [Текст] / С.В. Мірошніченко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 109. – С. 113-119.
6. Лютый, В.А. Повторяющаяся быстронатекающая ползучесть бутовой кладки мостовых опор при механоэлектрических воздействиях [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук. – Харьков: УкрГАЗТ. – 2007. – 201 с.
7. Спосіб визначення складу високоміцного, тріщиностійкого і водонепроникного бетону [Текст]: деклараційний патент UA 62613 A А.М. Плугін, О.А. Калінін, С.В. Мірошніченко, А.А. Плугін [та ін.]; опубл. 2003, Бюл. № 12.

Рецензент д-р техн. наук, професор А.А. Плугін

Коломієць Наталія Олександрівна, слухач ІППК, гр. МЗ-ПЦБ-Б-11.

Гребенщикова Катерина Сергіївна.

Мірошніченко Сергій Валерійович, канд. техн. наук, доцент кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд.

Kolomyjec N.A., Hrebyenschykova K.S., cand. of techn. sciences Miroshnichenko S.V.

УДК 692

**ГОРИЗОНТАЛЬНЕ АРМУВАННЯ ҐРУНТІВ В ОСНОВАХ БУДІВЛІ
КОРПУСУ НЕВІДКЛАДНОЇ ХІРУРГІЇ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ЛІКАРНІ
М. ДОНЕЦЬКА ПРИ ЇЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ**

К.В. Нєчаєв, канд. техн. наук А.О. Ісмагілов

**ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ АРМИРОВАНИЕ ГРУНТОВ В ОСНОВАНИИ
ЗДАНИЯ КОРПУСА НЕОТЛОЖНОЙ ХИРУРГИИ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ БОЛЬНИЦЫ Г. ДОНЕЦКА ПРИ ЕЕ
РЕКОНСТРУКЦИИ**

К.В. Нечаев, канд. техн. наук А.А. Исмагилов

**HORIZONTAL REINFORCEMENT OF SOIL IN A BUILDING CASE OF
EMERGENCY SURGERY RAILWAY HOSPITAL, DONETSK AT ITS
RECONSTRUCTION**

K.V. Nechaev, cand. of techn. sciences A.A. Ismagilov

У статті розглянутий метод посилення ґрунтової основи, яка складається із структурно нестійких ґрунтів. Цей метод успішно випробуваний у польових умовах при проведенні реконструкції цивільної будівлі, зведеної на основі ґрунтів, що просідають. Цей метод дозволив збільшити здатність несучої основи, що було необхідно для реалізації надбудови третього поверху будівлі. У статті детально описана методика і технологія закріплення основи цим способом.

Ключові слова: підсилення основи, реконструкція будівлі, армування ґрунтів, закріплення ґрунтів.

В статье рассмотрен метод усиления грунтового основания, которое состоит из структурно неустойчивых грунтов. Данный метод успешно опробован в полевых условиях при проведении реконструкции гражданского здания, возведенного на просадочном основании. Данный метод позволил увеличить несущую способность основания, что было необходимо для реализации надстройки третьего этажа здания. В статье подробно описана методика и технология закрепления основания данным способом.

Ключевые слова: усиление основы, реконструкция здания, армирование грунтов, закрепление грунтов.

The method of strengthening of the ground founding that consists of structurally unsteady soils is considered in the article. This method is successfully tested in the field terms during realization of reconstruction of the civil building erected on the deformed founding. This method allowed to increase bearing strength of founding, that it was necessary for realization of building on of the third floor. In the article methodology and technology of fixing of founding this method are described in detail.

Keywords: gain basis, the reconstruction of the building, reinforcing soil grouting.

У наш час експлуатація будинків і нестійкими ґрунтами являє собою складну споруд на територіях із структурно проблему як у матеріальному, так і в

технічному плані. Проблема полягає в низькій несучій здатності та високій деформаційності таких ґрунтів. Свідченням цьому є велика кількість деформованих будівель та споруд у різних країнах СНД, у т.ч. в Україні. Для вирішення цієї проблеми усе ширше застосовується армування ґрунтів елементами підвищеної жорсткості з метою збільшення несучої здатності основи. При капітальному будівництві найчастіше застосовується вертикальне та похиле армування, що обумовлено декількома обставинами. По-перше, ґрунтовими умовами, наприклад, коли необхідно зміцнити ґрунтову основу на істотну необхідну глибину. По-друге, до вертикального армування більш адаптована будівельна техніка, що випускається промисловістю.

Однак за останні роки акцент у сфері будівництва змістився у бік реконструкції будинків і споруд, коли часто виникає необхідність у підвищенні несучої здатності основи при надбудові поверхів, додатковому монтажі встаткування тощо. У таких випадках все частіше потрібне закріплення ґрунтів на незначну глибину в зонах активних деформацій основи будинку. У цих ситуаціях більш ефективним закріпленням основи є горизонтальне армування шару ґрунту безпосередньо під фундаментами. Такий підхід до закріплення ґрунтів прийнятний також для попередження осідання ґрунтів та деформування будівель на слабких або обводнених ґрунтах.

При реконструкції корпусу невідкладної хірургії залізничної лікарні в м. Донецьку, яка полягала в надбудові одним поверхом, була застосована технологія горизонтального армування ґрунтів основи. Ця технологія передбачає застосування верстатів горизонтального бурення ґрунтів. Застосована технологія базується на бурозмішувальному методі закріплення ґрунтів. На рис. 1 показана технологічна схема горизонтального армування ґрунтів.

Суть технології горизонтального армування полягає в наступному. Уздовж головного фасаду будинку лікарні відривається траншея на необхідну з розрахунку глибину – залежно від кількості рядів армоелементів. На дні котловану встановлюється рейкові настили для переміщення верстата горизонтального буріння уздовж будинку. Верстат горизонтального буріння (1) має порожнисті бурові штанги (2), на початку яких закріплюється бурозмішувальний орган (3), який виконує функцію бурової коронки для розпушування ґрунту та перемішування зруйнованого ґрунту з цементною суспензією. При обертанні бурової штанги табурозмішувального органа з одночасним осьовим переміщенням відбувається руйнування природної структури ґрунту. Одночасно з початком руйнування ґрунту через вертлюг, яким оснащений верстат горизонтального бурення, по порожнистих штангах нагнітається цементний розчин необхідної консистенції, який під тиском через отвори бурозмішувального органа переміщується із ґрунтом порушеної структури. Ретельно перемішаний із цементним розчином ґрунт набирає міцності і стає елементом підвищеної жорсткості, що закріплює основу.

Горизонтальне армування ґрунту здійснюється за допомогою технологічної лінії, що включає верстат горизонтального буріння, розчинонасос і розчинозмішувач. Готування ґрунтоцементного розчину здійснюється будь-якими розчинозмішувачами, які випускає промисловість, за умови забезпечення однорідності розчину, що закріплює. Як розчинонасоси можуть бути використані насоси, які мають тиск 0,5...0,7 МПа.

Необхідність виконання підсилення будівлі корпусу невідкладної лікарні була викликана наявністю тріщин у стінах та планувальними роботами з її реконструкції і ремонту з надбудовою третього поверху.

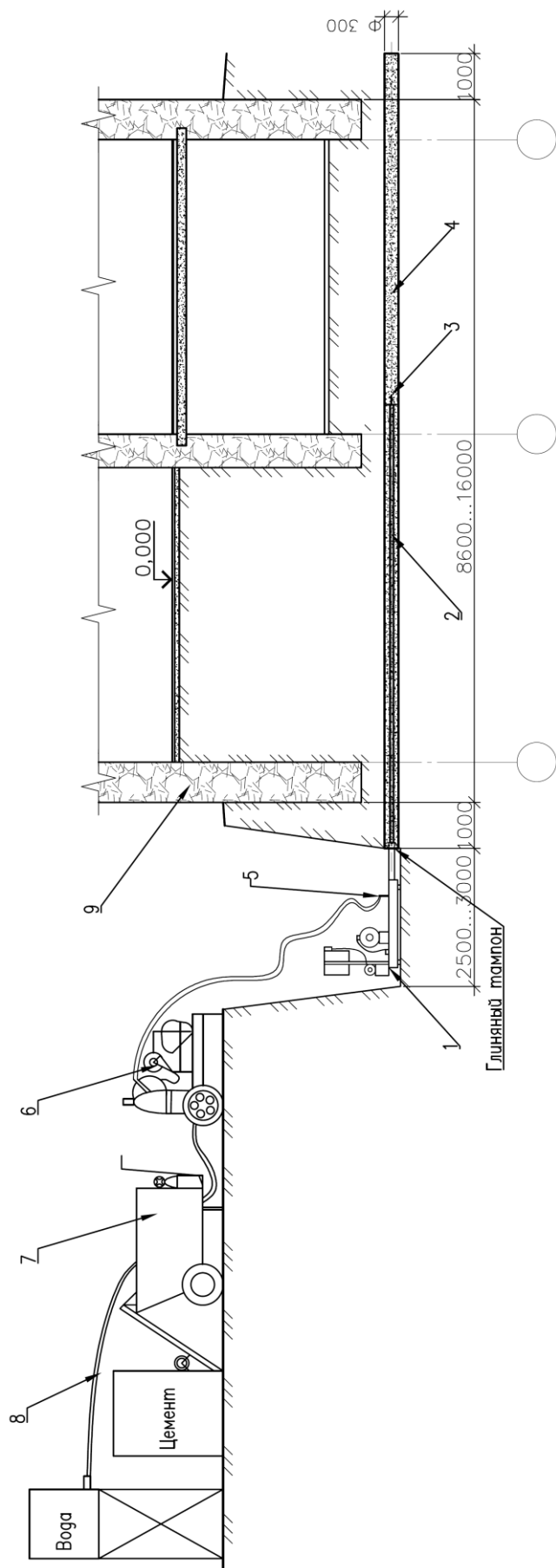


Рис. 1. Технологічна схема горизонтального армування ґрунтів корпусу невідкладної хірургії залізничної лікарні у м. Донецьку:
 1 – буровий верстат; 2 – порожниста штанга; 3 – бурозмішувач; 4 – ґрунтоцементна суміш;
 5 – вертлюг; 6 – розчинонасос; 7 – розчинозмішувач; 8 – гнучкий рукав; 9 – існуючі фундаменти будинку лікарні

Як показало розкриття фундаментів будівлі корпусу при обстеженні залізничної лікарні шляхом шурфування попередніми дослідниками, підшва фундаментів залягає на глибині 1,60...2,60 м від донної поверхні ґрунту, тобто перебуває в зонах розташування шару ІГЕ -2.

Згідно із зробленими раніше інженерно-геологічними вишукуваннями [6] ґрунти ІГЕ-2 представлені суглинками палево-бурими, твердими, із включеннями карбонатів. При замочуванні ґрунти ІГЕ-2 проявляють просадні властивості. Початковий просадний тиск становить 0,1271 МПа. Тип ґрунтових умов за осіданням – перший. Потужність шару просідаючої основи під корпусом лікарні складає до 3,90 м.

У зв'язку зі збільшенням навантажень на конструкції будівлі були виконані розрахунки з визначення величин припустимих і фактично діючих навантажень на найбільш навантажені конструкції, а також конструкції, що мають найменший запас міцності.

У результаті підрахунку навантажень, що фактично діють на момент обстеження, встановлено, що погонне навантаження на стрічкові фундаменти змінюється в діапазоні від 220-350 кН/пог. м.

На підставі виконаних розрахунків основи стрічкових фундаментів встановлено, що:

- середні тиски, що діють по підшві фундаментів, змінюються в діапазоні 275...304 кПа;

- розрахунковий опір основи з урахуванням характеристик ґрунту, який зазнав ущільнення в процесі тривалої експлуатації об'єкта, становить приблизно 300...308 кПа.

У результаті проведених розрахунків встановлено, що рівень напруг у ґрунтах основи об'єкта у цей час практично збігається з розрахунковим опором основи, тобто подальше збільшення тисків по підшві фундаментів може призвести до переходу ґрунтової основи з фази

ущільнення у фазу зрушень, що у свою чергу приведе до виникнення тривалих нерівномірних осідань фундаментів і як наслідок до утворення та розкриття тріщин у стінах і фундаментах будівлі. При цьому необхідно зазначити, що процес тріщиноутворення в несучих конструкціях призводить до зниження жорсткісних характеристик будівлі, який, як ми вже зазначали вище, є високочутливим до нерівномірних деформацій основи і відповідно погіршує умови роботи основи. Зниження жорсткісних характеристик будівлі, тобто її здатність перерозподіляти тиск по підшві фундаментів, веде до подальшого збільшення нерівномірності осідань фундаментів внаслідок нерівномірного навантаження основи майже в 2 рази. Зважаючи на вищевикладене, процес деформування основи (у випадку підвищення навантажень на фундаменти) може стати незгасаючим, а процес тріщиноутворення в стінах – прогресуючим.

Напруги в бутовому муруванні фундаментів під несучі стіни з урахуванням надбудови одного поверху не перевищать розрахунковий опір відкритої бутової кладки і складатимуть орієнтовно 600...700 кПа.

У цілому будинок лікарні на момент обстеження [5] перебував у задовільному стані (друга категорія технічного стану).

При виконанні надбудови третього поверху через підвищення рівня навантаження основи та несучих стін першого поверху (якщо не виконувати робіт з підвищення їх несучої здатності) будинок перейде в стан, непридатний до нормальної експлуатації (третя категорія технічного стану).

Для підвищення несучої здатності основи та зменшення її деформативності вирішено підсилити основу будинку шляхом його горизонтального армування. Вибір цього методу прийнятий на підставі аналізу умов експлуатації об'єкта, інженерно-геологічних умов майданчика,

конструктивної й планувальної схем будинку, умов закладення фундаментів, наявності підвалу під частиною будинку.

На рис. 2 показані фасади корпусу невідкладної хірургії залізничної лікарні до реконструкції й після надбудови третього поверху. На рис. 3 подано загальний вигляд траншеї уздовж стіни будинку, з якої велися роботи з підсилення ґрунтів основи горизонтальними ґрунтоцементними

елементами. На рис. 4 наведений верстат у процесі виробництва обладнання горизонтальних ґрунтоцементних елементів. На рис. 5 подана схема розташування корпусу невідкладної хірургії відносно всієї будівлі залізничної лікарні. На рис. 6 наведена схема розміщення ґрунтоцементних армоелементів під корпусом невідкладної хірургії.



Рис. 2. Фасади корпусу невідкладної хірургії залізничної лікарні до реконструкції (фото ліворуч) і після надбудови третього поверху (фото праворуч)



Рис. 3. Загальний вигляд траншеї уздовж стіни будинку



Рис. 4. Верстат для обладнання горизонтальних ґрунтоцементних елементів

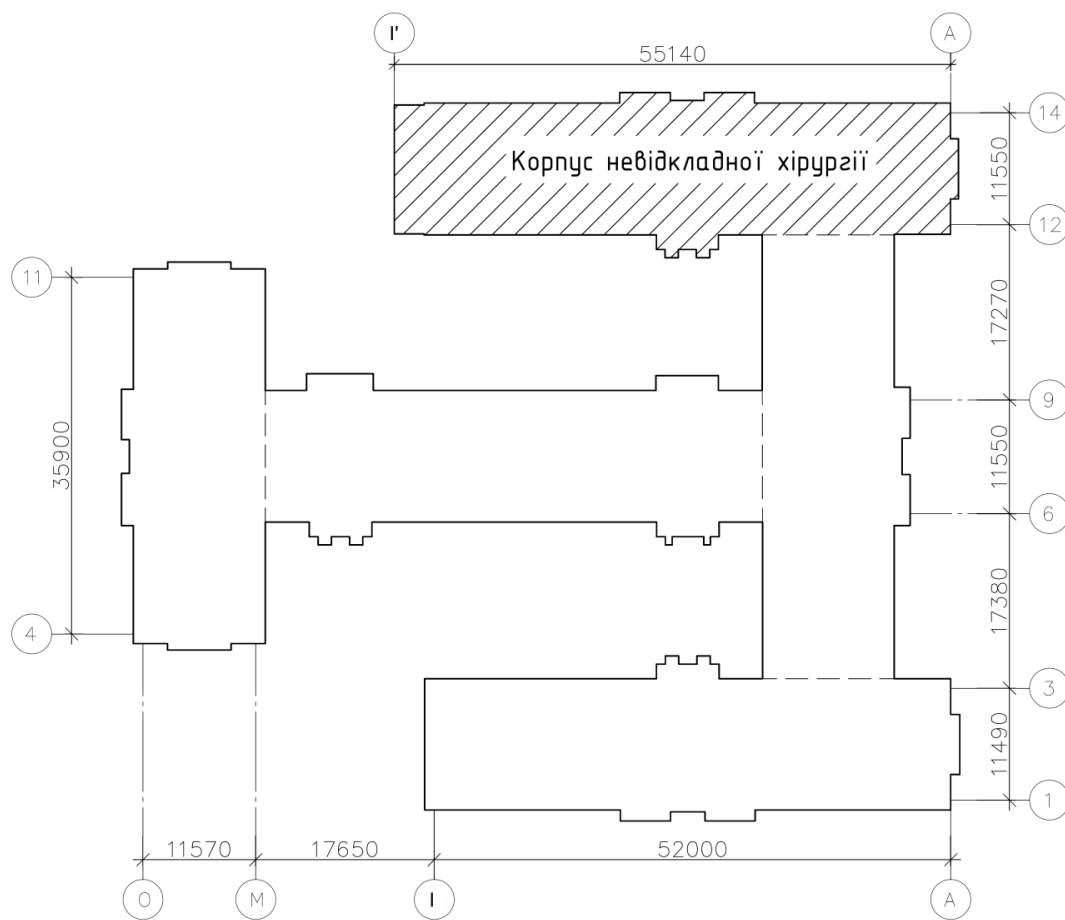


Рис. 5. Схема розташування корпусу невідкладної хірургії відносно всієї будівлі залізничної лікарні

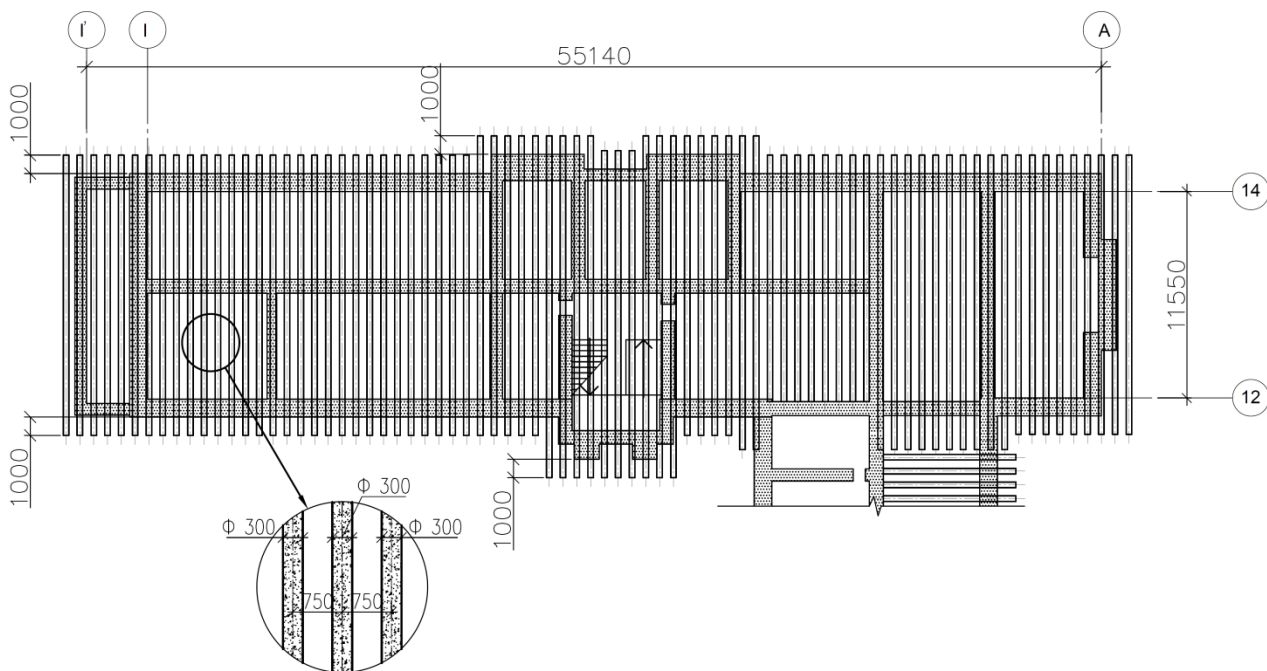


Рис. 6. Схема розміщення ґрунтоцементних армоелементів під корпусом невідкладної хірургії

Список використаних джерел

1. ДБН В.1.1-5-2000. Будинки й споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах [Текст] // Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України: в 2 ч. Ч. II: Будинки й споруди на просідаючих ґрунтах. – К.: Держбуд України, 2000. – 84 с.
2. Губкін, В.А. Посилення підстав і фундаментів при реконструкції будинків і споруджень [Текст] / В.А. Губкін, Н.Б. Соловйов, В.Г. Голиков // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: НДІБК, 2008. – Вип. 53. – Кн. 1. – С. 89-94.
3. Степура, І.В. Горизонтальне армування ґрунтів в основах будинків [Текст] / І.В. Степура, В.С. Шокарев, А.В. Павлов [і др.] // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: НДІБК, 2007. – Вип. 66. – С. 34-41.
4. Патент України №42283, Е 21В3/00. Установка для проходки в ґрунтах [Текст] / Степура І.В., Шокарев В.С., Павлов А.В., Самченко Р.В., Трегуб А.С., Степура С.І. (Україна). – № u200901349; заявл. 18.02.2009, Бюл. № 12. – 2009. – 6 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор А.А. Пługін

Нечаєв Кирило Володимирович, інженер, запорізьке відділення державного підприємства «Науково-дослідницький інститут будівельних конструкцій»).

Ісмагілов Андрій Олегович, канд. техн. наук, доцент.

Nechaev K.V., cand. of techn. sciences Ismagilov A.O.

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 629.423.31

МІКРОПРОЦЕСОРНЕ КЕРУВАННЯ ЧАСТОТНИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ

А.О. Габінський, канд. техн. наук С.Г. Буряковський

МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЧАСТОТНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

А.А. Габинский, канд. техн. наук С.Г. Буряковский

MICROPROCESSOR CONTROL FREQUENCY CONVERTERS

A.A. Habinsky, cand. of techn. sciences S.G. Buryakovskyy

Цифрова реалізація системи керування електроприводом потребує від обчислювача високої продуктивності, у результаті чого більшість приводів зарубіжних фірм виконано на процесорах цифрової обробки сигналів. Майже всі із таких мікропроцесорів мають на своєму кристалі підсистему вводу аналогових сигналів, велику кількість дискретних входів/виходів, таймери, апаратний широтно-імпульсний модулятор для інвертора. Перетворювач частоти виконаний на базі дворівневого інвертора напруги з використанням IGBT транзисторів.

Ключові слова: електропривод, мікропроцесор, сигнал, модулятор, інвертор, фазна напруга, асинхронний двигун, транзистор, перетворювач.

Цифровая реализация системы управления электроприводом требует от вычислителя высокой производительности, в результате чего большинство приводов зарубежных фирм выполнены на процессорах цифровой обработки сигналов. Почти все из таких микропроцессоров имеют на своем кристалле подсистему ввода аналоговых сигналов, большое количество дискретных входов/выходов, таймеры, аппаратный широтно-импульсный модулятор для инвертора. Преобразователь частоты выполнен на базе двух уровневого инвертора напряжения с использованием IGBT транзисторов.

Ключевые слова: электропривод, микропроцессор, сигнал, модулятор, инвертор, фазное напряжение, асинхронный двигатель, транзистор, преобразователь.

Digital implementation of the control system electric calculator requires high performance, resulting in the majority of occasions foreign companies executed on Digital Signal Processor. Almost all of these microprocessor shave on your chip subsystem input analog signals, a large number of discrete I / O, timers, hardware pulse-width modulator for an inverter. Frequency converter is made on a two-level voltage inverter using IGBT transistors.

Keywords: elktropryvid, microprocessor, signal, modulator, inverter, phase voltage, induction motor, tranny, converter.

Масове поширення керованих приводів на базі силових перетворювачів частоти викликало появу цілого ряду спеціалізованих мікропроцесорів, орієнтованих для роботи в таких пристроях.

Цифрова реалізація системи керування електроприводом потребує від обчислювача високої продуктивності, в результаті чого більшість приводів зарубіжних фірм виконано на процесорах цифрової обробки сигналів. Майже всі із таких мікропроцесорів мають на своєму кристалі підсистему вводу аналогових сигналів, велику кількість дискретних входів/виходів, таймери, апаратний широтно-імпульсний модулятор (ШІМ) для інвертора.

Перетворювач частоти можемо виконати на базі дворівневого інвертора напруги. Такий інвертор напруги реалізується на базі IGBT транзисторів. Нумерація ключів та принцип їх переключення показано на рис. 1 та 2 відповідно. На виході такого АІН формується двоступенева на половинному значенні періоду загальна крива фазної напруги.

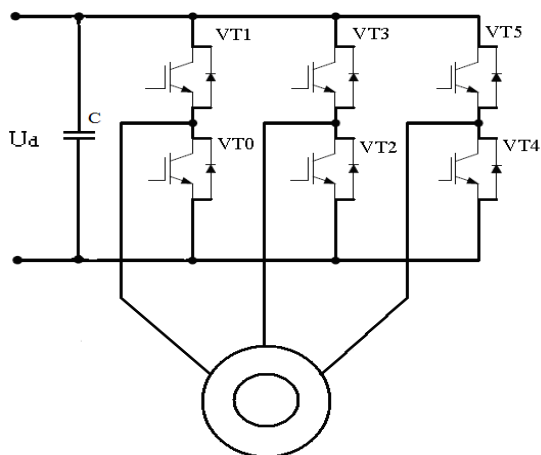


Рис. 1. Трифазний дворівневий мостовий інвертор напруги

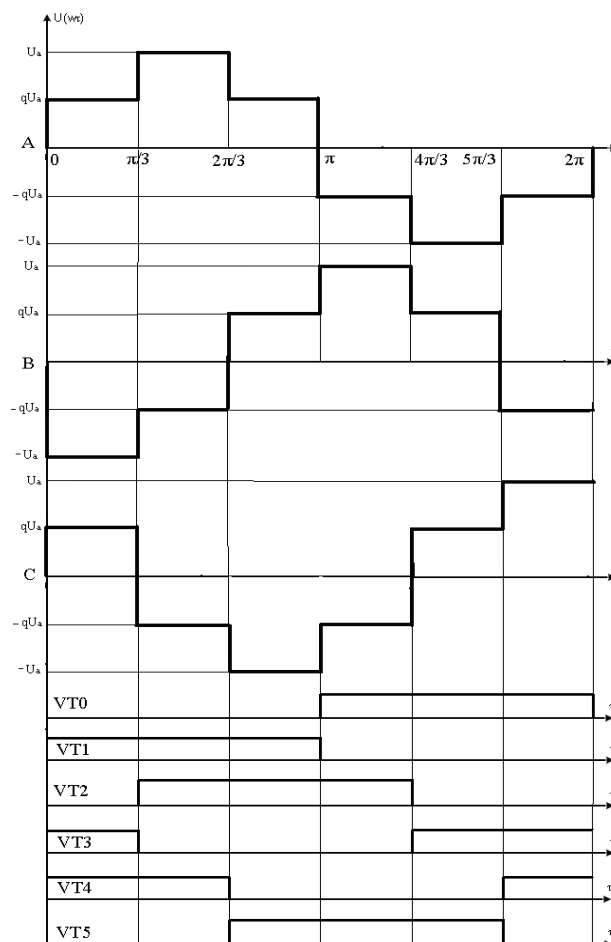


Рис. 2. Принцип керування дворівневого АІН

На рис. 3 показано схемне виконання системи керування інвертором. На входи 10, 12-14 подається постійна напруга від випрямляча та згладжуючого фільтра. Виходи 2, 5, 8 приєднуються до трифазного асинхронного двигуна. За допомогою входів 15-16 через драйвер ІС здійснюється подача сформованих імпульсів на відповідні ключі інвертора (HIN1-3 – управління ключами високого рівня; LIN1-3 – управління ключами низького рівня). На входи 22, 23 подається живлення самого драйвера.

Систему керування побудуємо на базі мікропроцесора. Сучасні мікропроцесори мають складну структуру та містять велику кількість електронних елементів та компонентів з великою кількістю зв'язків між ними.

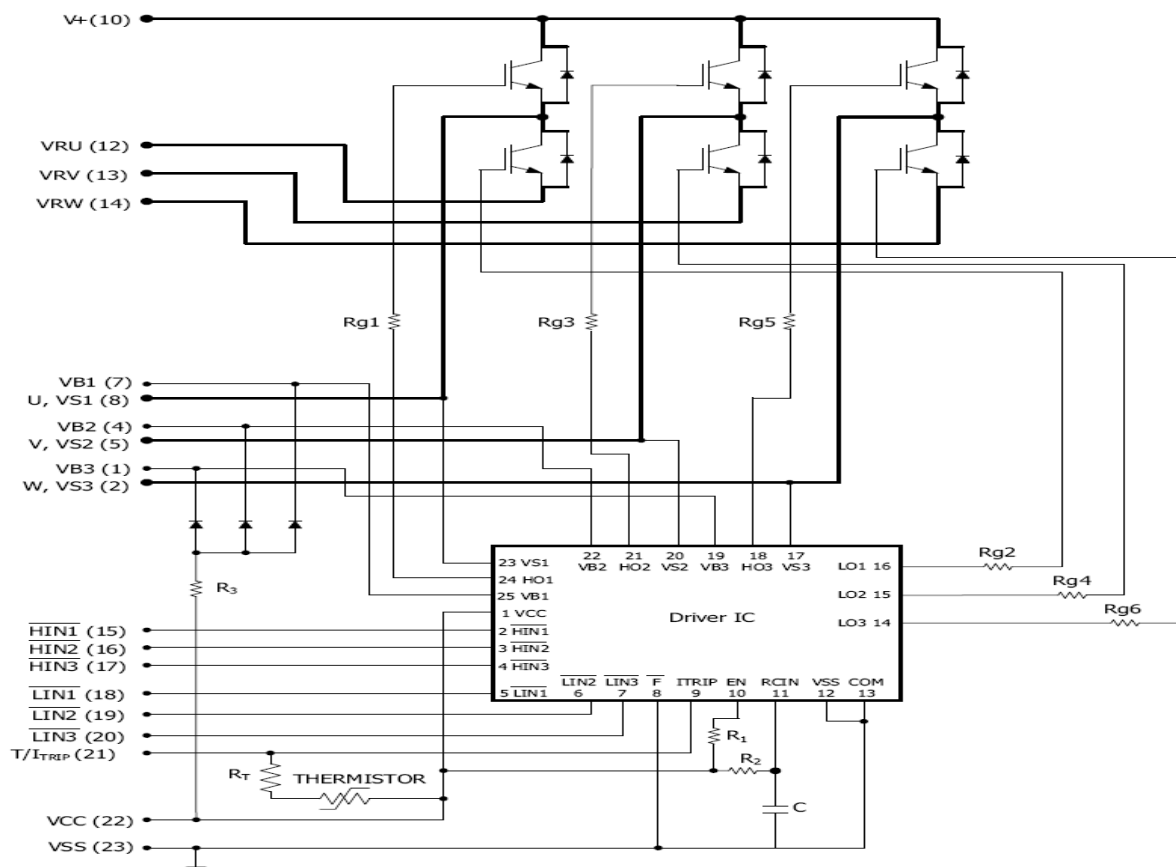


Рис. 3. Схемне виконання системи керування інвертором

Для цього візьмемо мікроконтролер американської фірми Microchip pic18x2431 (рис. 4).

Цей мікроконтролер містить: арифметично-логічний пристрій (АЛП); регістр загального призначення; регістр

ознак; регістр для підрахунку команд; аналого-цифровий перетворювач (АЦП); три порти вводу-виводу А, В, С; три таймери; регістри скидання; спеціальний регістр настройки ШІМ.

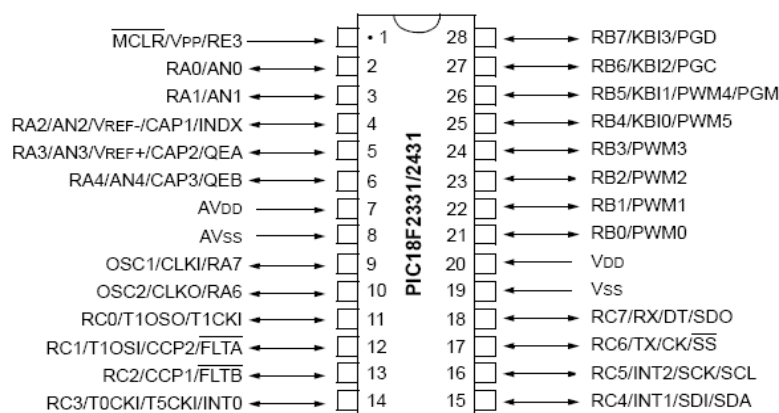


Рис. 4. Мікроконтролер pic18x2431

Даний мікроконтролер має 28 ніг (выводів). Із них 24 ноги використовуються для вводу або виводу інформації. При певній настройці мікроконтролера ноги 2-5 можуть бути використані як аналогові входи. Живлення мікроконтролера підводиться на ноги 19 та 20 (- та + відповідно). Величина напруги – +5 В.

Для того, щоб прошити мікроконтролер заздалегідь написаною для нього програмою, необхідний спеціальний мікрочипівський програматор. Ноги 1, 19, 20, 27 та 28 припадають до п'ятижильної шини, яку в свою чергу приєднують до програматора. Інший його вихід вводять в USB-вхід комп'ютера.

Ноги 21-26 підключають до відповідних виводів драйвера. Керування

частотою обертання ротора асинхронного двигуна будемо здійснювати шляхом зміни величини фазної напруги та її частоти, зберігаючи при цьому основний закон частотного управління ($\frac{U}{f} = \text{const}$ -- змі-

нювати величину напруги необхідно пропорційно до зміни її частоти). Регулювання напруги здійснюємо завдяки ШІМ, як показано на рис. 5.

Збільшуючи величину імпульсу на одному і тому ж періоді ШІМ ми одночасно збільшуємо середнє значення вихідної напруги. Частоту можна регулювати завдяки інтенсивності переключення ключів (в мікроконтролері – це інтенсивність скидання таймера).

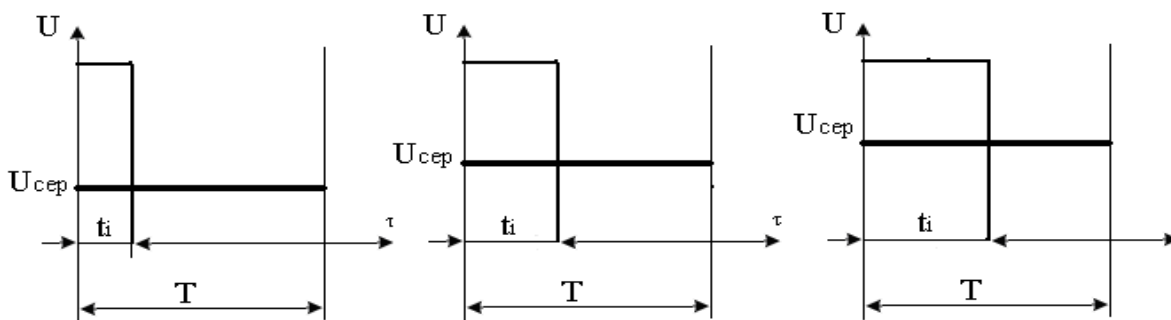


Рис. 5. Діаграма регулювання напруги

Список використаних джерел

1. Андреев, В.П. Основы электропривода [Текст]: учебник / В.П. Андреев, Ю.А. Сабинин. – М.: ГОСЭНЕРГОИЗДАТ, 1963. – 772 с.
2. Бурков, А.Т. Электронная техника и преобразователи [Текст]: учеб. для ВУЗов ж.-д. трансп. / А.Т. Бурков. – М.: Транспорт, 1999. – 464 с.
3. Ключев, В.И. Теория электропривода [Текст] / В.И. Ключев. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 560 с.
4. Теория электрической тяги [Текст] / В.Е. Розенфельд, И.П. Исаев, Н.Н. Сидоров, М.И. Озеров; под ред. И.П. Исаева. – М.: Транспорт, 1995. – 294 с.
5. Чиликин, М.Г. Общий курс электропривода [Текст] / М.Г. Чиликин, А.С. Сандлер. – М.: Энергоиздат, 1981. – 567 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор А.П. Фалендиш

Габінський Артем Олександрович, слухач ІППК, гр. МЗ-ЕТ-Б-11.

Буряковський Сергій Геннадійович, канд. техн. наук, доц. кафедри автоматизованих систем електричного транспорту.

Habinskyu A.A., Buryakovskyy S.G., cand. of techn. sciences.

УДК 629.423.31

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОКОНТРОЛЕРА ЯК ЕЛЕМЕНТА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ТЯГОВИМ ДВИГУНОМ

Д.В. Павелко, канд. техн. наук С.Г. Буряковський

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОКОНТРОЛЛЕРА КАК ЭЛЕМЕНТА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМИ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Д.В. Павелко, канд. техн. наук С.Г. Буряковский

APPLICATION NEUROCONTROLLER AS ELEMENTS CONTROL SYSTEM ASYNCHRONOUS TRACTION MOTORS

D.V. Pavelko, cand. of techn. sciences S.G. Buryakovskyy

В даний час стає актуальним застосовувати нейроконтролери в системах керування асинхронними тяговими двигунами, що спеціалізуються на нейронних мережах. При модернізації тягового рухомого складу є необхідність у швидкодії процесів для керування асинхронними двигунами. Дані системи керування на нейроконтролерах підтримують стабільну роботу асинхронних двигунів і рухомого складу в цілому.

Ключові слова: нейроконтролер, нейронна мережа, програмне забезпечення, двійковий файл, перехідний процес.

В настоящее время становится актуально применять нейроконтроллеры в системах управления асинхронными тяговыми двигателями, специализирующиеся на нейронных сетях. При модернизации тягового подвижного состава есть необходимость в быстроедействии процессов для управления асинхронными двигателями. Данные системы управления на нейроконтроллерах поддерживают стабильную работу асинхронных двигателей и подвижного состава в целом.

Ключевые слова: нейроконтроллер, нейронная сеть, программное обеспечение, двоичный файл, переходный процесс.

Currently neurocontroller is actually applied in the control of asynchronous traction motors, specializing in neural networks. When upgrading traction rolling stock is a need for processes to speed control of asynchronous motors. The data management system to support the neurocontroller stable operation of induction motors and rolling stock in general.

Keywords: neurocontroller, neural network software, binary; transition process.

Останніми десятиліттями у світі бурхливо розвивається нова прикладна галузь математики, що спеціалізується на штучних нейронних мережах (НМ). Актуальність досліджень у цьому напрямі підтверджується масою різних застосувань НМ. Це автоматизація процесів розпізнавання образів, адаптивне

управління, апроксимація функціоналів, прогнозування, створення експертних систем, організація асоціативної пам'яті і багато інших застосувань.

Хоча існуючі методи синтезу систем автоматичного управління електроприводами, як, наприклад, модальне управління, дозволяють створювати

системи з достатньо високими показниками регулювання, їх практична реалізація пов'язана з технічними труднощами. Цілком природна ідея замінити використовувані лінійні регулятори нелінійними, які при меншому числі сигналів від вимірюваних координат забезпечували б необхідну вихідну дію, що управляла, для об'єкта регулювання. Таку

можливість забезпечує нелінійний регулятор, що реалізовується у вигляді нейроконтролера, який є нейронною мережею, що функціонує за принципом біологічних нейронних мереж.

На рис. 1 показана схема використання нейроконтролера для управління об'єктом по командах $U_z(k)$, у дискретні моменти часу.

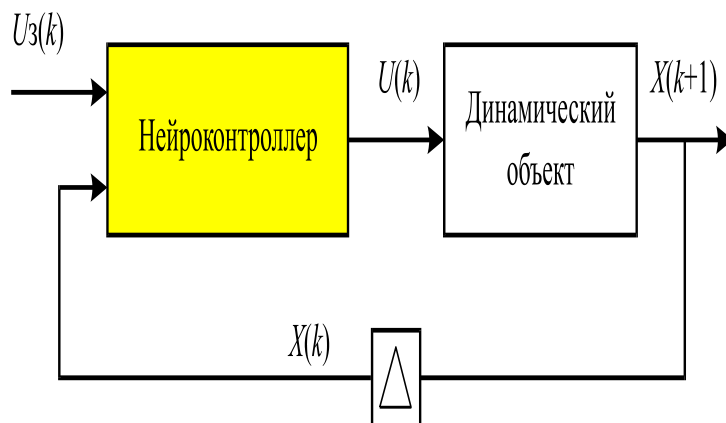


Рис. 1. Управління об'єктом за допомогою нейроконтролера

Мета навчання — додання нейроконтролеру здатності виробляти послідовність дій $U(k)$, які управляють, що переводить об'єкт з довільного початкового стану в заданий кінцевий стан за кінцеве число кроків. Алгоритм зворотного розповсюдження помилки цілком придатний для цієї мети, але він вимагає інформації про помилку на вихідному шарі ІНМ.

Для синтезу нейроконтролера використовується таке програмне забезпечення:

- Borland Delpfi 7.0 для розрахунку системи диференціальних та алгебраїчних рівнянь, що описує асинхронну машину і створення на базі цього розв'язання dll-бібліотеки, в якій містяться дані щодо безпосередньо самого розв'язку, критерію похибки та параметрів нейронної мережі.

- Mendel 4 для розрахунку вагових коефіцієнтів нейронів методом генетичного алгоритму, що записуються до файла звіту у форматі INI.

- RepToMfile для конвертування файла звіту з формату INI до формату mat.

- Matlab 6.5 для моделювання нейроконтролера та зв'язку його з моделлю асинхронного двигуна.

Програма для спрощення користування розбита на декілька модулів. Кожен з них виконує одну чи декілька функцій. Основним є модуль «Lokomotiv.dpr». В ньому задана кількість нейронів вхідного, прихованого та вихідного шару, що обробляє інформацію від приєднаних блоків «DeCodeParam.» «Globals» та «TestSystem» і готує її для обробки в «Mendel 4».

```
//Расчет правых частей диф. уравнений
RP6 := RP5;
RP5 := RP4;
RP4 := RP3;
RP3 := RP2;
RP2 := RP1;

//
Uas := 1870*sqrt(2)*cos(2*pi*5*Unc*Time);
Ubs := -(1870*sqrt(2)*sin(2*pi*5*Unc*Time));
//
RightPart(Unc, X, RP1);
//Метод Адамса
ADAMS(X);
//Вычисление ошибки
Error;
if MSE > 1e20 then
begin
    Result := 1e20;
    Exit;
end;
end;
Result := MSE/Tmax;
end;

end.
```

Даний блок реалізує розрахунок системи диференціальних та алгебраїчних рівнянь, що описують асинхронний двигун методом Адамса четвертого порядку.

Вказується кількість диференціальних рівнянь у системі, а сама вона записується за формою Коші. Виконується розрахунок критерію якості перехідного процесу.

```
//Гиперболический тангенс
function Tanh(const X: double): double;
begin
    if X > 15 then Result := 1.0
    else if X < -15 then Result := -1.0
    else
        begin
            Result := Exp(X);
            Result := Result*Result;
            Result := (Result - 1.0)/(Result + 1.0);
        end;
    end;
end;

//Гиперболический тангенс над элементами матрицы
function MatrixTanh(const M: TMatrix): TMatrix;
var i, j: longint;
begin
    try
        SetLength(Result, GetRowMatrix(M), GetColMatrix(M));
        for i := 0 to GetRowMatrix(M)-1 do
            for j := 0 to GetColMatrix(M)-1 do Result[i, j] := Tanh(M[i, j]);
        except
            Result := Nil;
        end;
    end;
end;

end.
```

Цей блок оперує з матрицями вагових коефіцієнтів нейроконтролера.

```
unit TestSystem;

interface

//Функция расчёта критерия качества переходного процесса
function ContrTest: double;

implementation

uses AdamsMethod;

//Функция расчёта критерия качества переходного процесса
function ContrTest: double;
const Amp = 1; //Амплитуда сигнала управления, можно задавать несколько разных сигналов
begin
    Result := IntegrSystem(Amp);
end;

end.
```

Блок «TestSystem» задає спосіб розрахунку перехідного процесу шляхом задання кількості сигналів керування. У фіналі при запуску програми отримуємо dll-бібліотеку lokomotiv.dll, що розміщується у попередньо створеному каталозі TASK.

Далі виконуємо такі дії:

Запускаємо Mendel і створюємо новий проект, вказавши в ньому як dll-файл бібліотеку lokomotiv.dll. Настроюємо параметри генетичного алгоритму: кількість особин – 10, вибираємо відсоток кросоверів, мутацій і т. д., запускаємо завдання. У секції [параметри] файла звіту містяться параметри нейроконтролера, синтезованого за допомогою Mendel. По цій секції створюємо файл для Matlab або текстовий, або двійковий (NC.mat). Для створення двійкового файла

використовуємо програму RepToMfile.exe. Запускаємо Matlab 6.5 Simulink і відкриваємо в ньому файл AD914.mdl (модель для дослідження асинхронного двигуна). Запускаємо модель AD914.mdl на розрахунок, отримуємо перехідні процеси в системі з нейроконтролером.

Результати моделювання, наведені на рис. 2, 3, 5, 6, показують, що бажаний критерій оптимізації – скорочення часу перехідного процесу – досягнуто, проте оскільки для спрощення програми в модулі «TestSystem» амплітуда сигналу управління задана одним значенням (якість перехідного процесу), то величина пускового моменту не втримується в потрібних межах; незважаючи на це, результати можна визнати успішними, оскільки характер процесу збігається із потрібним.

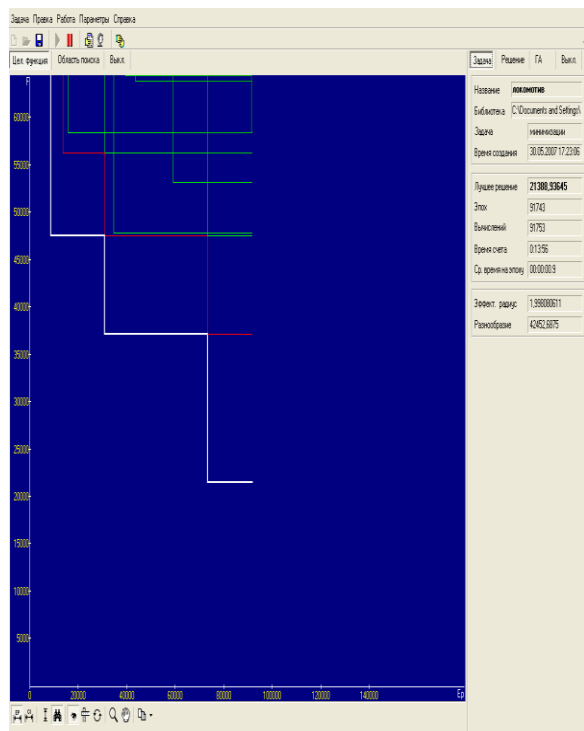


Рис. 2. Пошук параметрів
нейроконтролера за допомогою Mendel 4

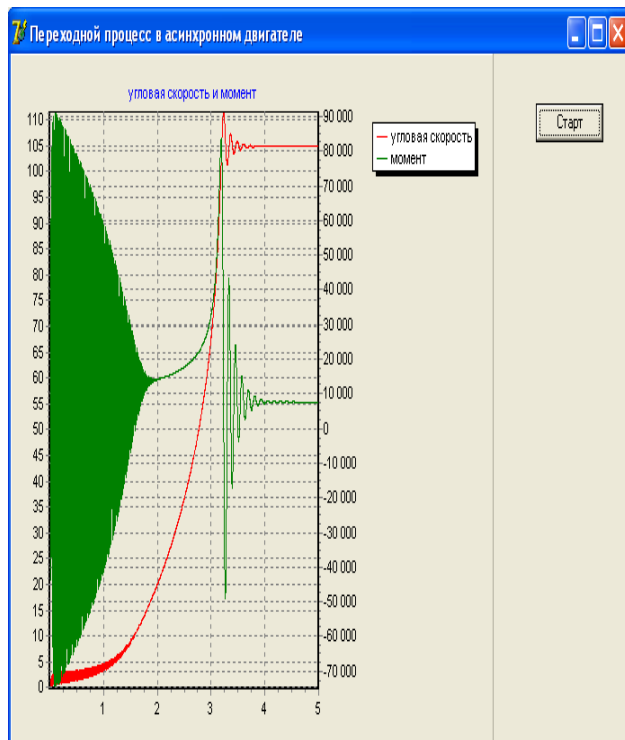


Рис. 3. Перехідні процеси в системі ПЧ-АД

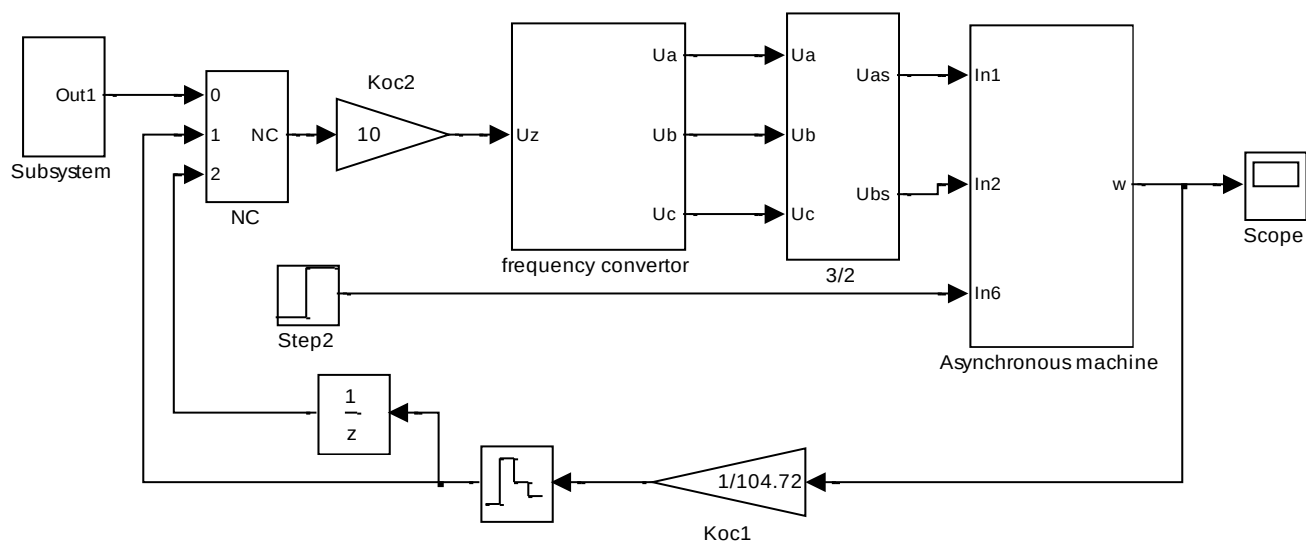


Рис. 4. Математична модель, на якій досліджувався нейроконтролер як елемент системи керування тяговим асинхронним електродвигуном

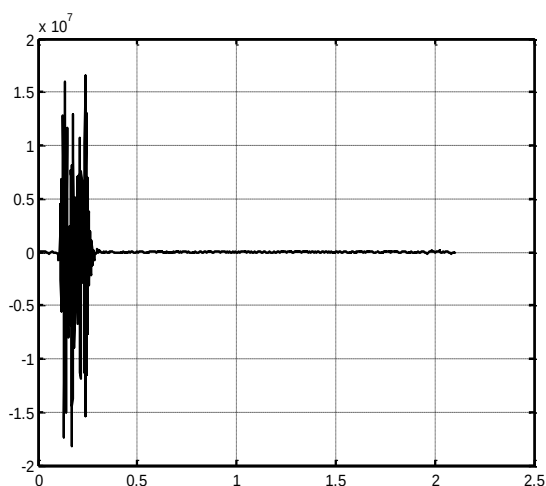


Рис. 5. Осцилограма моменту двигуна

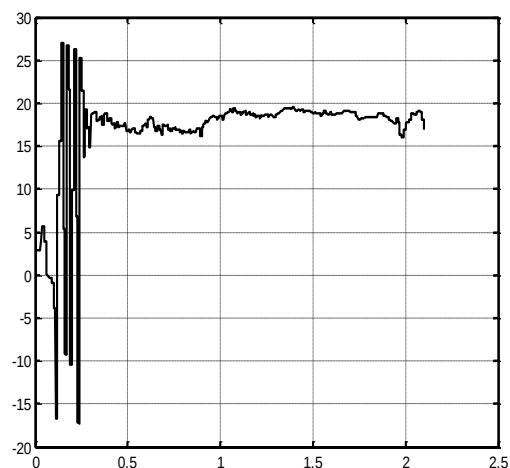


Рис. 6. Осцилограма закону керування

Список використаних джерел

1. Андреев, В.П. Основы электропривода [Текст]: учебник / В.П. Андреев, Ю.А. Сабинин. – М.: ГОСЭНЕРГОИЗДАТ, 1963. – 772 с.
2. Бурков, А.Т. Электронная техника и преобразователи [Текст]: учеб. для ВУЗов ж.-д. трансп. / А.Т. Бурков. – М.: Транспорт, 1999. – 464 с.
3. Ключев, В.И. Теория электропривода [Текст] / В.И. Ключев. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 560 с.
4. Теория электрической тяги [Текст] / В.Е. Розенфельд, И.П. Исаев, Н.Н. Сидоров, М.И. Озеров; под ред. И.П. Исаева. – М.: Транспорт, 1995. – 294 с.
5. Чиликин, М.Г. Общий курс электропривода [Текст] / М.Г. Чиликин, А.С. Сандлер. – М.: Энергоиздат, 1981. – 567 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор А.П. Фалендиш

Павелко Дмитро Володимирович, слухач гр. МЗ-ЕТ-Б-11.

Буряковский Сергій Геннадійович, канд. техн. наук, доц. кафедри автоматизованих систем електричного транспорту.

Pavelko D.V., Buryakovskyy S.G. cand. of techn. sciences

УДК 621.3.017:621.331

ДО ПИТАННЯ РОЗРОБЛЕННЯ СТАТИЧНОГО ФАЗОРОЗЩЕПЛЮВАЧА ЕЛЕКТРОВОЗА ЗМІННОГО СТРУМУ

М.В. Василенко

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ СТАТИЧЕСКОГО ФАЗОРАСЩЕПИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОВОЗА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

М.В. Василенко

THE PROBLEM OF DEVELOPMENT STATIC FAZOROZSCHEPLYUVACHA AN ELECTRIC ALTERATING CURRENT

M.V. Vasilenko

Наведено узагальнені матеріали зі створення фазорозщеплювача електровоза змінного струму на базі статичних перетворювачів, а саме однофазного випрямляча струму з автономним інвертором напруги, побудованих на IGBT-модулях.

Ключові слова: фазорозщеплювач, перетворювач власних потреб, енергозбереження.

Представлены обобщенные материалы по созданию фазорасщепителя электровоза переменного тока на базе статических преобразователей, а именно однофазного выпрямителя тока с автономным инвертором напряжения, построенных на IGBT-модулях.

Ключевые слова: фазорасщепитель, преобразователь собственных нужд, энергосбережение.

Generalized materials on creation of phase splitter are presented In article electric locomotive of alternating current on base static transformers, namely monophase rectifier of current with the autonomous inverting of tension built on IGBT-modules.

Keywords: fazorozscheplyuvach, auxiliary transformer, energy saving.

Постановка проблеми. Важливе місце в загальному комплексі електрообладнання сучасного і перспективного електрорухомого складу посідають низьковольтні споживачі, споживачі власних потреб. Без економічних, ефективних і надійних в експлуатації джерел живлення споживачів власних потреб, об'єднаних загальним терміном – бортові системи живлення, – неможливо вирішити завдання технічного переозброєння магістрального електрорухомого складу [1].

На електровозах змінного струму для приводу допоміжних машин застосовані асинхронні трифазні двигуни, що одержують живлення від електромашинних

перетворювачів, що містять двигуни змінного струму й трифазні асинхронні генератори. Ці електромашинні перетворювачі мають велику масу й габарити й обумовлені цим високі моменти інерції, досить низький (70-75%) коефіцієнт корисної дії й невисоку надійність.

Крім цих недоліків, електромашинні перетворювачі характеризуються підвищеними рівнями шумів і вібрацій, що знижують комфортабельність, а також значними витратами на технічне обслуговування й ремонт.

Одним з таких перетворювачів є асинхронний розщеплювач фаз (фазорозщеплювач).

Досягнення сучасної силової напівпровідникової електроніки дають змогу вказану проблему перевести в русло практичної реалізації і тим самим створити принципово нові економічні та високонадійні бортові системи живлення.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. Створенню схемотехнічних рішень перетворювачів власних потреб електровозів на базі статичних перетворювачів присвячено багато праць, але в них застосовують некеровані діодні мостові випрямлячі [2].

У керованих вентильних перетворювачах використовуються транзистори, які дають змогу змінювати напругу перетворювача.

Мета роботи. Створення фазорозщеплювача електровоза змінного струму на базі статичних перетворювачів.

Основний матеріал. На електровозах змінного струму застосовують такі допоміжні машини: мотор-компресор, мотор-вентилятор, мотор-насос, розщеплювач фаз, генератори управління. Як фазорозщеплювач застосовують асинхронний розщеплювач фаз НБ-455А, призначений для перетворення однофазної напруги, яка знімається з обмотки власних потреб силового трансформатора, в трифазну систему напруги 380 В [3].

Навантаження фазорозщеплювача під час роботи не залишається постійним, а змінюється за рахунок ввімкнення і вимкнення допоміжних машин. Крім того, змінюється напруга контактної мережі. Усе це призводить до того, що допоміжні машини практично завжди отримують несиметричне живлення зі змінною величиною напруги.

Основними видами причин виходу з ладу фазорозщеплювача є: пробій ізоляції обмоток статора, пошкодження підшипникового вузла, виводів та вентиляторів фазорозщеплювача.

Останнім часом у зв'язку з розвитком напівпровідникових приладів можливе застосування перетворювачів частоти для управління допоміжними машинами. Це дає змогу удосконалити перетворювач однофазного струму, перевести його в трифазний і відмовитися від застосування громіздкого і технічно застарілого фазорозщеплювача.

Перетворювачі частоти призначені для того, щоб перетворити змінну напругу однієї частоти в напругу іншої частоти. Розрізняють перетворювачі частоти з ланкою постійного струму та безпосередні перетворювачі частоти.

Структурна схема перетворювача частоти із ланкою постійного струму наведена на рис. 1. Вона містить джерело живлення, випрямляч (первинна ланка перетворювача), автономний інвертор (вторинна ланка) та навантаження. Джерелом, в нашому випадку, є виводи з вторинної обмотки тягового трансформатора. Між випрямлячем та автономним інвертором міститься проміжна ланка постійного струму, яка навантаженню не потрібна, а призначена для вирішення внутрішніх задач перетворення. Введення проміжної ланки постійного струму дає змогу розширити діапазон вихідних частот та спростити як силову схему, так і систему керування за рахунок розділення функцій на більш прості (між випрямлячем та інвертором).

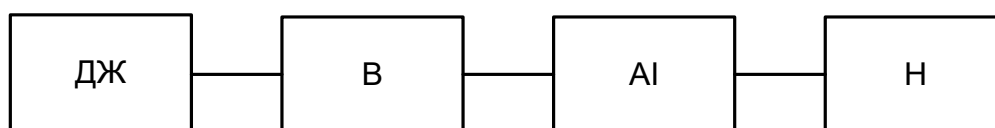


Рис. 1. Структурна схема перетворювача

У структурній схемі (рис. 1) змінна напруга джерела випрямляється та надходить в проміжну ланку постійного струму. В цій ланці встановлюється ємнісний фільтр C_d , який одночасно є вихідним фільтром випрямляча та входним фільтром інвертора. Автономний інвертор напруги перетворює постійну напругу проміжної ланки в змінну напругу потрібної частоти, яка живить навантаження.

Як випрямляч, обираємо випрямляч струму, який дає змогу споживати струм, що наближається за формою до синусоїди, яка збігається за фазою з напругою. В

результаті можна одержати коефіцієнт потужності не нижче 0,98, що відповідає новому європейському стандарту на якість електроенергії [4].

Схема однофазного мостового випрямляча струму наведена на рис. 2. Вона містить вторинну обмотку тягового трансформатора, як джерело змінної напруги, входний фільтр L , мостовий комутатор на базі IGBT-модулів 1-4, вихідний фільтр C_d , L_p , C_p та навантаження Z_n , а це асинхронний двигун, який підключається через автономний інвертор напруги.

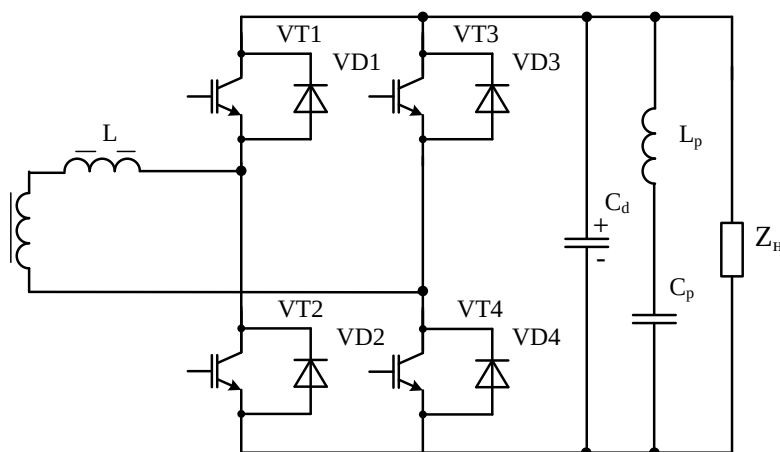


Рис. 2. Однофазний мостовий випрямляч струму

Автономні інвертори напруги (АІН) (рис. 3) формують в навантаженні напругу, а форма і фаза струму залежать від характеру навантаження [4].

Джерело живлення АІН працює в режимі генератора напруги. На його вході ставиться конденсатор достатньо великої ємності для забезпечення провідності джерела постійної напруги у зворотному напрямку. Це необхідно, коли в складі навантаження є реактивні елементи будь-якого типу. Конденсатор C виконує функції фільтра вищих гармонік струму, так як по ньому протікає різниця між входним та постійним в межах напівперіодів входним

струмом. Інвертор напруги може працювати в режимі холостого ходу. Працездатність АІН в режимі, близькому до короткого замикання, визначається комутаційними властивостями повністю керованих вентилів.

АІН працездатні, мають малі зміни форми кривої та величини вихідної напруги при зміні вихідної частоти в широких межах. Таким чином, трифазний мостовий інвертор дає змогу одержати симетричну трифазну систему вихідних напруг, яка потрібна для створення обертового магнітного поля у двигуні.

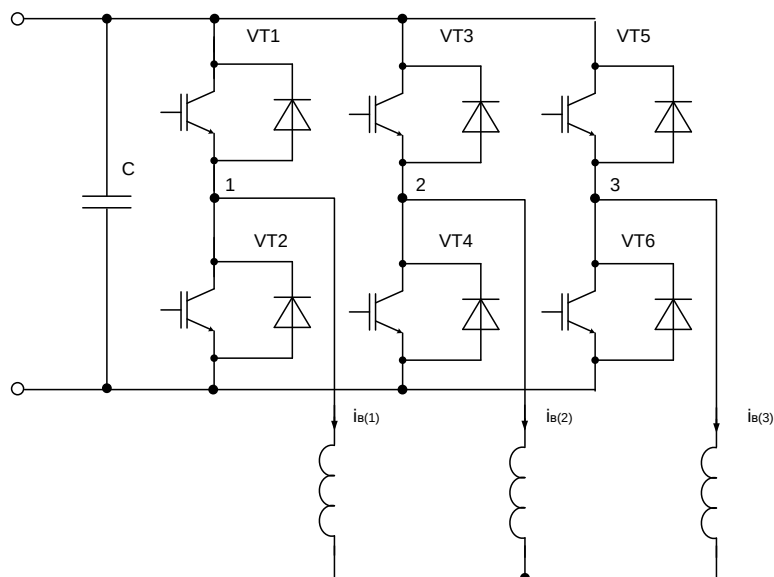


Рис. 3. Трифазний мостовий інвертор напруги

Висновки. Аналізуючи запропоновані схеми для живлення допоміжних машин електровоза змінного струму, а саме випрямляч струму з автономним інвертором напруги, можна зробити

висновок, що застосування такого перетворювача на електрорухомому складі залізниць обумовилось завдяки появі цілком керованих напівпровідникових приладів.

Список використаних джерел

1. Малютин, В.А. Анализ построения тягового и вспомогательного преобразовательного оборудования современного ЭПС [Текст] / В.А. Малютин, В.В. Литовченко, П.Ф. Грибанов, Ю.И.Талья // Электрическая тяга на рубеже веков": тр. ВНИИЖТ. – М.: Интекст, 2000. - С. 130-150.
2. Пронин, М.В. Силовые полностью управляемые полупроводниковые преобразователи (моделирование и расчет) [Текст] / М.В. Пронин, А.Г. Воронцов. – С.Пб: Электросила, 2003. – 172 с.
3. Бондаренко, Б.Р. Электровоз ВЛ-80т [Текст]: руководство по эксплуатации / Б.Р. Бондаренко. – М.: Транспорт, 1977. – 568 с.
4. Статичні перетворювачі тягового рухомого складу [Текст]: навч. посібник / за ред. Ю.П. Гончарова. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2004. –185 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор Я.В. Щербак

Василенко Максим Володимирович, слухач ІППК, гр. МЗ-ЕТ-Б-11.

Vasilenko M.V.

УДК 629.424.4

ПОБУДОВА МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДА ДЕЛ-02 ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ГАЛЬМУВАННЯ

В.С. Дяченко, асп. О.О. Шкурпела, канд. техн. наук С.І. Яцько

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ДИЗЕЛЬ-ПОЕЗДА ДЕЛ-02 ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ ТОРМОЖЕНИЯ

В.С. Дьяченко, асп. А.А. Шкурпела, канд. техн. наук С.И. Яцко

BUILDING A MODEL TRANSMISSION TRAINS DEL-02 FOR RESEARCH BRAKING MODE

V.S. Dyachenko, postgraduate A. Shkurpela, cand. of techn. sciences S. Yatsko

Розглянуто актуальне питання визначення основних підходів до розроблення математичної моделі тягової електропередачі дизель-поїзда ДЕЛ-02 для проведення дослідження як штатних, так і нештатних режимів її роботи з метою покращення технічних та експлуатаційних характеристик дизель-поїзда.

Ключові слова: електропередача, дизель-поїзд, асинхронний тяговий електродвигун, математична модель, холостий хід, коротке замикання.

Рассмотрен актуальный вопрос определения основных подходов к разработке математической модели тяговой электропередачи дизель-поезда ДЕЛ-02 для проведения исследования как штатных, так и нештатных режимов ее работы с целью улучшения технических и эксплуатационных характеристик дизель-поезда.

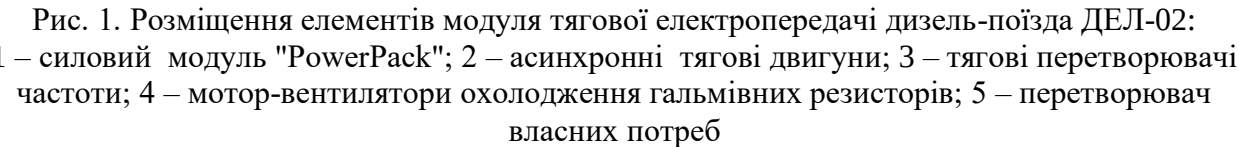
Ключевые слова: электропередача, дизель-поезд, асинхронный тяговый электродвигатель, математическая модель, холостой ход, короткое замыкание.

In the article a question is examined on determination of basic approaches on development of mathematical model of hauling electricity transmission of the traction power diesel train DEL-02 for the leadthrough of research both regular and nonpermanent, its office hours with the purpose of improvement of technical and operating descriptions a diesel is trains.

Keywords: electricity Trains, asynchronous traction motor mathematical model, idle progresses, short-circuiting.

Вступ, постановка задачі, аналіз останніх досліджень та публікацій. Дизель-поїзд ДЕЛ-02 вітчизняного виробництва обладнаний тяговим приводом змінного струму з асинхронними тяговими двигунами АД906У1, перетворювачами частоти із загальною ланкою постійного струму, мікропроцесорною системою керування та силовим модулем (дизель-генератор) "PowerPac" виробництва фірми MTU (Німеччина) (рис. 1). Дизель-поїзд обладнаний реостатним гальмуванням.

Незважаючи на широке використання на різних рухомих одиницях тягового привода системи «інвертор напруги – асинхронний двигун», продовжуються інтенсивні дослідження щодо поліпшення його як технічних, так і експлуатаційних характеристик [1-4]. При цьому широко використовуються методи математичного моделювання, що дає змогу проводити дослідження складної системи, якою і є тягова електропередача дизель-поїзда ДЕЛ-02.



в програмному середовищі MATLAB 7 математичну модель модуля тягової електропередачі (ТЕП) дизель-поїзда ДЕЛ-02. Прототипом даної моделі є модель, яка наведена в роботі [4].



Модель системи керування модуля тягової електропередачі в режимі електродинамічного гальмування залишилася незмінною у порівнянні з прототипом та містить:

- блок регулятора напруги тягового синхронного генератора;
- блок обчислення фазного струму тягового асинхронного двигуна;
- блоки регуляторів частоти та напруги автономного інвертора напруги (АІН).

Тривалість циклу роботи програми системи керування складає 2 мс. Система керування транзисторного перетворювача частоти (ТПЧ) згідно із сигналами $U_{уш}$ (глибини модуляції) та $U_{фвп}$ (частоти струму) формує керуючі імпульси трифазного мостового інвертора, реалізованого на базі транзисторів типу IGBT зі зворотними діодами.

Особливістю моделі є попередня підготовка ланки постійного струму, по завершенню якої формується сигнал початку гальмування.

В розглянутій моделі систему тягової електропередачі, що містить АД та певну

механічну частину з пружними зв'язками для дослідження перехідних процесів, подано у вигляді двомасової електромеханічної системи.

Щодо математичної моделі зчеплення колісних пар з рейкою, то поточне значення коефіцієнта зчеплення визначається як

$$\Psi_j = R_j \cdot \Psi_{oj} \cdot \Psi_j \partial, \quad (1)$$

де Ψ_{oj} – потенціальне значення коефіцієнта зчеплення j -ї колісної пари;

R_j – коефіцієнт, який враховує зміну умов зчеплення j -ї колісної пари;

$\Psi_j \partial$ – значення коефіцієнта зчеплення в часткових одиницях j -ї колісної пари, визначеної за універсальною характеристикою зчеплення $\Psi^d = f(u, V)$, де u – величина проковзування колісної пари; V – швидкість руху дизель-поїзда.

Залежність коефіцієнта зчеплення в часткових одиницях від величини проковзування (в часткових одиницях, де за базову величину беруть швидкість руху дизель-поїзда) з допустимою точністю апроксимована виразом (рис. 3)

$$\Psi^d = \text{sign} u^d \cdot \min \left[\left(1 - e^{-100|u^d|} \right), \left(0,3 + 1 / \left(0,5 + 10 \max(0,5; |u^d|) \right) \right) \right] \quad (2)$$

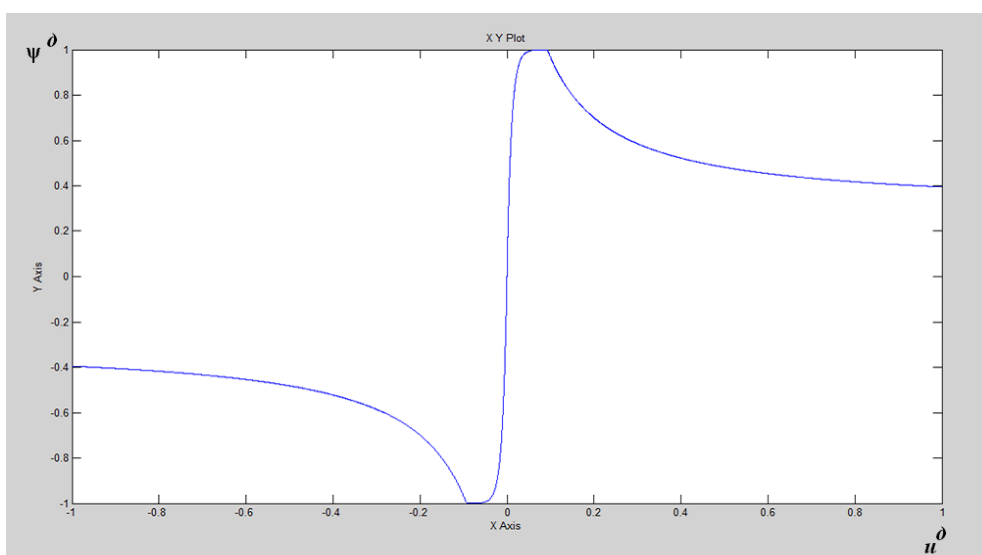


Рис. 3. Графік залежності $\Psi^d(u^d)$

Щодо величини проковзування j -ї колісної пари відносно рейки, то вона визначається шляхом розв'язування диференціального рівняння

$$du_j/dt = (F_j - P_j \cdot \psi_j) / J_j, \quad (3)$$

де F_j – тягове (гальмівне B_j) зусилля на ободі колісної пари, створюване тяговим електричним двигуном;

P_j – вага локомотива, що припадає на j -у колісну пару;

ψ_j – реалізований коефіцієнт зчеплення;

J_j – момент інерції, приведений до осі j -ї колісної пари.

У свою чергу швидкість руху дизель-поїзда визначається розв'язанням такого диференціального рівняння

$$dV/dt = (\sum P_j \cdot \psi_j + \sum W) / \sum M, \quad (4)$$

де V – швидкість руху дизель-поїзда;

$\sum P_j \cdot \psi_j$ – тягове (гальмівне) зусилля;

$\sum W$ – опір руху поїзда;

$\sum M$ – сумарна маса поїзда.

Наведена математична модель дає змогу дослідити роботу ТЕП в штатних та нештатних режимах, в тому числі при наявності відхилень параметрів основного обладнання. Адекватність розробленої моделі реальній тяговій електропередачі була підтверджена шляхом аналізу результатів моделювання та осцилограм, отриманих в умовах рядової експлуатації.

Як ілюстрація характеру процесу електродинамічного гальмування, на рис. 4 наведено фрагмент процесу гальмування дизель-поїзда зі швидкістю 50 км/год, отриманий за допомогою математичної моделі.

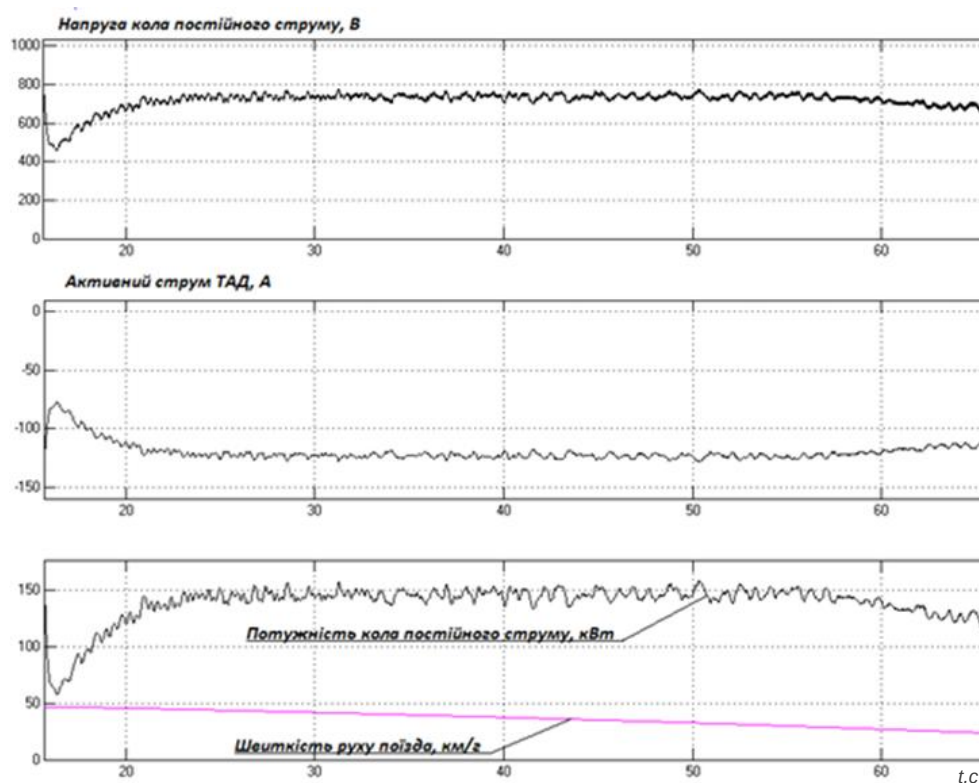


Рис. 4. Результати моделювання режиму гальмування

Висновки. Отримана математична модель модуля ТЕП дизель-поїзда ДЕЛ-02 в режимі електродинамічного гальмування

адекватна об'єкту дослідження та дає можливість проводити дослідження штатних та нештатних режимів роботи

ТЕП. Дана модель може бути використана для уточнення алгоритму системи регулювання з метою забезпечення

необхідних динамічних характеристик системи тягової електропередачі в ході всього циклу гальмування.

Список використаних джерел

1. Андрієнко, П.Д. Порівняльний аналіз регуляторів системи керування струмом тягового частотно – керованого електропривода дизель-поїзда ДЕЛ-02 [Текст] / П.Д. Андрієнко, Д.О. Кулагін, О.С. Качур // Електромашинобудування та електрообладнання. – 2010. – № 75. – С. 32-36.
2. Носков, В.І. Створення тягового електроприводу моторвагонних поїздів на базі сучасних інформаційних технологій [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Носков Валентин Іванович; НТУ «ХПІ». – Харків, 2009. – 37 с.
3. Кулагін, Д.О. Підвищення ефективності роботи тягової електропередачі дизель-поїздів ДЕЛ-02 [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Кулагін Дмитро Олександрович; ДП "Держ. н.-д. центр залізн. трансп. України". — К., 2011. — 18 с.
4. Яровий, Г.І. Побудова математичної моделі електропередачі дизель-поїзда ДЕЛ-02 [Текст] / Г.І. Яровий, Д.В. Ніконенко, О.О. Шкурпела, І.О. Тукалов // Зб. наук. праць. — Харків: УкрДАЗТ, 2013. — Вип. 136. — С. 152-162.

Рецензент д-р техн. наук, професор А.П. Фалендиш

Дяченко Володимир Сергійович, слухач ІППК, гр. МЗ-ЕТ-Б-11.

Яцько Сергій Іванович, канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизованих систем електричного транспорту.

Шкурпела Олександр Олександрович, аспірант.

Dyachenko V.S., Shkorpela A., postgraduate, Yatsko S., cand. of techn. sciences.

УДК 629.4.014

ШТУЧНА НЕЙРОМЕРЕЖЕВА СИСТЕМА НЕПЕРЕРВНОГО ТИПУ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

О.В. Макотринський, Я.В. Ващенко, канд. техн. наук С.І. Яцько

ИСКУССТВЕННАЯ НЕЙРОСЕТЕВАЯ СИСТЕМА НЕПРЕРЫВНОГО ТИПА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

А.В. Макотринский, Я.В. Ващенко, канд. техн. наук С.И. Яцко

ARTIFICIAL NEURAL NETWORK SYSTEM FOR DIAGNOSIS OF CONTINUOUS TYPE TRACTION ELECTRIC DRIVE

О. Makotrynskyy, Y. Vashenko, cand. of techn. sciences S. Yatsko

Розглянута побудова системи діагностування на основі нейронної мережі зворотного поширення помилки, призначеної для діагностики несправностей тягового електропривода.

Ключові слова: автоматична діагностика, несправності, тяговий асинхронний електропривод, нейромережі.

Рассмотренно построение системы диагностирования на основе нейронной сети встречного распространения ошибки, предназначенной для диагностики неисправностей тягового электропривода.

Ключевые слова: автоматическая диагностика, неисправности, тяговый асинхронный электропривод, нейросети.

In the article is considered construction a diagnostic system based on neural feedforward multilayer network, intended to diagnose faults of traction drive.

Keywords: auto diagnostics, fault asynchronous electric traction, neural network.

Вступ. При експлуатації рухомого складу будь-які виходи з ладу обладнання призводять до витрат та порушень нормального функціонування процесу перевезень. Звідси важливого значення набувають ефективні способи управління та захисту тягового електропривода для забезпечення їх надійної роботи. Існуючі системи захисту та діагностики є досить складними та громіздкими, потребують численних додаткових пристроїв (датчиків) та електромонтажу. Тому з'являється все більше розробок, що дають змогу виявляти несправності на ранніх стадіях розвитку дефектів, забезпечуючи багато переваг у порівнянні з традиційними способами.

Аналіз існуючих рішень та постановка завдання. Одними з основних елементів тягового рухомого складу є тяговий електричний двигун та система його живлення. Їх несправності можуть бути різного типу, обумовлені зовнішніми або внутрішніми джерелами [1-4]. Для їх діагностики впроваджуються все більше пристроїв, побудованих на сучасній технологічній базі, наприклад мікроконтролерів. Для забезпечення надійної експлуатації та через складні умови роботи на рухомому складі, засоби діагностування розробляються здебільшого у стендовому виконанні [5]. Натомість в різних галузях промисловості застосовується діагностика несправностей за допомогою аналізу характеристик струму електродвигунів [1]. Іншим ефективним способом діагностики може бути аналіз вібрації. Проте, зважаючи на нестаціонарність режимів роботи

електродвигунів та вплив завадоускладнюючих факторів, практично неможливим є використання стандартних методів та засобів діагностики. Тому все більшого розповсюдження набувають інтелектуальні системи діагностики, побудовані на математичній основі експертних систем та нейромереж [6-9].

Мета роботи. Розроблення нейромережевої системи неперервного типу для діагностики тягового електропривода.

Основна частина. Вирішення задачі розпізнавання стану системи на основі нейромережевих модельних структур являє собою багатоетапну процедуру, на кожній стадії якої вирішується ряд концептуально значущих підзадач.

На етапі планування експерименту основною задачею є збір необхідної кількості інформативних даних в усьому робочому діапазоні системи:

$$S^N = [x(t), y(t), v(t)], \quad t = \overline{1, N}, \quad (1)$$

де $x(t)$ та $y(t)$ – вхідні та вихідні сигнали системи;

N – число дискретних відліків;

$v(t)$ – збурення.

Однією з основних переваг нейромереж є здатність до навчання та узагальнення отриманих знань, що можна трактувати як риси штучного інтелекту. Натренована на деякій множині навчальних вибірок мережа здатна узагальнювати накопичену інформацію та видавати деяке рішення по відношенню до даних, що не подавалися в процесі навчання.

Зважаючи на структуру нейронів та їх зв'язки (рис. 1), мета навчання полягає у визначенні значень вагів нейронів кожного шару мережі. Існують два підходи до навчання нейромереж – з учителем та без учителя. Незважаючи на існування двох

стратегій навчання нейромереж, більш ефективною моделлю можна вважати навчання з учителем, що передбачає існування вхідного вектора $X(k)$ та очікувані вихідні сигнали – цілі $y(k)$.

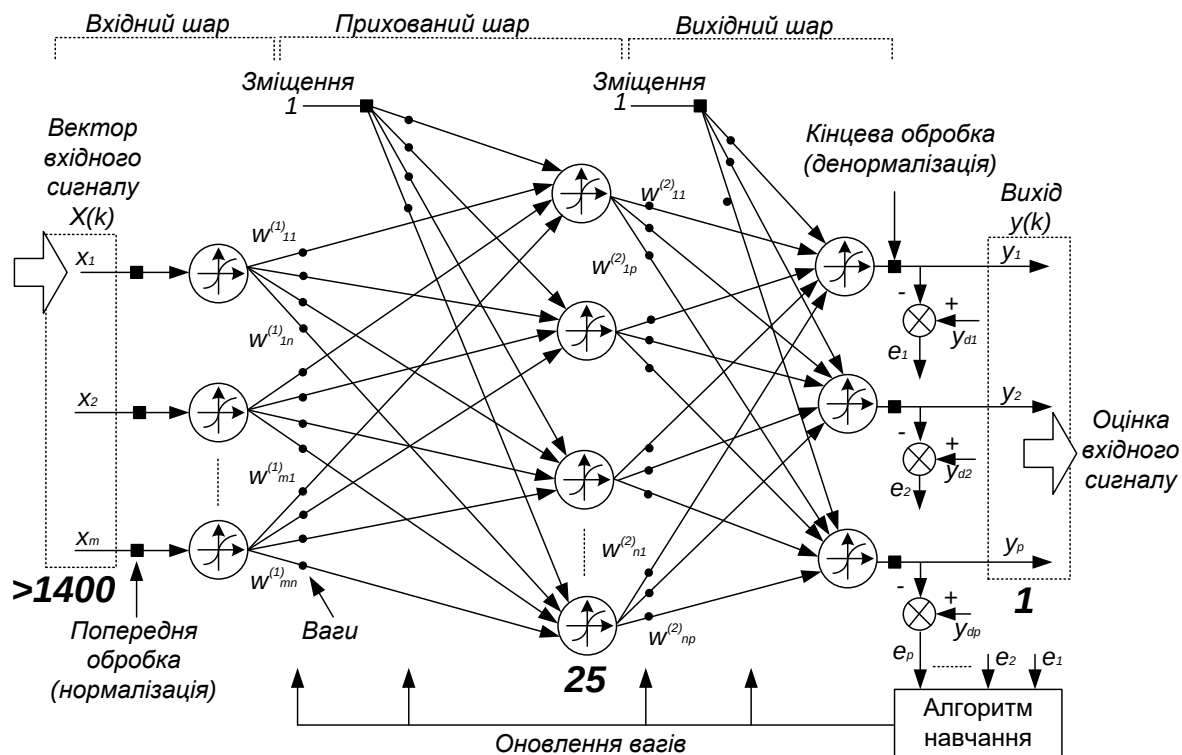


Рис. 1. Структура багатошарової нейромережі

У випадку з діагностичними ознаками тягових електродвигунів необхідне розроблення моделі, здатної навчатися в автоматичному режимі, оскільки сам процес накопичення знань до появи відмови електродвигуна або його системи живлення може представляти довготривалий процес спостереження. Окрім цього, більшість діагностичних ознак являють собою випадкові функції розподілу.

В моменти зміни режиму роботи система аналізує та відокремлює ділянки зміни характеристики – зростання, спаду або номінального функціонування, та визначає їх приналежність до відповідної навчальної вибірки.

Маючи таку модель, можливе здійснення уточнення вагів синаптичних зв'язків нейронів після надання кожної з навчальних вибірок. Створена система здатна безперервно накопичувати досвід, автоматично класифікуючи приклади та виконуючи запис до бази даних навчання. Також розподіл графіка руху на ділянки тяги, вибігу та гальмування дає змогу оперативніше та точніше реагувати на появу несправності у порівнянні з цільною кривою руху.

Перед визначенням правила навчання необхідно визначити відношення між виходами і входами нейромережі, що складається з n вхідних m вихідних шарів. Вихідні функції нейронів мають вигляд:

$$U_i^l(k) = f^l(P_i^l(k)), \quad (2)$$

$$P_i^l(k) = \sum_{j=1}^{N_{l-1}} W_{ij}^l U_j^{l-1}(k), \quad (3)$$

де $i=1,2,\dots,N_l$, $j=1,2,\dots,N_{l-1}$;

N – число нейронів в 1-му шарі;

N_{l-1} – число нейронів в шарі $l-1$;

N_{l+1} – число нейронів в шарі $l+1$;

L – число шарів;

$W_{ij}^l(k)$ – синаптичні коефіцієнти (ваги)

j -го входу нейрона i шару l .

На першому етапі виконано навчання мережі, здійснене шляхом застосування алгоритму зворотнього розповсюдження помилки. Мета алгоритму полягає в адаптації параметрів W_{ij}^l мінімізацією функції вартості виду

$$E(W) = \sum_{p=1}^T E_p(W), \quad (4)$$

$$E_p(W) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m [y_i^d(k) - y_i(k)]^2, \quad (5)$$

де $y_i^d(k)$ – бажаний вихідний вектор;

$y_i(k)$ – вектор виходу мережі;

T – число прикладів або розмірність навчальної сукупності.

При навчанні мережі найкращу ефективність отримано при застосуванні квазіньютонівського алгоритму Левенберга-Марквардта за 43 епохи. Після здійснення навчання виконано перевірку для характеристик швидкості обертання асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором з живленням від автономного інвертора, що підтверджує правильність результатів моделювання.

В наступній фазі – тестування – нейромережу застосовано для класифікації нових даних для одного з існуючих класів

дефектів у роботі автономного інвертора напруги. Незважаючи на сформовану оптимальну структуру мережі, її функціонування в реальних умовах можливе лише після спеціальної підготовки множини навчальних вибірок. Для розрахунку можна виділити типові режими навантаження тягового двигуна [10]:

- тяговий режим при статичному навантаженні і максимальному значенні, взятому з тягової характеристики рухомої одиниці;

- стаціонарний динамічний режим навантаження при русі з постійною максимальною швидкістю;

- нестационарні та аварійні режими (боксовання, короткі замикання тощо).

При моделюванні аварійних режимів і живленні тягових двигунів від автономного інвертора напруги досліджено найбільш складний режим наскрізного короткого замикання транзистора в автономному інверторі, варіювались параметри імітованої механічної передачі та ін. Відмічено, що зміна навантаження призводить до збільшення амплітуди коливань змінної складової кривої швидкості обертання асинхронного двигуна та впливає на здійснення процедури розпізнавання мережею. Також зміна частоти обертання ротора призводить до зміни періодичності коливань.

Характер зміни параметра швидкості при різних режимах роботи наведено на рис. 2. Отримані дані в результаті моделювання були використані для тестування створеної штучної нейромережі.

Висновки. Проведені дослідження підтверджують можливість використання штучної нейромережевої системи неперервного типу для діагностики тягового електропривода типу "автономний інвертор напруги – тяговий асинхронний двигун".

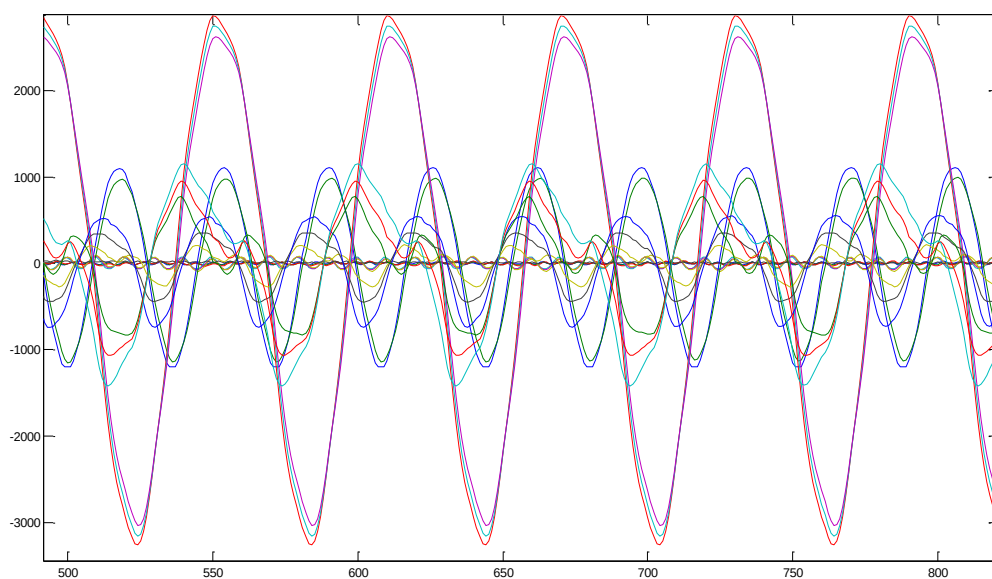


Рис. 2. База даних тестової вибірки

Список використаних джерел

1. Скалозуб, В.В. Нейросетевые модели диагностики электродвигателей постоянного тока [Текст] / В.В. Скалозуб, О.М. Швец // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2009. – № 4. – С. 7-11.
2. Поляхов, Н.Д. Диагностика состояния электротехнического оборудования [Текст] / Н.Д. Поляхов, И.А. Приходько, Д.Н. Поляхов [и др.] // Известия СПбГЭТУ. – С.Пб.: СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2011. – Вып. 6. – С. 61-66.
3. Sin M.L. Induction machine on-line condition monitoring and fault diagnosis Sin M.L. , W.L. Soong, N. Ertugrul University of Adelaide // Australasian Universities Power Eng. Conf. – 2003. – Vol. 7, № 4. – P. 89-96.
4. Гемке, Р.Г. Неисправности электрических машин [Текст] / Р.Г. Гемке. – Л.: "Энергия", 1975. – 296 с.
5. Зеленченко, А.П. Устройства диагностики тяговых двигателей электрического подвижного состава [Текст] / А.П. Зеленченко. – М.: Учебно-методический кабинет МПС России, 2002. – 39 с.
6. Медведев, В.С., Нейронные сети MATLAB 6 [Текст] / В.С. Медведев, В.Г. Потемкин. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 496 с.
7. Хайкин, Саймон. Нейронные сети: полный курс [Текст]: пер. с англ. / Саймон Хайкин. – 2-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2008. – 1104 с.
8. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] / С. Осовский; пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
9. Механическая часть тягового подвижного состава [Текст] / И.В. Бирюков, А.Н. Савоськин, Г.П. Бурчак [и др.]; под ред. И.В. Бирюкова. – М.: Транспорт, 1992. – 440 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор А.П. Фалендиш

Макотринський Олександр Васильович, Ващенко Я.В. – слухачі ІППК, гр. МЗ-ЕТ-Б-11.

Яцько Сергій Іванович, канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизованих систем електричного транспорту.

Makotrynskyy O., Vashenko Y., Yatsko S., cand. of techn. sciences.

УДК 629.423

ВПЛИВ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ НА КОНСТРУКТИВНІ ПОКАЗНИКИ СТАТИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Д-р техн. наук А.М. Муха (ДНУЗТ)

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ НА КОНСТРУКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТАТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Д-р техн. наук А.Н. Муха (ДНУЖТ)

THE INFLUENCE OF THE COOLING SYSTEM ONTO DESIGN PARAMETERS OF STATIC CONVERTERS

Dr. techn. sciences A. Mukha (DNUZT)

Досліджено питання впливу виду системи охолодження на конструктивні показники статичних перетворювачів для електрорухомого складу залізниць.

Ключові слова: частота, втрати, перетворювач, охолодження.

Исследован вопрос влияния вида системы охлаждения на конструктивные показатели статических преобразователей для электроподвижного состава железных дорог.

Ключевые слова: частота, потери, преобразователь, охлаждение.

The widespread introduction of modern power semiconductor element base let significantly reduce the size of the traction converters, but the problem arises more efficient selection of thermal power losses in the individual switches, which can lead to an increase in size of the converters. The author investigated the question of the influence of the form of the cooling system onto design parameters of static converters for electric rolling stock of railways. Author's researches are showed that the use of liquid cooling makes it possible, in comparison with forced air cooling, to reduce by 7 ... 8 % overall traction performance of static converters.

Keywords: frequency, loses, converter, cooling.

Вступ. Долі електрифікованих постійним та змінним струмом залізниць України є майже однаковими. На станціях стикування працюють так звані двосистемні електровози ВЛ82, які розроблені та виготовлені ще при СРСР. Тому необхідність забезпечення процесу перевезень на електрифікованих залізницях незалежно від роду струму та значення напруги у контактній мережі без заміни електровозів на станціях стикування вимагає використання тягового електрорухомого складу, який може працювати як при постійному так і

змінному струмах при різних рівнях напруги у контактній мережі. Такий тяговий електрорухомий склад називаємо багатосистемним.

Створення багатосистемних електро-возів стало можливим завдяки успіхам силової напівпровідникової техніки – появі повністю керованих вентилів, підвищенню класу приладів та їх робочих струмів.

Поява нової елементної бази призвела до удосконалення існуючих та створення нових схемних та конструктивних рішень для перетворювачів. Провідними фірмами-виробниками статичних перетворювачів

зокрема були створені загальнопромислові приводи з двигунами постійного та змінного струмів та перетворювачі іншого функціонального призначення.

Безумовно, такі зміни не обминули і тягові статичні перетворювачі, які живлять тягові двигуни електровозів та електропоїздів.

Але ж питання визначення взаємного зв'язку між потужністю тягового привода масогабаритними показниками статичного перетворювача та його системи охолодження, що є невід'ємною його частиною, не порушувалось.

Основні структури і схемотехнічні рішення для традиційного електрорухомого складу (ЕРС) досить повно подані у літературі [1, 2, 3, 4 та ін.].

Мета роботи. Провести аналіз промислових показників перетворювачів для розробки рекомендацій щодо раціональних конструктивних показників перетворювачів тягового електропривода.

Матеріал і результати досліджень.

Узагальненою характеристикою конструктивних показників статичних перетворювачів приймаємо питомий об'єм, який

визначаємо так: $V_p = \frac{V}{P}$, м³/кВт, де V - об'єм

статичного перетворювача, м³; P - потужність перетворювача, кВт [5].

Вихідними даними є: потужність, габарити, елементна база та вид охолодження напівпровідникових ключів існуючих перетворювачів.

Подані надалі залежності питомого об'єму від потужності перетворювачів $V_p = f(P)$ враховують тип елементної бази, вид охолодження.

На рис. 1 подана залежність $V_p = f(P)$ побудована за експериментальними даними для перетворювачів ВАТ «Запорізький завод «Преобразователь»» (елементна база – тиристор, охолодження – примусове повітряне) з діапазоном робочих напруг до одного кіловата.

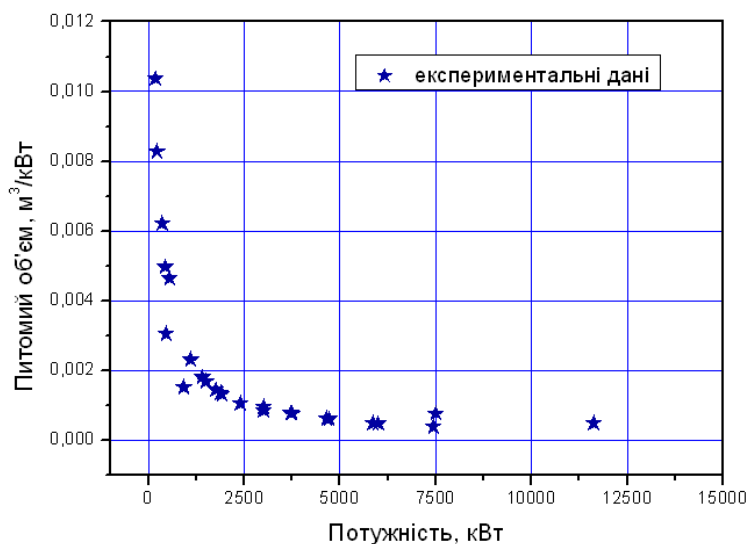


Рис. 1. Залежність питомого об'єму перетворювачів ВАТ «Запорізький завод «Преобразователь»» (елементна база – тиристор, охолодження – примусове повітряне) з діапазоном робочих напруг до одного кіловата від потужності перетворювачів

Для отримання аналітичних залежностей для питомого об'єму від їх

потужності проведемо апроксимацію експериментальних значень (рис. 2).

Залежність питомого об'єму перетворювачів від потужності апроксимувалась за допомогою таких виразів (у загальному вигляді):

$$y(x) = y_0 + A_1 e^{\left(\frac{x}{t_1}\right)} + A_2 e^{\left(\frac{x}{t_2}\right)}$$

(експоненціальна другого порядку).

При цьому коефіцієнти апроксимації мають такі значення: $y_0 = 0$, $A_1 = 0,00223$, $t_1 = 3942,92663$, $A_2 = 0,01657$, $t_2 = 239,70193$.

Тоді вираз для апроксимованої залежності $V_p = f(P)$ має вигляд

$$V_p(P) = 0 + 0,00223 \cdot e^{\left(\frac{P}{3942,92663}\right)} + 0,01657 \cdot e^{\left(\frac{P}{239,70193}\right)}$$

Отримані залежності дозволяють у першому наближенні оцінити вплив системи охолодження перетворювача на його габаритні розміри, для цього подамо апроксимовані залежності з рис. 2 та 3 в одній системі координат (рис. 4).

Аналіз поданих на рис. 4 залежностей та використання отриманих коефіцієнтів апроксимації, дозволяє порівняти, у відсотках, вигоду від використання водяного охолодження в перетворювачах, які живлять двигуни постійного струму.

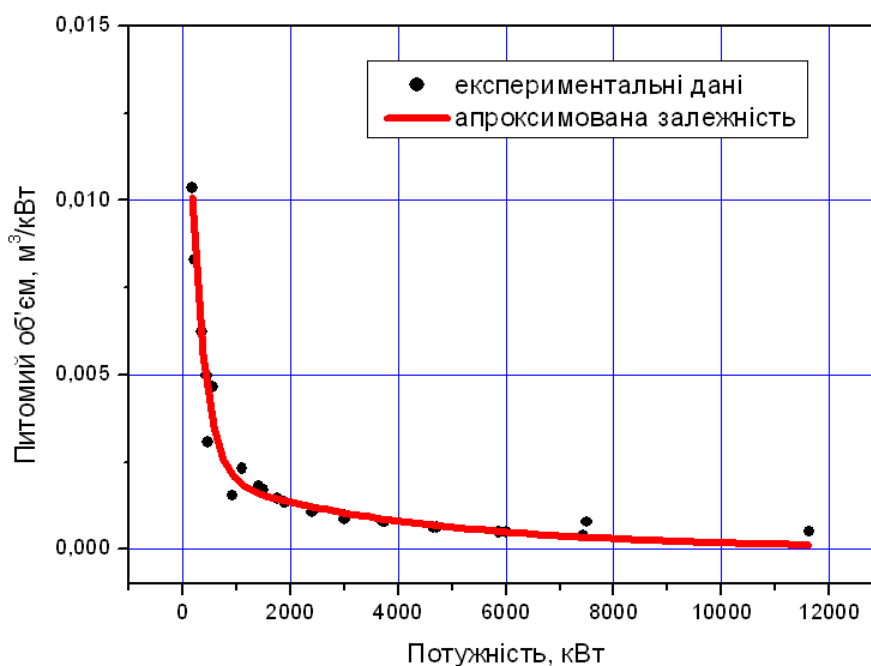


Рис. 2. Результати апроксимації залежності питомого об'єму перетворювачів ВАТ «Запорізький завод «Преобразователь»» (елементна база – тиристор, охолодження – примусове повітряне) з діапазоном робочих напруг до одного кіловата від потужності перетворювачів

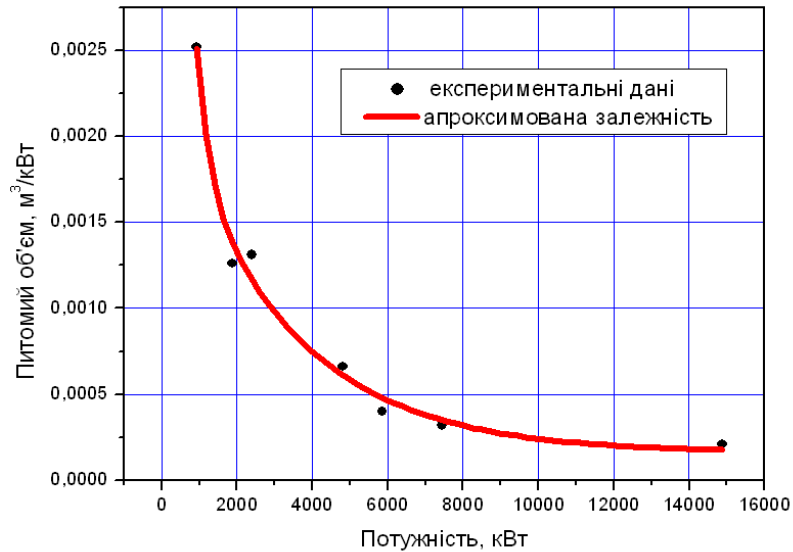


Рис. 3. Результати апроксимації залежності питомого об'єму перетворювачів ВАТ «Запорізький завод «Преобразователь»» (елементна база – тиристор, охолодження – водяне) з діапазоном робочих напруг до одного кіловата від потужності перетворювачів

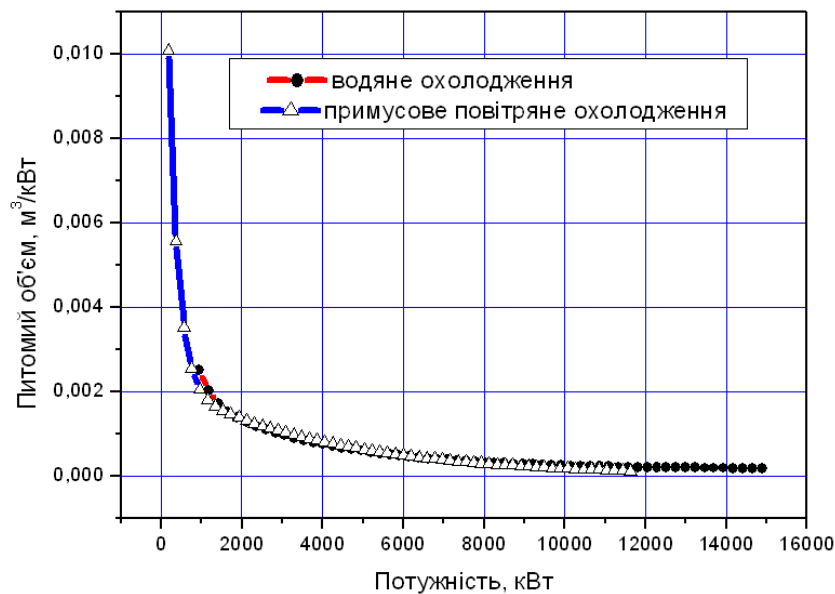


Рис. 4. Вплив виду охолодження на габаритні розміри перетворювачів ВАТ «Запорізький завод «Преобразователь»» (елементна база – тиристор) з діапазоном робочих напруг до одного кіловата

Проведені автором дослідження дозволили встановити, що використання водяного (рідинного) охолодження для перетворювачів потужністю 4000 кВт дозволяє виграти приблизно 7,4 % від

загального об'єму перетворювача у порівнянні з таким самим за потужністю перетворювачем, який побудовано з використанням примусового повітряного охолодження.

Подамо цей розрахунок.

Питомий об'єм перетворювача потужністю 4000 кВт на базі тиристорів з примусовим охолодженням дорівнює

$$V_{\text{РПП}}(4000) = 0 + 0,00223 \cdot e^{\left(-\frac{4000}{3942,92663}\right)} + 0,01657 \cdot e^{\left(-\frac{4000}{239,70193}\right)} = 8,086 \cdot 10^{-4} \left[\frac{\text{м}^3}{\text{кВт}} \right]$$

Питомий об'єм перетворювача потужністю 4000 кВт на базі тиристорів з водяним охолодженням дорівнює

$$V_{\text{РВВ0}}(4000) = 0,000158 + 0,01263 \cdot e^{\left(-\frac{4000}{331,48236}\right)} + 0,00218 \cdot e^{\left(-\frac{4000}{3063,27429}\right)} = 7,488 \cdot 10^{-4} \left[\frac{\text{м}^3}{\text{кВт}} \right]$$

Приймаючи показники системи з примусовим повітряним охолодженням за 100 % отримаємо таку відносну зміну питомого об'єму перетворювача:

$$\Delta V_p = \frac{V_{\text{РПП}} - V_{\text{РВВ0}}}{V_{\text{РПП}}} \cdot 100\% = \frac{8,086 \cdot 10^{-4} - 7,488 \cdot 10^{-4}}{8,086 \cdot 10^{-4}} \cdot 100\% = 7,39\%$$

Висновки. Дослідження, проведені автором, дозволили встановити, що використання рідинного охолодження у порівнянні з повітряним примусовим зменшує приблизно на 7...8 % габаритні показники тягових статичних перетворювачів.

Список використаних джерел

1. Захарченко, Д.Д. Тяговые электрические машины [Текст]: учеб. для вузов ж.-д трансп. / Д.Д. Захарченко, Н.А. Романов. – М.: Транспорт, 1991. – 343 с.
2. Калинин, В.К. Электровозы и электропоезда. [Текст] / В.К. Калинин. – М.: Транспорт, 1991. – 480 с.
3. Безрученко, В.М. Тягові електричні машини електрорухомого складу [Текст]: навч. посібник. / В.М. Безрученко, В.К. Марченко. В.В. Чумак. – Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетровського нац. ун-ту залізнич. тр-ту ім. акад. В. Лазаряна, 2003. – 252 с.
4. Преобразовательные устройства электропоездов с асинхронными тяговыми двигателями. [Текст] / А.М. Солодунов, Ю.М. Иньков, Г.Н. Коваливкер, В.В. Литовченко; под ред. А.М. Солодунова. – Рига: Зинантне, 1991. – 351 с.
5. Зиновьев, Г.С. Основы силовой электроники [Текст]: учебник. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999. – Ч. 1. – 199 с.

Муха Андрій Миколайович, д-р техн. наук, кафедра електротехніки та електромеханіки, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна.

Mukha A., dr. techn. sciences, department of Electrical engineering and electromechanics.

УДК 656.256:621.318.5

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНОЇ НАПРУГИ СПРАЦЬОВУВАННЯ АВАРІЙНИХ РЕЛЕ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

Асп. О.Я. Куриленко (ДНУЗТ)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ СРАБАТЫВАНИЯ АВАРИЙНЫХ РЕЛЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

Асп. Е.Я. Куриленко (ДНУЖТ)

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE MINIMUM OPERATING VOLTAGE OF ALARM RELAY FOR RAILWAY AUTOMATION

Postgraduate E. Kurilenko DNUZT

Наведено методи обробки та результати експериментального визначення мінімальної напруги спрацьовування аварійних реле залізничної автоматики.

Ключові слова: реле, напруга спрацьовування, інтервал, допуск.

Представлены методы обработки и результаты экспериментального определения минимального напряжения срабатывания аварийных реле железнодорожной автоматики.

Ключевые слова: реле, напряжение срабатывания, интервал, допуск.

One of the factors determining the safety on the railways of Ukraine is a stable operation of the railway automation in conditions an unstable power supply . Emergency scheme of power supply for automation is realise by means of alarm relays, which are characterized by different response times and off at different voltages on the coil . The author carried out an experimental researches aimed to determine the minimum operating voltage alarm relay. Presented the methods of processing the experimental data and proved the usefulness of further studies on the average values of the studied variables.

Keywords: relay, operating voltage, interval, admission.

Вступ. Безпека руху на магістральних та промислових залізницях – це важливе завдання, вирішення якого забезпечують відповідні системи залізничної автоматики. Живлення цих систем здійснюється, як правило, від окремих ліній. При збої в роботі цих джерел системи автоматики переходять на аварійні джерела електричної енергії. Перехід з одного джерела на інше забезпечують так звані аварійні реле.

Внаслідок неякісної електричної енергії або її імпульсного провалу

виникають ситуації переходу живлення автоматики на аварійні джерела при наявності напруги на основній лінії. Така ситуація класифікується як відмова.

Дослідження у галузі живлення пристроїв залізничної автоматики та їх захисту присвячені роботи [1, 2], у яких, як правило, приділялась увага якості живильної електроенергії та шляхам підвищення її відповідних показників. Режимів роботи аварійних реле залізничної автоматики, які відповідають за перемикання з одного джерела живлення на

інше, серед проаналізованих автором джерел інформації, майже не зустрічається.

Мета роботи. Провести дослідження з визначення мінімальної напруги спрацьовування аварійних реле залізничної автоматики.

Матеріал і результати досліджень. Напрямок досліджень пов'язаний з роботою аварійних реле в умовах неякісної електричної енергії систем живлення залізничної автоматики. Серед параметрів релейної апаратури виділимо номінальну напругу реле, мінімальну напругу спрацьовування реле, максимальне значення напруги відпускання реле та час відпускання реле при різних значеннях напруги на котушці реле.

Наведені матеріали присвячені експериментальному визначенню

мінімальної напруги спрацьовування аварійних реле залізничної автоматики.

Передумовою проведення експерименту було те, що кількість експериментальних точок по кожному зразку реле повинна бути не менше 20, попередньо приймаючи, що закон розподілення значень випадкової величини в експериментальних точках, є нормальним [3].

На рис. 1 наведено значення мінімальної напруги спрацьовування реле типу АШ2-1440 (було знято двадцять експериментальних точок).

Напруга спрацьовування реле, яка досліджувалась досить суттєво відрізняється від напруги повного притягнення якоря реле. На відміну від останньої, напруга спрацьовування реле є мінімальною напругою, при якій блок-контакти реле замикаються.

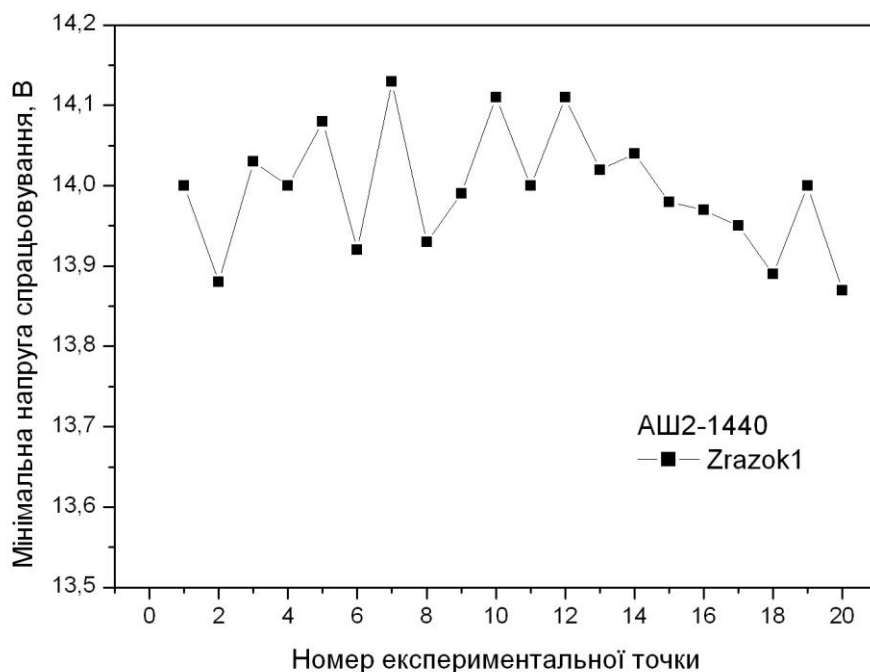


Рис. 1. Значення мінімальної напруги спрацьовування першого зразка аварійного реле типу АШ2-1440

Як видно з рис. 1, отримані під час проведення експерименту величини мають імовірнісний характер, тому доцільно

провести відповідний аналіз отриманих результатів, використовуючи загальновідомі підходи [3-5]. Визначати

закон розподілення досліджуваних величин немає сенсу, оскільки у кінцевому результаті потрібні тільки числові характеристики, які описують найбільш суттєві характеристики цього розподілення. Такою характеристикою, у нашому випадку, може бути математичне очікування.

Як відомо, при достатній кількості вимірювань середнє значення випадкової величини наближається за вірогідністю до свого математичного очікування і тому при практичних розрахунках може бути прийнято як таке. Таким чином, середні значення досліджуваних автором величин: середня мінімальна напруга спрацьовування, середня напруга відпускання та середній час відпускання аварійного реле є шуканими числовими характеристиками.

Подані на рис. 1 величини мають розкид значень в діапазоні від $U_{\text{срmin}} = 13,87 \text{ В}$ до $U_{\text{срmax}} = 14,13 \text{ В}$. Діапазон розкиду напруги спрацьовування першого зразка аварійного реле $U_{\text{ср}}$ типу АШ2-1440 лежить у межах $U_{\text{срmax}} - U_{\text{срmin}} = 14,13 - 13,87 = 0,26 \text{ В}$.

Виходячи із фізичних міркувань та

спираючись на отримані під час проведення експериментів дані, доцільним є прийняти інтервал групування отриманих експериментальних величин напруги спрацьовування реле зі значенням $\Delta U_{\text{ср}} = 0,05 \text{ В}$.

Тоді діапазон зафіксованих значень напруги спрацьовування першого зразка аварійного реле типу АШ2-1440 при кількості експериментальних точок $n = 20$ розбиваємо на

$$\left(\frac{U_{\text{срmax}} - U_{\text{срmin}}}{\Delta U_{\text{ср}}} \right) = \frac{(14,13 - 13,87)}{0,05} = 5,2$$

інтервалів групування. Отримане значення 5,2 не має фізичного сенсу, тому приймаємо кількість інтервалів рівним 6 при відповідній зміні нижньої та верхньої меж досліджуваного діапазону, а саме: $U_{\text{срmin}} = 13,85 \text{ В}$ та $U_{\text{срmax}} = 14,15 \text{ В}$.

Тоді перший інтервал групування $U_{\text{ср1}}$ складатиме:

$$U_{\text{ср1}} = U_{\text{срmin}} + \Delta U_{\text{ср}} = 13,85 + 0,05 = 13,9 \text{ В},$$

тобто цей інтервал має межі від $U_{\text{срmin}} = 13,85 \text{ В}$ до $U_{\text{срmin}} + \Delta U_{\text{ср}} = 13,9 \text{ В}$. Відповідно наступні інтервали матимуть межі:

$$U_{\text{ср2}} = U_{\text{ср1}} + \Delta U_{\text{ср}} = 13,9 + 0,05 = 13,95 \text{ В};$$

$$U_{\text{ср3}} = U_{\text{ср2}} + \Delta U_{\text{ср}} = 13,95 + 0,05 = 14,00 \text{ В};$$

$$U_{\text{ср4}} = U_{\text{ср3}} + \Delta U_{\text{ср}} = 14,00 + 0,05 = 14,05 \text{ В};$$

$$U_{\text{ср5}} = U_{\text{ср4}} + \Delta U_{\text{ср}} = 14,05 + 0,05 = 14,10 \text{ В};$$

$$U_{\text{ср6}} = U_{\text{ср5}} + \Delta U_{\text{ср}} = 14,10 + 0,05 = 14,15 \text{ В}.$$

Для наочності деякі з отриманих величин для першого зразка аварійного

реле типу АШ2-1440 наведемо у таблиці.

Визначення середнього значення напруги спрацьовування першого зразка аварійного реле типу АШ2-1440

Показник	Значення показника по інтервалах					
Межі інтервалу групування випадкової величини U_{cp} , В	13,85...13,9	13,9...13,95	13,95...14,00	14,00...14,05	14,05...14,10	14,10...14,15
Кількість зареєстрованих значень напруги U_{cp} у кожному діапазоні	3	3	7	3	1	3
Середнє значення напруги спрацьовування аварійного реле в інтервалі $\overline{U_{cp_i}}$, В	13,88	13,93	13,99	14,03	14,08	14,12

У таблиці середнє значення напруги спрацьовування аварійного реле $\overline{U_{cp}}$ визначимо як відношення суми добутків середньої напруги $\overline{U_{cp_i}}$ (i – порядковий номер інтервалу групування) у кожному інтервалі та кількості зареєстрованих значень напруги n_i до загальної кількості експериментальних точок $n = 20$:

$$\overline{U_{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^6 \overline{U_{cp_i}} n_i}{n} . \quad (1)$$

Таким чином:

$$\overline{U_{cp}} = \frac{(13,88 \cdot 3 + 13,93 \cdot 3 + 13,99 \cdot 7 + 14,03 \cdot 3 + 14,08 \cdot 1 + 14,12 \cdot 3)}{20} = 13,995 . \quad (2)$$

За даними таблиці на рис. 2 наведемо гістограму розподілу випадкової величини U_{cp} , яка побудована за допомогою програми STATISTICA [6,7]. Червоною лінією на рис. 2 подано графік розподілу випадкової величини U_{cp} при нормальному законі розподілення, який було нами прийнято як базовий, при визначенні

необхідної кількості експериментальних точок. Побудована гістограма та нормальний закон розподілення відповідають один одному, тобто кількість необхідних експериментальних точок обрана правильно.

Загалом автором було досліджено по три зразки кожного з аварійних реле.

На рис. 3 наведено результати експериментального визначення мінімальної напруги спрацьовування трьох зразків аварійного реле типу АШ2-1440.

Аналогічно до рис. 2 подамо гістограми розподілу випадкової величини мінімальної напруги спрацьовування для другого та третього зразків аварійного реле типу АШ2-1440 (рис. 4, 5).

Для перевірки адекватності отриманих експериментальних даних відмітимо, що проведена обробка результатів експериментів за допомогою програми STATISTICA дозволила встановити, що середнє значення мінімальної напруги спрацьовування першого зразка дорівнює 13,995 В; другого – 13,27 В; третього – 13,52 В. Середнє цих трьох значень мінімальної напруги спрацьовування складатиме:

$$\frac{13,995 + 13,27 + 13,52}{3} = 13,6 \text{ В.}$$

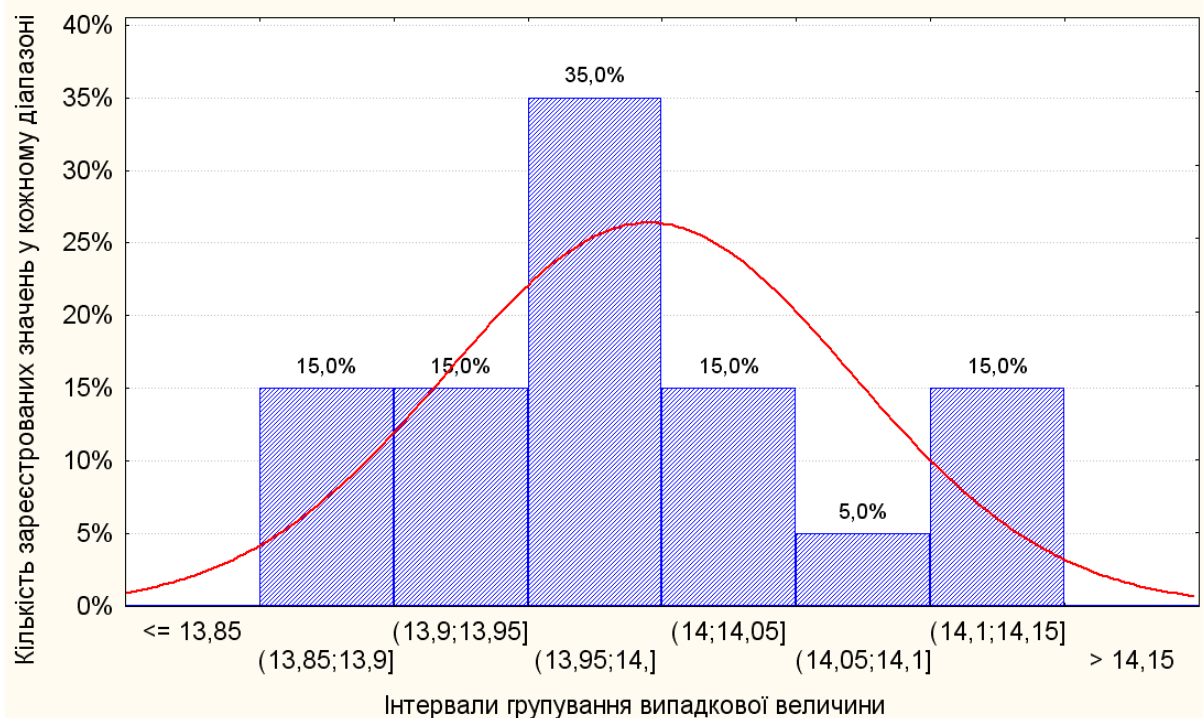


Рис. 2. Гістограма розподілу випадкової величини мінімальної напруги спрацьовування першого зразка аварійного реле типу АШ2-1440

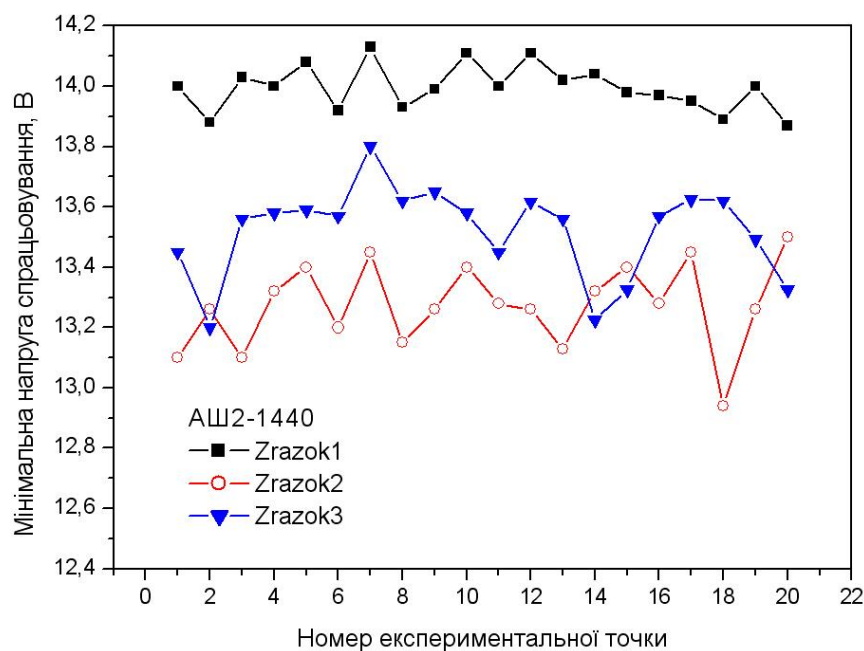


Рис. 3. Значення мінімальної напруги спрацьовування трьох зразків аварійного реле типу АШ2-1440

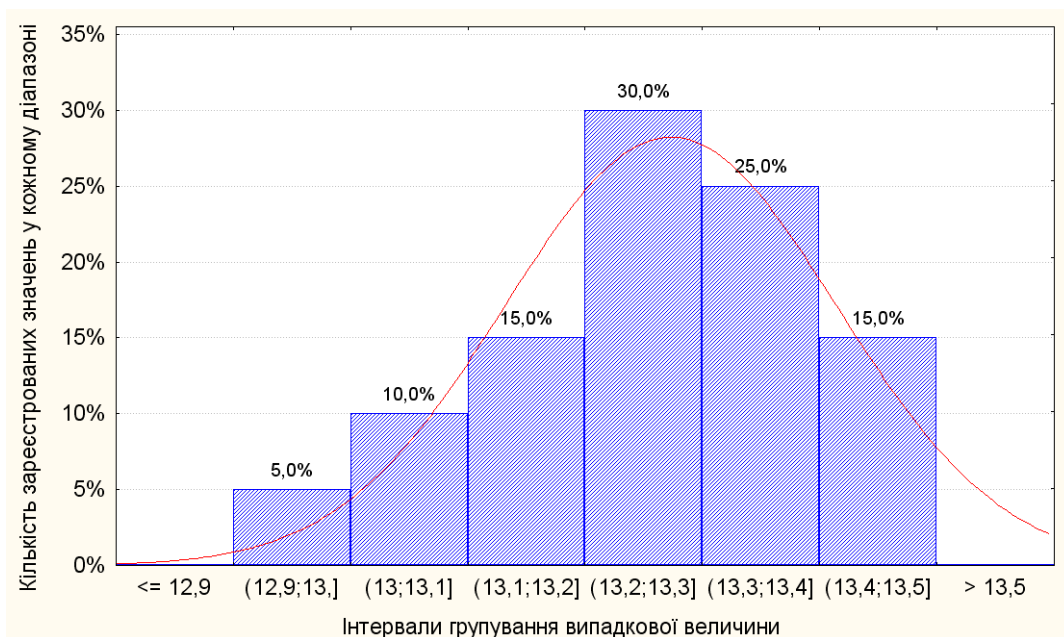


Рис. 4. Гістограма розподілу випадкової величини мінімальної напруги спрацьовування другого зразку аварійного реле типу АШ2-1440

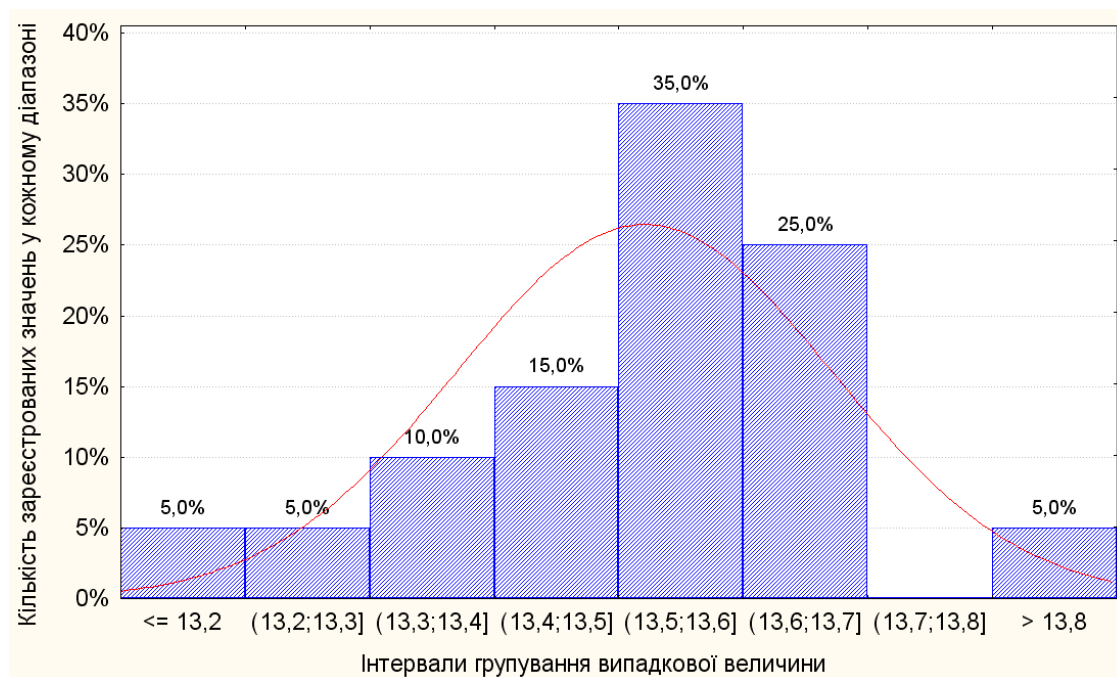


Рис. 5. Гістограма розподілу випадкової величини мінімальної напруги спрацьовування третього зразка аварійного реле типу АШ2-1440

Відхилення мінімальної напруги спрацьовування першого зразка від середнього значення становить:

$$\frac{|13,6 - 13,995|}{13,995} \cdot 100\% = 2,8\%.$$

Для другого та третього зразків відповідні відхилення

становлять: 2,43 і 0,56 %. Таким чином, взаємне відхилення середніх значень мінімальної напруги спрацьовування зразків аварійних реле, що досліджувались не перевищує загальноприйняте значення у 10 %.

Висновки. Проаналізовано понад двадцять типів аварійних реле, які

експлуатуються на залізницях України. Отримані дані є основою для подальших досліджень з визначення впливу неякісної електричної енергії та провалів напруги у живильних лініях на пристрої залізничної автоматики.

Список використаних джерел

1. Сиченко, В.Г. Електроживлення систем залізничної автоматики [Текст]: монографія / В.Г. Сиченко, В.І. Гаврилюк. – Дніпропетровськ: Вид-во Маковецький, 2009. – 372 с.
2. Костроминов, А.М. Защита устройств железнодорожной автоматики и телемеханики от помех [Текст] / А.М. Костроминов. – М.: Транспорт, 1997. – 192 с.
3. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей [Текст] / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
4. Красовский, Г.И. Планирование эксперимента [Текст] / Г.И. Красовский, Г.Ф. Филаретов. – Минск: Изд-во БГУ, 1982. – 302 с.
5. Справочник по теории вероятностей и математической статистике [Текст] / [Корольок В.С., Портенко Н.И., Скороход А.В., Турбин А.Ф.]. – М.: Наука, 1985. – 640 с.
6. Халафян, А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных [Текст] / А.А. Халафян. – М.: Бином-Пресс, 2007. – 512 с.
7. Вуколов, Э.А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследований операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL [Текст] / Э.А. Вуколов. – М.: Форум, 2008. – 464 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор М.М. Бабаев

Куриленко О.Я., аспірантка кафедри електропостачання залізниць, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна.

Kurilenko Elena, postgraduate

**ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНІ, ДОРОЖНІ, БУДІВЕЛЬНІ,
МЕЛІОРАТИВНІ МАШИНИ І ОБЛАДНАННЯ**

УДК 625.032

**АНАЛІЗ РОБІТ З КЕРУВАННЯ ТЕРТЯМ ТА ЗЧЕПЛЕННЯМ В
КОНТАКТІ «КОЛЕСО-РЕЙКА»**

Канд. техн. наук С.В. Воронін, інж. С.С. Карпенко, О.В. Волков, К.О. Бакін

**АНАЛИЗ РАБОТ ПО УПРАВЛЕНИЮ ТРЕНИЕМ И СЦЕПЛЕНИЕМ В
КОНТАКТЕ «КОЛЕСО-РЕЛЬС»**

Канд. техн. наук С.В. Воронин, инж. С.С. Карпенко, А.В. Волков, К.О. Бакин

**ANALYSIS WORK MANAGEMENT AND CLUTCH FRICTION IN TOUCH
"WHEEL-RAIL"**

Cand. of techn. sciences S.V. Voronin, eng. S.S. Karpenko, A.V. Volkov, K.O. Bakin

Проведений аналітичний огляд досліджень з керування тертям та зчепленням в контакті «колесо-рейка» при русі рухомого складу. Визначені найбільш перспективні способи, в основу яких покладено принципи ресурсо та енергозбереження на залізничному транспорті.

Ключові слова: рухомий склад, колесо, рейка, тертя, зношування, мастильний матеріал, електричне поле, магнітне поле.

Проведен аналитический обзор исследований по управлению трением и сцеплением в контакте «колесо-рельс» при движении подвижного состава. Определены наиболее перспективные способы, в основу которых положены принципы ресурсо- и энергосбережения на железнодорожном транспорте.

Ключевые слова: подвижной состав, колесо, рельс, трение, износ, смазывающий материал, электрическое поле, магнитное поле.

Analytical review of studies with control friction and adhesion in touch "wheel-rail" the motion of rolling stock. Identified the most promising methods, based on the principles of resource and energy efficiency of the railways.

Keywords: rolling stock, wheels, rack, friction, wear, lubricant, electric field, magnetic field.

Вступ. Дослідження та аналіз процесів у трибосистемі «колесо-рейка» є одним з першочергових питань, які розглядаються при проектуванні та вдосконаленні рухомого складу залізничного транспорту. Це пояснюється тим, що взаємодія колеса з рейкою є

фізичною основою руху рухомого складу і від параметрів взаємодії цієї системи залежать безпека руху залізничного транспорту та основні техніко-економічні показники рухомого складу й колійного господарства [1]. Важливість цього питання полягає ще й у тому, що воно має двояку

природу: з одного боку необхідно підтримувати на заданому рівні коефіцієнт зчеплення між колесами рухомого складу та рейками на поверхні катання, а з іншого боку виникає необхідність зменшення коефіцієнта тертя між гребенями коліс та боковими поверхнями рейок, особливо в кривих ділянках колії.

Мета роботи полягає у вивченні існуючих та визначенні найбільш перспективних способів зміни тертя та зчеплення в контакті “колесо-рейка”.

Огляд робіт зі зниження тертя та зношування колеса і рейки в кривих ділянках колії. При русі рухомого складу в прямих та кривих ділянках колії виникають найрізноманітніші поєднання вертикальних та горизонтальних сил, що діють в точці контакту системи «колесо-рейка» [2,3]. Найбільш несприятливі та небезпечні поєднання виникають при проходженні рухомим складом кривих ділянок колії, особливо малого радіусу. Це зумовлено тим, що при русі в кривих ділянках колії при деякому куті набігання колесо може контактувати з рейкою в двох різних точках – так званий “двоточковий” контакт. Виникнення “двоточкового” контакту призводить до того, що площадка контакту розділяється на дві частини, і в кожній з частин виникають підвищені контактні напруження. Цей фактор впливає на безпеку руху, якість перевезень та зниження техніко-економічних показників рухомого складу внаслідок підвищеного тертя і зношування.

Зниження безпеки руху зумовлюється тим, що внаслідок виникнення підвищених контактних напружень збільшуються горизонтальні сили, що діють на гребені коліс. Внаслідок цього різко підвищується знос гребенів, що сприяє зниженню плавності руху рухомого складу, розбиванню верхньої будови колії та підвищенню вірогідності викочування колеса на рейку за наявності великих сил тертя, що призводить до можливості сходу складу з колії. Також підвищення

горизонтальних сил веде до відтискання зовнішньої рейки, що призводить до розширення колії в деяких випадках понад нормовану величину.

Зниження техніко-економічних показників проявляється в тому, що при підвищенні контактних напружень різко збільшуються сили тертя між гребенями коліс та боковою поверхнею рейок, що призводить до їх швидкого зносу, як наслідок, частоті заміни та ремонту деталей екіпажів рухомого складу та верхньої будови колії. Також підвищене тертя знижує силу тяги локомотивів, тобто призводить до недовикористання їх корисної потужності.

Аналіз існуючої літератури показав, що існує велика кількість рішень, направлених на дослідження і контроль процесу тертя і зносу колеса по рейці. Серед технічних рішень можна виділити декілька основних:

- конструктивні рішення [2, 4, 5];
- підбір контактуючих матеріалів та вдосконалення технологій поверхневої обробки [6];
- розробка технологій, технічних засобів і змащувальних матеріалів для лубрикації зони контакту гребеня колеса з рейкою [7].

До конструктивних рішень слід віднести методи вдосконалення візків, а саме радіальне установа колісних пар і використання візків з вдосконаленим ресорним підвішуванням [2, 4]. Візки з радіальним установа колісних пар забезпечують зниження проковзування коліс при проходженні кривих ділянок колії. Останні випробування візків з вдосконаленим ресорним підвішуванням показали значне зменшення поперечних сил при взаємодії коліс, рейок і їх зносу (майже на 50%), а також скорочення споживання палива (приблизно на 20%) в порівнянні із стандартними візками. В покращених візках застосовані діагональні зв'язки і додаткові зв'язки на рамі. Ще одним напрямком [5] є установа на

Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання

вантажних вагонах бокових опор з постійним контактом для пом'якшення проблеми виляння – одного із основних факторів зносу конструктивних елементів візків та руйнування геометрії верхньої будови колії.

Для зниження зносу важливим моментом є підбір матеріалу для виготовлення рейок та коліс рухомого

складу. Сучасні рейки прокатуються лише із зливків сталі [6]. Сталь виготовляється в конверторах за способом Бессемера чи в мартенівських печах. Якість рейкової сталі визначається її хімічним складом, мікроструктурою та макроструктурою. Хімічний склад сталі вітчизняних рейок характеризується добавками до заліза, поданим в таблиці.

Таблиця

Хімічний склад рейкових сталей

Тип рейок	Марка сталі	Вміст елементів, %					
		вуглець	марганець	кремній	фосфор	сірка	миш'як
					не більше		
Р75 ГОСТ 16210-70	М-76	0,69-0,82	0,75-1,05	0,13-0,28	0,035	0,045	0,15
Р65							
Р50	М-75	0,67-0,80	0,75-1,05	0,13-0,28	0,035	0,045	0,15
Р43	М-71	0,64-0,77	0,60-0,90	0,13-0,28	0,40	0,050	Не нормовано

Вуглець підвищує твердість і зносостійкість рейкової сталі. За даними А.І. Скакова, зміна в мартенівській сталі кількості вуглецю з 0,42 до 0,62 % може збільшити її зносостійкість більше ніж в 7 разів, а збільшення з 0,63 до 0,7% – приблизно на 30%.

Марганець підвищує твердість і зносостійкість сталі, забезпечуючи їй достатню в'язкість.

Кремній покращує якість сталі, підвищуючи твердість і спроможність опиратися зносу.

Фосфор і сірка є шкідливими домішками, які надають сталі крихкості.

Миш'як декілька збільшує твердість і зносостійкість рейкової сталі, але в надлишковій кількості зменшує ударну в'язкість.

За мікроструктурою, встановленою під мікроскопом із збільшенням в 100 – 200 разів, компонентами звичайної рейкової сталі є ферит, який складається із вільного

від вуглецю заліза Fe, і перліт, який являє собою суміш фериту і цементиту Fe₃C.

Вивчення мікроструктури рейкової сталі показує, що значний опір зносу і в'язкість забезпечує сорбітова структура. Для отримання сорбітової структури застосовують спеціальну термічну обробку сталі. В наш час найбільшого розповсюдження отримало поверхневе (на 8 – 10 мм) загартовування голівки рейки на сорбітову структуру.

Одним з перспективних напрямків, направлених на керування тертям та зношуванням в системі контакту колеса з рейкою, є оптимізація профілів колеса і рейки [4, 5].

Утворення оптимального профілю рейок і його збереження сприяють зниженню поперечних сил і напружень у взаємодії колеса з рейкою та послаблюють динамічний вплив рухомого складу на колію. Разом з тим виконані розрахунки за математичною моделлю і натурні експерименти показали, що шліфування

робочої викружки голівки зовнішньої рейки кривих створює умови для виникнення жорсткого двоточкового контакту “колесо-рейка”, знижує спроможність вагонних візків до самовстановлення і веде до перекосу візка.

Колеса, які мають значний знос по прокату, перешкоджають орієнтуванню візків у колії, викликають розпир колії, пошкодження внутрішньої рейки кривих і елементів стрілочних переводів. Такі колеса, а також колеса з витонченим гребенем в кривих зі зношеними рейками можуть викликати високі контактні напруження внаслідок неузгодження профілів колеса з рейкою. Колеса з дефектами на поверхні катання є причиною виникнення ударних навантажень, які також викликають пошкодження компонентів колії і рухомого складу.

Шліфування рейок [4] – найбільш розповсюджений спосіб підтримання рейок в працездатному стані. Воно дозволяє своєчасно усунути викривлення профілю, хвилеподібний знос і внутрішні дефекти (які знаходяться при використанні сучасних засобів ультразвукової дефектоскопії), а також покращити вписування рухомого складу в колію. Переваги шліфування виражаються в продовженні строку служби рейок.

Серед способів, які не відносяться до вдосконалення конструкції, найбільш перспективним є використання змащування [7]. Сьогодні використовуються три основних групи рейко- та гребенезмащувачів:

- форсунки для нанесення на гребені коліс рідких мастильних матеріалів;
- колійні лубрикатори – нанесення рідких або консистентних мастильних матеріалів на бокову поверхню рейок;
- тверді мастильні стержні.

Перелічені способи нанесення мастильного матеріалу можуть застосовуватися як окремо, так і у комплексі. Основною їх перевагою є можливість нанесення потрібної кількості мастильного матеріалу безпосередньо в

зону тертя. Це дозволяє, незалежно від конструкції контактуючих тіл, формувати на поверхнях тертя мастильний шар заданої товщини, тим самим змінювати коефіцієнт тертя в широкому діапазоні. Однак такі способи мають деякі недоліки. До недоліків першого способу змащування можна віднести:

- складну багатокомпонентну систему – бак, насос, форсунки, шланги (як наслідок, велика вірогідність виходу з ладу окремих компонентів);

- високі вимоги до кваліфікації обслуговуючого персоналу і якості проведення робіт з ремонту та обслуговування системи;

- високу вірогідність попадання мастильного матеріалу на доріжку катання;

- високу залежність в'язкості мастильної речовини від температури навколишнього середовища;

- високу вартість.

Колійні лубрикатори мають такі недоліки:

- також складну багатокомпонентну систему і високі вимоги до кваліфікації персоналу;

- високу залежність в'язкості мастильної речовини від температури навколишнього середовища;

- обмеженість дії від місця установлення;

- високу вартість.

Тверді мастильні стержні також мають недоліки:

- низьку адгезію;

- потрапляння мастильної речовини на доріжку катання внаслідок викрашування;

- відсутність достатньої товщини нанесеного шару мастильної речовини;

- велике спрацьовування стержня незалежно від наявності контакту гребінь-рейка;

- високу вартість стержнів.

Незважаючи на перелічені недоліки, змащування поверхонь контакту «колесо-рейка» в кривих ділянках залишається

актуальним. Тут головними задачами є впровадження мастильних матеріалів нового покоління, наприклад, із застосуванням сучасних присадок або добавок (наночастинки вуглецю та ін.). Це дозволить максимально зменшити тертя та зношування, а також скоротити витрати мастильних матеріалів.

Огляд робіт з керування зчепленням на поверхні катання колеса по рейці. Суттєвий вклад в підвищення зчеплення вносить механічна складова сил тертя [10], яка виникає за рахунок механічного зачеплення мікронерівностей або за рахунок впровадження абразивних часток, наприклад піску. При цьому вважається, що робота сил тертя витрачається на знищення міжповерхневих зв'язків і деформування поверхневого шару. Хоча додавання піску є одним з дієвих способів підвищення тертя в зоні контакту, він одночасно є не бажаним через те, що пісок забруднює баласт, тим самим погіршуючи його дренажні якості, та руйнує поверхню катання коліс і рейок, що призводить до підвищення корозії і швидкого руйнування.

Однією з перспективних технологій підвищення зчеплення в парі тертя “колесо-рейка” є вплив на контакт електричного струму та магнітного поля [8]. Результати експериментальних досліджень, проведених Д.В. Ворбйовим показують, що на установці, виконаній за схемою “диск-площина”, яка імітує взаємодію колеса з рейкою, при вмиканні електричного струму і пропусканні його через контакт значно зростають сили зчеплення (коефіцієнт зчеплення зростає з 0,35 до 0,5). Суть досліджень полягала у пропусканні через контакт електричного струму 100...250 А та магнітного поля напруженістю до 7,5 КА/м.

Дія магнітного поля при відсутності вологого середовища і при його наявності не створює значного впливу на силу тертя (зростання сили тертя склало приблизно 10...20 %). При збільшенні напруженості

магнітного потоку, який характеризується силою струму в магнітній котушці, коефіцієнт тертя зростає. При зростанні струму від 10 А до 20 А коефіцієнт тертя зростає від 0,176 до 0,220.

Вплив електричного струму і магнітного поля на відміну від традиційного способу підвищення зчеплення шляхом застосування піску не призводить до пошкодження коліс і рейок, про що говорять показання профілограм, зняті з поверхонь тертя [8]. Спостерігається деяке покращення поверхні, зокрема зниження її шорсткості.

Аналогічним способом керування зчепленням може бути магнітно-імпульсна обробка поверхневих шарів колеса та рейки в процесі кочення. Згідно з роботою [9], обробка зразка сталі У8 імпульсним магнітним полем напруженістю 550 кЕ в поверхневому шарі сталі глибиною менше 400 мкм дає зростання мікротвердості до 30 % за рахунок теплового розігріву і з подальшим відновленням кристалічної решітки. Такі процеси, безумовно, приведуть до зміни параметрів зчеплення колеса із рейкою, які мають модифіковані поверхневі шари.

Наведені вище способи зміни параметрів зчеплення базуються на досить енергонасичених фізичних явищах, таких як електричний або магнітний розігрів поверхневих шарів металу.

В сучасних умовах, коли актуальною задачею є розробка енергозберігаючих технологій для транспорту, пошук нових ідей з керування зчепленням слід проводити на атомно-молекулярному рівні. Вперше такий підхід [10] був застосований професором Д.П. Марковим. Згідно з його роботами, процес зчеплення слід розглядати з позицій фононного тертя, коли контактуючі поверхні наближаються одна до одної на відстань, близьку до міжатомної відстані кристалічної решітки металу. В цьому випадку енергія іде не на створення і руйнування адгезійних зв'язків, а на збудження коливань атомів, які у

фізиці твердого тіла прийнято називати фононами.

Використовуючи уявлення про фононне тертя, можна припустити можливість зовнішнього впливу на сили електромагнітної взаємодії поверхневих атомів контактуючих тіл. При цьому незначна за енерговитратами зовнішня дія може призвести до суттєвої зміни сил взаємодії між контактуючими поверхнями, як наслідок – до суттєвої зміни зчеплення колеса із рейкою.

Розвиток вказаного напрямку потребує проведення спеціальних теоретичних та експериментальних досліджень, спрямованих на вивчення впливу зовнішніх електричних та магнітних полів на сили фононного тертя.

Висновки

1. При запровадженні ресурсо- та енергозбереження в процесі руху рухомого

складу залізниць слід вирішувати дві головні задачі:

- мінімізувати тертя та зношування колеса та рейки в кривих ділянках колії;

- підтримувати на заданому рівні параметри зчеплення колеса із рейкою на поверхні катання.

2. Найбільш перспективним способом зменшення тертя та зношування коліс та рейок в кривих ділянках є використання змащування із застосуванням мастильних матеріалів нового покоління.

3. При вирішенні проблеми забезпечення надійного зчеплення коліс локомотивів із рейками слід враховувати фононний механізм тертя при зближенні контактуючих поверхонь до рівня атомарної шорсткості. Такий підхід до проблеми дозволить в найближчому майбутньому розробити енергозберігаючі технології керування тертям та зчепленням.

Список використаних джерел

1. Воробьев, А.А. Исследования напряженного состояния пятна контакта колеса и рельса [Электронный ресурс] / А.А. Воробьев, П.Г. Сорокин. – Режим доступа: http://science-bsea.narod.ru/2004/mashin_2004/vorobiev_issled.htm.
2. Камаев, А.А. Взаимодействие локомотива и пути в кривых участках пути [Текст]: учеб. пособие / А.А. Камаев, Г.С. Михальченко. – Тула: Тульский политехнический институт, 1977. – 68 с.
3. Воробьев, А.А. К вопросу механики контактного взаимодействия колеса и рельса [Электронный ресурс] / А.А. Воробьев, Ю.В. Рязанов, П.М. Терехов. – Режим доступа: http://www.science-bsea.bgita.ru/2010/mashin_2010/vorobev_vopros.htm.
4. R. Sawley, R. Reiff. Railway Age, 1999, №6, p. 44, 46, 48, 49.
5. S. Kalay, J. Samuels. Railway Track & Structures, 2002, № 3, p. 13 – 16.
6. Амелин, С.В. Путь и путевое хозяйство [Текст] / С.В. Амелин, Л.М. Дановский; под ред. С.В. Амелина. – 3-е изд., перераб. – М.: Транспорт, 1972. – 216 с.
7. Лисіков, Є.М., Шляхи удосконалення стрілочних переводів залізниць України при використанні систем дозованого вводу мастильних матеріалів [Текст] / Є.М. Лисіков, В.М. Астахов, С.В. Ворнін, Ю.Л. Тулей // 36. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2010. – Вип. 24. – С. 5-10.
8. Воробьев, Д.В. Улучшение фрикционных характеристик пары трения колесо-рельс за счет воздействия на контакт электрического тока и магнитного поля [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.22.07 / Д.В. Воробьев. – Брянск, 2005. – 153 с.
9. Аліханов, С.Г., Фазові перетворення в поверхневому шарі металу при взаємодії сильного імпульсного магнітного поля [Текст] / С.Г. Аліханов, В.П. Бахтін, Н.А. Железнов, [та ін.] // Поверхня. Фізика, хімія, механіка. – 1986. – Вип. № 10. – С 144-146.

10. Марков, Д.П. Механизмы сцепления пары колесо-рельс с учетом фонов трения [Текст] / Д.П. Марков // Вестник ВНИИЖТ. – 2003. - №6. - С. 34-39.

Рецензент д-р техн. наук, професор М.П. Ремарчук

Воронін Сергій Володимирович, канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин.

Карпенко Сергій Степанович, головний інженер КП “Харківський метрополітен”.

Волков Олександр Вікторович, гр. 13-V-БКМм.

Бакін Кирило Олексійович, гр. МЗ-БКМ-Б-11.

Voronin S.V., cand. of techn. sciences.; Karpenko S.S., eng.; Volkov A.V., Bakin K.O.

УДК 620.22

ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ УСТАНОВОК ДЛЯ ОТРИМАННЯ НАНОЧАСТИНОК ВУГЛЕЦЮ ЕЛЕКТРОДУГОВИМ МЕТОДОМ

**Кандидати техн. наук С.В. Воронін, Д.В. Онопрейчук,
інж. О.О. Суранов, Д.О. Амінов**

ОБЗОР И АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ УСТАНОВОК ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ УГЛЕРОДА ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ МЕТОДОМ

**Кандидаты техн. наук С.В. Воронин, Д.В. Онопрейчук,
инж. А.А. Суранов, Д.А. Аминов**

REVIEWS AND ANALYSIS OF DESIGNS FOR RECEIVE OF CARBONS NANOPARTICULARS BY ELECTRICAL ARC METHOD

**Cand. of techn. sciences S.V. Voronin, cand. of techn. sciences D.V. Onopreychuk,
eng. A.A. Suranov, D.A. Aminov**

У роботі наведені результати патентного пошуку та огляд конструкцій установок для отримання високоструктурованих наночастинок вуглецю (ВНВ) електродуговим методом. Виявлено основні переваги й недоліки існуючих конструкцій. З урахуванням унікальних властивостей ВНВ вони можуть використовуватися в транспортному машинобудуванні.

Ключові слова: наночастки вуглецю, електродуговий метод, фізичні властивості наночастинок.

В работе приведены результаты патентного поиска и обзор конструкций установок для получения высокоструктурированных наночастиц углерода (ВНУ), фуллеренов. Выявлены основные преимущества и недостатки существующих конструкций. С учетом уникальных свойств ВНУ они могут быть использованы в транспортном машиностроении.

Ключевые слова: наночастицы углерода, электродуговой метод, физические свойства наночастиц.

The paper presented the results of a patent search and review of plant designs for visokostrukturovanih nanochastok carbon (VNC), fulereniv and more. The basic advantages and disadvantages of the existing structures. Given the unique properties of the VNC, they can have on transport engineering. Of particular interest is the possibility to adjust the initial value of the products obtained by regulating VNC on parameters such as current combustion electrodes, the voltage at the electrodes of the last feed rate, the inert gas pressure in the reactor, the distance between the electrodes and so on. With the control of parameters we have significantly changed the course of the combustion reaction of the electrodes as well as have the ability to program and control the reaction, in order to receive a specified or required nanoparticle the previous defined parameters.

Keywords: nanoparticles carbon, electric-method, physical properties of nanoparticles.

Постановка проблеми. Відкриття фулеренів у 1985 році викликало величезний інтерес у науковому співтоваристві, із цього моменту ці вуглецеві наночастинки привертають до себе все більшу та більшу увагу. Основою для одержання фулеренів є високотемпературні пари вуглецю. Дотепер було відомо два основних алотропних стани вуглецю: 3D форма (структура алмазу) і шарувата - 2D форма (структура графіту). В 1985 р. Харольдом Крото й Ричардом Смоті була відкрита 0D форма, що складається з 60 атомів вуглецю, названа фулеренами. Це відкриття було відзначено Нобелівською премією з хімії. А в 1991 році Іїжима виявив нову 1D форму вуглецю - довгасті трубчасті вуглецеві утворення, названі нанотрубками [1].

Результати попередніх досліджень властивостей наночастинок вуглецю у вигляді нанотрубок, графенів, фулеренів показали, що їх використання в трибовузлах машин приводить до зниження коефіцієнта тертя у 2-2,5 раза.

Існуючі на сьогодні способи та пристрої виробництва для одержання високоструктурованих наночастинок вуглецю (ВНВ) не дозволяють виробляти їх у достатній кількості для досліджень і застосування. Крім того, ВНВ мають високу собівартість у виробництві.

Тому розробка нових способів і пристроїв є актуальним завданням.

Нижче наведений огляд та аналіз наявних на сьогодні конструкцій пристроїв

для одержання ВНВ методом електродугового випарювання гарфіту в атмосфері інертних газів.

Однією з досконалих конструкцій реакторів для одержання ВНВ є пристрій, показаний на рис. 1 [2], який використовує електродуговий розряд постійного струму між вуглецевим анодом і катодом у герметичному реакторі з інертною атмосферою, систему пересування фулеренової сажі з реактора окремим потоком інертного газу.

Сажа осаджується на поверхні охолоджуваних водою трубок, здувається потоком інертного газу в посудини з толуолом (метод барбатації). Газ повертається в реактор.

Особливість пристрою полягає в тому, що один з електродів 6 (графітовий анод) має можливість поступального переміщення, а другий електрод виконаний у вигляді мідного охолоджуваного циліндра 2, діаметром учетверо більше графітового анода, що має можливість обертання навколо своєї осі. Крім того пристрій оснащений шкребком для очищення катода від депозиту.

Перевагою даного способу та пристрою є наявність охолоджуваних радіаторів усередині реактора, а також осадження сажі відразу в толуолові посудини. Це дає можливість розділяти графені, нанотрубки, фулерени й графітову сажу.

Недоліками зазначеного пристрою є:
- великі втрати вуглецю на утворення депозиту на катоді;

- неможливість здійснення безперервного процесу та необхідність подачі окремого потоку інертного газу;

- відсутній бункер для збору недогарків електродів;
- немає фільтра для толуолу, який має можливість потрапляння в камеру реактора.

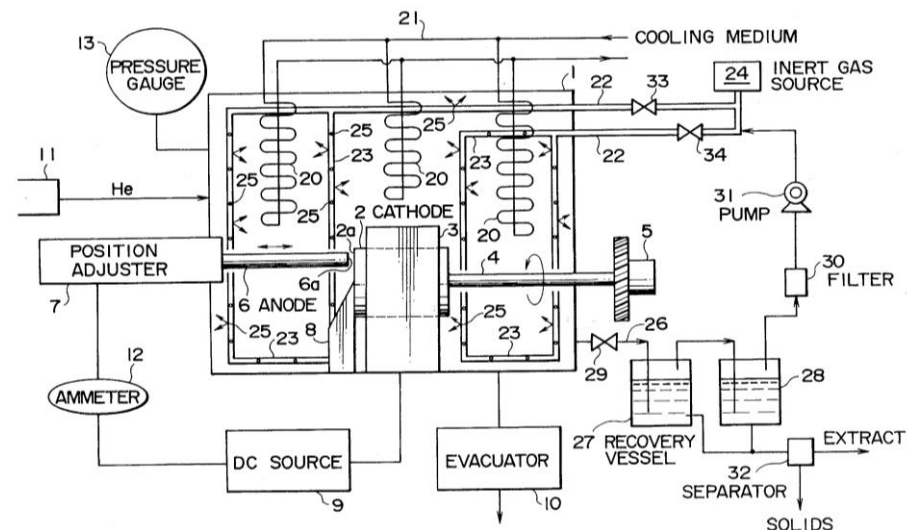


Рис. 1. Пристрій для виробництва ВНВ:

1 – камера; 2 – катод; 2а – поверхні катода; 3 – опорний елемент; 4 – вал; 5 – приводний механізм; 6 – анод; 6а – верхній кінець анода; 7 – регулятор; 8 – шкребок; 9 – джерело постійного струму; 10 – евакуатор; 11 – джерело; 12 – амперметр; 13 – манометр; 20 – охолоджувач; 21 – рециркуляційний трубопровід; 22 – лінії інертного газу; 23 – трубки; 24 – джерело інертного газу; 25 – отвори; 26 – випускний трубопровід; 27-28 – посудини; 29, 33 й 34 – крани; 30 – фільтр; 31 – насос– 32 – сепаратор

Особливістю іншої конструкції реактора для одержання ВНВ є пристрій, показаний на рис. 2 [3], який включає плазмовий реактор у вигляді герметичної циліндричної камери із системою циркуляції інертного газу, із засобом уловлювання фулеренової сажі, з розміщеними по осі камери двома графітовими стрижневими електродами, один із яких нерухомо закріплений в охолоджуваному струмопроводі, а інший установлений у другому охолоджуваному струмопроводі з можливістю осьового поступального переміщення. Реактор додатково оснащений камерою дегазації рухомого графітового електрода тліючим розрядом, система циркуляції інертного газу оснащена кільцевим щілинним соплом, розміщеним коаксіально електродам, а засіб уловлювання фулеренової сажі

оснащено електрофільтром, установленим на вході системи циркуляції інертного газу.

У даному пристрої забезпечується дегазація одного з електродів. До недоліків пристрою відноситься відносно невисока продуктивність по сажі та фулеренам при значних витратах енергії, можливість зриву дуги потоком інертного газу й пропалювання стінки розрядної камери.

У даному пристрої сопла доцільно виконувати із внутрішнім радіусом R не меншим 45 мм. Вихід сопла може бути встановлений на відстані 30-40 мм від площини, що проходить через центр міжелектродного зазора. Для закручування кільцевого потоку інертного газу сопло оснащено дефлектором. Дефлектор виконаний у вигляді пластин, установлених у соплі під гострим кутом до його осі, або у вигляді напрямних лопаток.

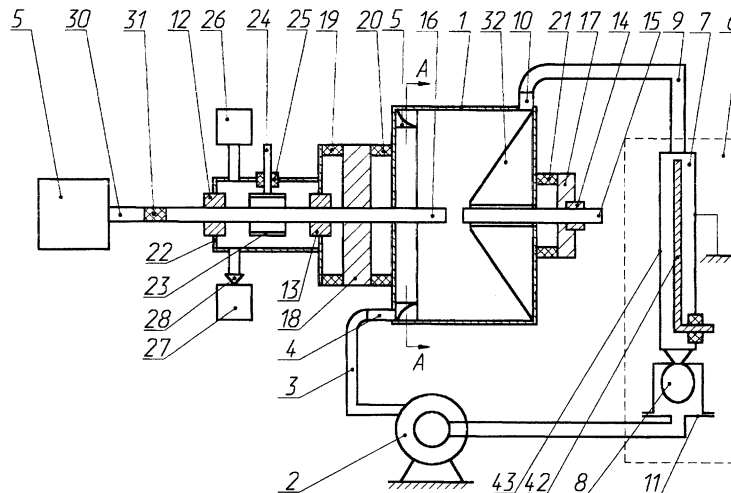


Рис. 2. Схема реактора для одержання ВНВ:

1 – герметична циліндрична камера із системою циркуляції інертного газу, 2 – газовий нагнітач, 3,9 – трубопровід, 4 – штуцер, 5 – кільцеве сопло, 6 – фулеренова сажа, 7 – електрофільтр, 8 – рукавний фільтр, 10 – вихідний патрубок, 11 – вихідний фланець, 12-14 – ущільнення Вільсона, 15, 16 – нерухомий і рухомий електроди, 17-18 – струмопроводи, 19-21 – ізолятори, 22 – камери дегазації, 23 – кільцевий електрод, 24 – вивід, 25 – ізолятор, 26 – форвакуумний насос, 27 – балон інертного газу, 28 – голчастий клапан, 29 – система переміщення, 30 – штовхач, 31 – ізолятор, 32 – конічний екран, 33,36 – сорочка, 34-35,37,38,40-41 – патрубки, 42 – центральний електрод, 43 – заземлений корпус

Недоліками даного пристрою є:

- необхідність періодично зупиняти реактор для очищення рукавного фільтра;
- необхідність змінювати полярність джерела дуги;
- відсутність системи охолодження циркуляційного інертного газу;
- недостатнє очищення циркуляційного інертного газу від фулеренової сажі, що може привести до «отруєння» газу фулереновою сажею.

- неефективне використання дорогих електродів, вони не можуть повністю згоріти через велику відстань між струмопроводами.

Найбільш досконалою конструкцією реактора є пристрій, показаний на рис. 3 [4].

Пристрій містить наступні основні вузли й деталі.

У верхній частині корпуса 1 (рис. 3) є охолоджувана камера 2, виготовлена з нержавіючої сталі. Простір 3 між корпусом

1 і камерою 2 служить для циркуляції води, призначеної для охолодження камери 2 (система циркуляції води на кресленні не показана).

Камера 2 приєднана до системи, що забезпечує циркуляцію усередині камери інертного газу, наприклад гелію (система на кресленнях не показана), та сполучена з одним або декількома збірниками фулеренової сажі (збірники на кресленнях не показані).

Усередині камери 2 один проти одного розташовані електроди 4 та 5. Електрод 4 розташований в ізоляторі 6, що виключає електричний контакт електрода з камерою 2. Цей же електрод 4 оснащений струмопроводом 7, змонтованим зовні корпуса 1. Струмопровід 7 електрично підключений до одного з виходів джерела живлення електричної дуги (джерело, електрична дуга та всі електричні з'єднання на кресленні не показані).

Електрод 5 перебуває в електричному контакті зі струмопроводом 8, який підключений до іншого виходу джерела живлення й установлений в отворі камери, пресування, 9. Остання герметично вмонтована в стінці камери 2. Отвір у камері 9 має поперечний переріз, як у електрода 5.

Камера пресування 9 є частиною шнекового преса, розміщеного зовні охолоджуваної камери 2. У корпусі 10 преса розташований шнек 11, що складається із циліндричної і конічної частин. При цьому внутрішня поверхня корпусу 10 повторює зовнішню

конфігурацію шнека 11, забезпечуючи при цьому мінімальний зазор між ними.

Шнек 11 за допомогою свого хвостовика 12, що проходить крізь отвір у нижній частині корпусу 1, кінематично пов'язаний із приводом обертання 13, розташованим зовні цього корпусу. Вузол 14 виконує функцію опорного елемента хвостовика 12 шнека й функцію ущільнювального елемента, який виключає можливість проникнення атмосферного повітря усередину корпусу 1 через сполучення «отвір у корпусі 1 – елемент 14 – хвостовик 12».

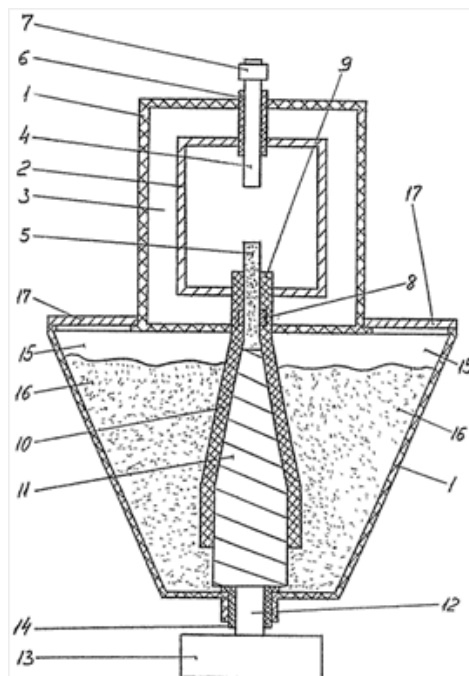


Рис. 3. Загальний вигляд установки:

1 – корпус, 2 – камера, 3 – порожнина для циркуляції води, 4-5 – електроди, 6 – ізолятор, 7-8 – струмопроводи, 9 – камера пресування, 10 – корпус преса, 11 – шнек, 12 – кулачковий вал, 13 – привод обертання, 14 – ущільнення, 15 – бункер, 16 – сипуча графітова маса зі сполучними добавками, 17 – кришка

У нижній частині корпусу 1 є бункер 15, який також входить до складу шнекового преса 10, 11. Бункер сполучений з нижньою циліндричною частиною преса й призначений для завантаження в нього сипучої маси 16, що містить графітовий

порошок. Маса 16 призначена для формування електрода 5.

Використовувана для роботи пристрою графітова маса 16 змішана зі зв'язувальною речовиною – кам'яновугільною смолою, пеком, що є залишком розгону цієї смоли або ін.

Недоліками даного винаходу є:

- недостатня якість отриманих продуктів випару графіту (нанотрубок і фулеренів), пов'язана з необхідністю додавання до графітового порошку зв'язувальної речовини, що забруднює отримані продукти й знижує їхній вихід;

- застосування шнекових пресів для пресування графітових стрижнів у камері випару реактора, як пропонують автори прототипу, може привести до спікання суміші до виходу з пресувальної камери, і, як наслідок, до зупинки його роботи. Цим пояснюється недостатня надійність пристрою.

Висновки. Порівняння результатів роботи установок показало, що найпростішим і найпродуктивнішим серед відомих є електродуговий метод одержання нанотрубок і фулеренів. Однак вихід корисних продуктів не перевищує 15 %.

Крім того, велика кількість конструкцій реакторів для одержання ВНВ свідчить про те, що дотепер не знайдена оптимальна конструкція, яка б гарантувала одержання продукту із заданими властивостями, стабільними параметрами та у необхідних кількостях.

Незважаючи на наявні результати численних досліджень, ВНВ поки що не мають широкого застосування на транспорті. З огляду на їхні унікальні властивості, застосування їх у транспортному машинобудуванні можливо в найближчій перспективі.

Перераховані конструкції реакторів є далеко не вичерпними, а розкриваються в статті лише тому, що можуть бути створені більш досконалі в найближчому майбутньому.

Список використаних джерел

1. Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения [Текст]: учеб. пособие / Б.М. Балоян, А.Г. Колмаков, М.И. Алымов, А.М. Кротов. – М.: Наука, 2007 – 124 с.

2. Способ и устройство для производства фуллеренов [Текст]: пат. 5587141 Рос. Федерация: МПК C01B31/02, B82B3/00 / Fumikazu Ikazaki; заявитель и патентообладатель Ген. директор промышленной науки и технологии. – заявл. 13.02.1995; опубл. 24.12.1996, Бюл. № 3. – 10 с.

3. Способ производства фуллеренсодержащей сажи и устройство для его осуществления [Текст]: пат. 2341451 Рос. Федерация: МПК C01B31/00, B82B3/00 / Болстрен Н.Н., Басаргин И.В., Богданов А.А., Седов А.И., Флиппов Б.М.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственная компания "НеоТекПродакт". – № 2007112872/15; заявл. 30.03.2007; Бюл. № 4. – 23 с.

4. Способ получения фуллеренсодержащей сажи и устройство для реализации этого способа [Текст]: пат. 2418741 Рос. Федерация: МПК C01B31/02, B82B3/00 / Буч Е.М.; заявитель и патентообладатель ИЛИП. – № 2009117493/ заявл. 29.04.2009; опубл. 10.11.2010, Бюл. № 6. – 22 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор М.П. Ремарчук

Воронін Сергій Володимирович, канд. техн. наук, доцент, завідуючий кафедри будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин.

Онопрейчук Дмитро В'ячеславович, канд. техн. наук, доцент кафедри будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин.

Суранов Олексій Олексійович, інженер.

Амінов Дмитро Олексійович, слухач НН ІППК, гр. МЗ-БКМ-Б-11.

Voronin S.V., cand. of techn. sciences; Onopreychuk D.V., cand. of techn. sciences; Suranov A.A. eng.; Aminov D.A.

УДК 621.829

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОБРОБКИ МОТОРНИХ ОЛИВ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИМ ПОЛЕМ НА ТОВЩИНУ ГРАНИЧНОЇ МАСТИЛЬНОЇ ПЛІВКИ

Канд. техн. наук Г.М. Афанасов, А.А. Єкименко, І.Г. Криворучко

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ОБРАБОТКИ МОТОРНЫХ МАСЕЛ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМ ПОЛЕМ НА ТОЛЩИНУ ГРАНИЧНОЙ СМАЗОЧНОЙ ПЛЕНКИ

Канд. техн. наук Г.М. Афанасов, А.А. Екименко, И.Г. Криворучко

EXPERIMENTAL STUDY OF MOTOR OIL TREATMENT ELECTROSTATIC FIELD ON THE THICKNESSBOUNDARY LUBRICATING FILM

Cand. of techn. sciences G. Afanasov, A. Ekimenko, I. Krivoruchko

Згідно з експериментальними дослідженнями за рахунок запропонованого способу інтенсифікації адсорбційного процесу при накладанні зовнішнього електростатичного поля можна збільшити товщину захисної плівки до 1,5 разу. Ці дані підтверджують основну гіпотезу зі зниження інтенсивності зношування і такий спосіб дозволяє поліпшити протизношувальні властивості моторних олив, які використовуються у масляних системах тепловозів, та підвищити їх ефективність функціонування.

Ключові слова: моторна олива, змащувальна плівка, дизель, зношування, машина тертя, електромагнітна обробка.

Согласно экспериментальным исследованиям за счет предложенного способа интенсификации адсорбционного процесса при наложении внешнего электростатического поля можно увеличить толщину защитной пленки до 1,5 раза. Эти данные подтверждают основную гипотезу по снижению интенсивности изнашивания и такой способ позволяет улучшить противоизносные свойства моторных масел, которые используются в дизелях, и повысят их эффективность функционирования.

Ключевые слова: моторное масло, смазывающая пленка, дизель, изнашивание, машина трения, электромагнитная обработка.

Electrostatic processing engine oil «M-14-B2» can intensify the adsorption layer on friction surfaces . The major parameters affecting the adsorption process is the voltage applied to the electrodes and the gap between them. The most intensive process of adsorption of additive molecules on the surfaces of friction crank mechanism in the inter-electrode gap is 2 mm and a voltage of 1000 V. These parameters can be considered reasonable in terms of the adsorption process intensification criterion thickness of adsorbed layer.2. According to experimental studies of the proposed method by intensifying the adsorption process in an external electric field can increase the thickness of the protective film to 1.5 times. These findings support the main hypothesis to reduce the wear and thus improves the anti-wear properties of engine oils used in diesel oil engines and increase their operational efficiency.

Keywords: *motor oil, lubricating film, diesel, wear, friction machine, electromagnetic treatment.*

Постановка проблеми. Для забезпечення ефективної роботи будівельної техніки величезне значення має надійність її роботи. У зв'язку з цим виникає завдання розроблення нових методів, що дозволяють продовжити ресурс дизелів. Одним з варіантів вирішення цього завдання є покращення протизношувальних властивостей моторних олив.

Протизношувальні властивості моторних олив у дизелях в даний час підтримуються шляхом очищення від забруднень. Проте це далеко не завжди ефективно, а крім того, для значно зношених дизелів цього недостатньо. Встановлення на двигунах додаткових засобів очищення призводить до підвищення витрат при експлуатації й ускладнення конструкції двигуна.

У зв'язку з цим виникає необхідність пошуку нових альтернативних засобів підвищення протизношувальних властивостей моторних олив, зокрема, шляхом обробки їх електростатичним полем. Таке рішення проблеми не призводить до значних економічних витрат при експлуатації дизелів, а їхня ефективність, згідно з відомостями, наведеними в літературі, не менше, а в деяких випадках більше вже існуючих методів і засобів.

Метою даних досліджень було встановити позитивний вплив обробки моторних олив електростатичним полем на товщину граничної мастильної плівки в парах тертя дизелів.

Основний матеріал. Для підтвердження такої гіпотези були проведені експериментальні дослідження з визначення товщини адсорбованих граничних мастильних шарів за допомогою відомої, але модернізованої стопи О.С. Ахматова [1, 2]. Модернізація стопи полягала в наступному.

У стопі О.С. Ахматова застосовувалися металеві пластинки, змащені оливою, яка досліджувалася. Після стискання заданої кількості пластин визначається їхня сумарна товщина й порівнюється з товщиною сухих пластин. За рахунок різниці між товщинами пакетів пластин у порівнюваних варіантах встановлювалася товщина мастильної плівки.

Недоліком такого способу є те, що між пластинками разом з оливою можуть бути наявні частинки забруднень (як правило, пил), які завжди містяться в оливі і розміри яких у декілька разів більше товщини граничного шару, тому результати досліджень дещо завищені, що призводить до значної похибки вимірювання таким способом.

У зв'язку з цим замість пластин були застосовані змащені оливою кульки, які розташовуються одна за іншою у трубці 5 (рис. 1). Перевага такого способу полягає у тому, що ймовірність потрапляння частинок забруднень у точку контакту кульок мінімальна. Однак кульки в порівнянні з тонкими пластинами мають значно більшу масу, тому розташовувати стопу вертикально, як це передбачено в стопі О.С. Ахматова із пластинами, недоцільно, оскільки граничні шари між кульками перебуватимуть у нерівних умовах через те, що зусилля, які діють на них, будуть за висотою різні: на нижні кульки зусилля більші, ніж на верхні. Через це товщина граничних шарів між кульками за висотою стопи буде різною. Для виключення цього в модернізованій стопі кульки розташовуються горизонтально.

На першому етапі досліджень використовувалися сухі знежирені в бензині Б-70 кулі, які заковувалися в трубку 5 і підтискалися пружиною індикатора. Отримані на його шкалі показання вважалися початковими для подальших випробувань.

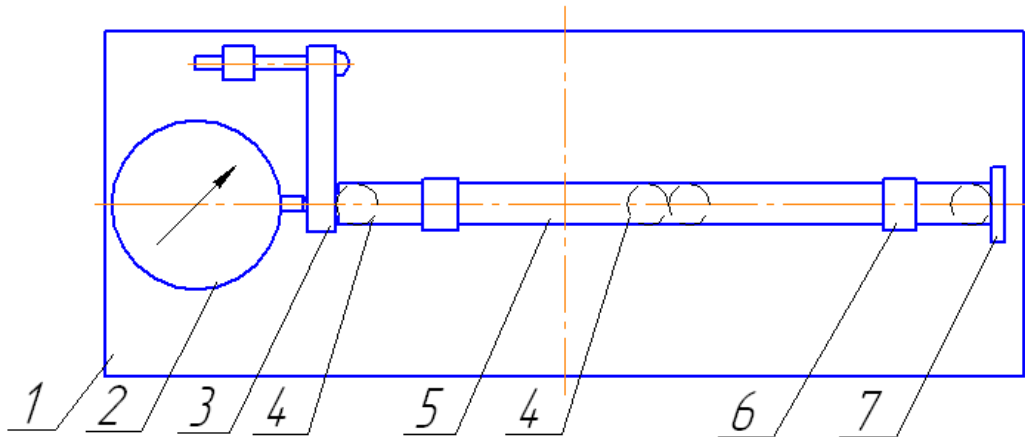


Рис. 1. Схема приладу для визначення товщини змащувальних шарів:
1 – станина; 2 – індикатор годинникового типу; 3 – механізм навантаження;
4 – металеві кульки; 5 – металева трубка; 6 – кріплення; 7 – упор

На другому етапі кулі змащувалися базовою моторною оливою М10В₂, після чого кулі знов закладалися назад в трубку 5 і піддавлювалися індикаторною голівкою з тим же зусиллям. Різниця між показниками індикатора при вимірюваннях на першому і другому етапах, віднесена до числа зазорів між кулями, а також останніми кульками з індентором і кріпильним кутником (всього

31 зазор) і є товщиною мастильного шару моторної оливи.

На третьому етапі проводилися аналогічні попереднім дослідження, проте в цьому випадку застосовувалася моторна олива М10В₂, оброблена електростатичним полем.

Обробка моторної оливи здійснювалася на спеціальному лабораторному стенді (рис. 2).

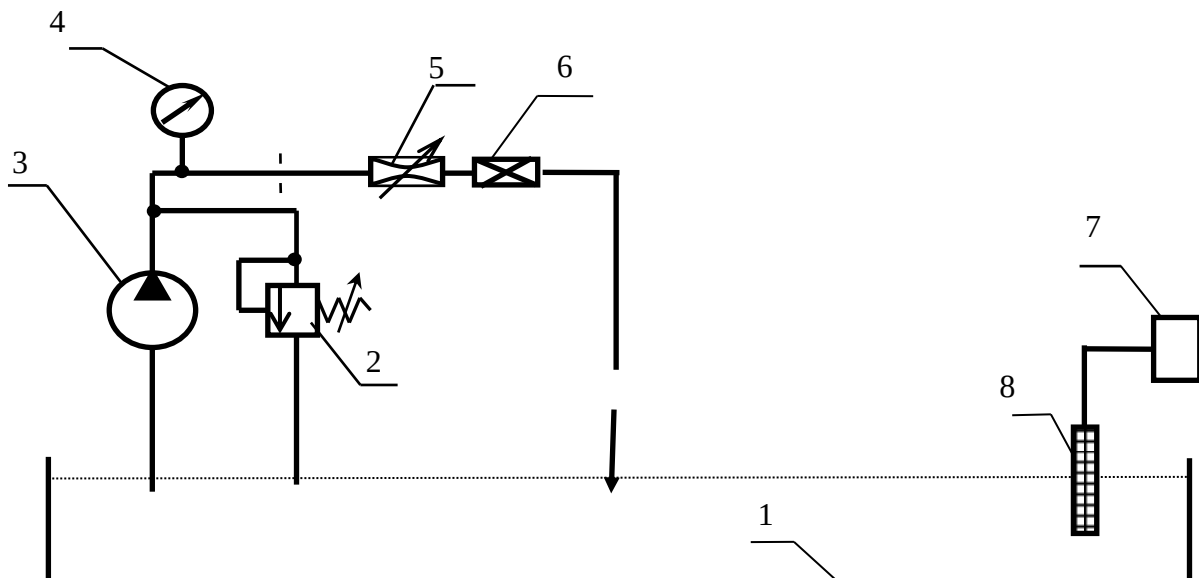


Рис. 2. Схема лабораторного стенда для обробки моторних олив електростатичним полем:
1 – бак з оливою; 2 – запобіжний клапан; 3 – насос; 4 – манометр; 5 – регульований дросель; 6 – пристрій для електростатичної обробки оливи; 7 – терморегулятор; 8 – нагрівальний елемент

Принцип роботи стенда наступний. Моторна олива з бака 1 за допомогою насоса 3 подається в пристрій для обробки олив електростатичним полем 6, потім зливається назад в бак 1. Швидкість оливи, що надходить в пристрій 6, регулюється дроселем 5. Температура моторної оливи в баку підтримувалася за допомогою нагрівального елемента 8 і терморегулятора 7 на рівні $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, що відповідає середній температурі моторної оливи в картері дизелів.

Програма проведення експериментальних досліджень передбачала реалізацію

експерименту з двома чинниками, де функцією відгуку була товщина адсорбованої плівки (h , мкм) з такими незалежними чинниками:

- напруга, що подається на пристрій, U , В;

- зазор електродів Δ , мм.

Результати експериментальних досліджень залежності товщини граничної адсорбованої мастильної плівки від величини зазора між електродами в пристрої для електростатичної обробки і напруги, що подається на нього, показано на рис. 3.

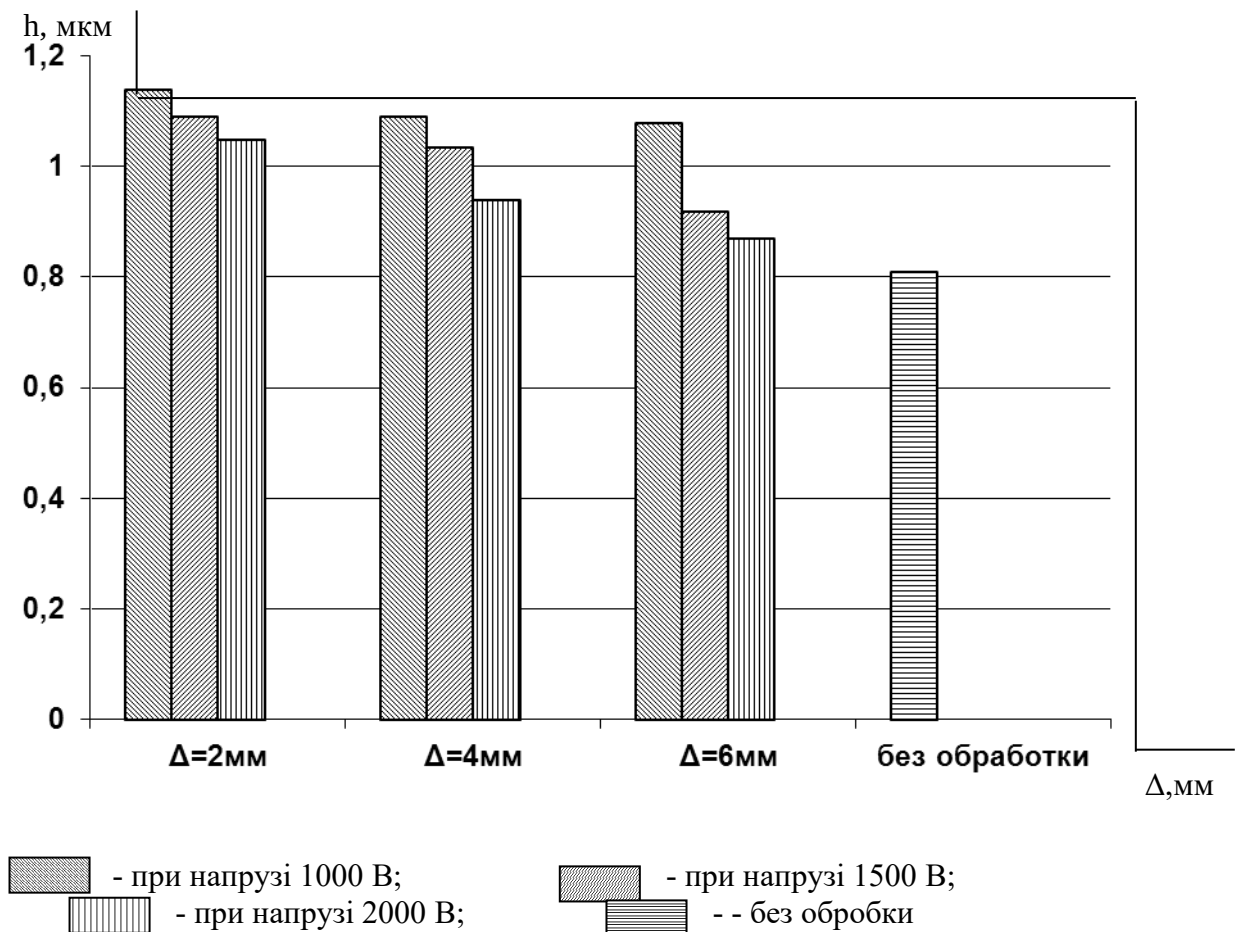


Рис. 3. Зміна товщини граничної мастильної плівки в залежності від зазора між електродами і напруги

Згідно з поданими гістограмами (рис. 3), обробка моторних олив електростатичним полем дозволяє значно

збільшити товщину адсорбованої мастильної плівки в 1,5 разу при напрузі, що подається на пристрій 1000 В і зазором

між електродами $\Delta=2$ мм. Це обумовлено, очевидно тим, що при електростатичній обробці має місце значне збільшення в порівнянні із свіжою оливою концентрації молекул ПАР (поверхнево-активних речовин) унаслідок руйнування міцелярних структур. Це у свою чергу забезпечує створення граничної плівки значно більшої товщини, що надійно розділяє поверхні тертя. Завдяки цьому не допускається їх взаємна адгезія, що призводить до схоплювання і, як наслідок, до задирання. Внаслідок цього можна очікувати зменшення швидкості зношування деталей.

Висновки

1. Обробка моторної оливи електростатичним полем дозволяє значно збільшити товщину мастильної плівки на поверхнях тертя дизелів, що дозволяє прогнозувати зниження швидкості зношування, найбільшою мірою ефект електрообробки виявляється при значенні напруги, що подається на пристрій для обробки моторних оливи електростатичним полем в 1000 В і зазором між електродами $\Delta=2$ мм.

2. Надалі доцільно проведення стендових реостатних випробувань з метою встановлення впливу обробки моторних оливи електростатичним полем на зношування деталей дизелів.

Список використаних джерел

1. Ахматов, А.С. Молекулярная физика граничного трения [Текст] / А.С. Ахматов. – М.: Физматгиз, 1963. – 471 с.
2. Горбань, В.Г. Забезпечення ресурсозбереження тепловозних дизелів активацією змащувальних оливи [Текст]: дис. ...канд. техн. наук / В.Г. Горбань. – Харьков, 2007. – 160 с.
3. Лысиков, Е.Н. Физические основы механизма воздействия внешнего электростатического поля на структуру рабочей жидкости гидроприводов строительных и дорожных машин [Текст] / Е.Н. Лысиков // Вестник Харьковского государственного автомобильно-дорожного технического университета. – Харьков: РИО ХГАДТУ, 2000. – Вып. 11. – С. 44-47.
4. Лисіков, Є.М. Протизношувальні випробування моторної оливи для тепловозних дизелів при обробці електромагнітним полем [Текст] / Є.М. Лисіков, С.В. Воронін, Г.М. Афанасов // Підвищення ефективності перевантажувальних, будівельних і колійних робіт на транспорті: зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – Вип. 73. – С. 60-65.

Рецензент д-р техн. наук, професор М.П. Ремарчук

Афанасов Георгій Михайлович, канд. техн. наук, доцент кафедри будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин.

Скименко Артем Андрійович, слухач ІППК.

Криворучко Іван Григорович, слухач ІППК.

Afanasov G., cand. of techn. sciences; Ekimenko A., Krivoruchko I.

УДК 35.351/354

ПОГЛЯД НА ТИПОВУ НАВЧАЛЬНУ ПРОГРАМУ ПРЕДМЕТА «ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ» ДЛЯ СТУДЕНТІВ ВНЗ

Старш. викл. В.А. Шемшур

ВЗГЛЯД НА ТИПОВУЮ УЧЕБНУЮ ПРОГРАММУ ПРЕДМЕТА «ГРАЖДАНСКИЙ ЗАЩИТА» ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВУЗ

Старш. преп. В.А. Шемшур

VIEW ON THE SUBJECT OF A MODEL CURRICULUM "CIVIL PROTECTION" FOR HIGH SCHOOL STUDENTS

V.A. Shemshur

Кожна людина має невід'ємне право на життя. Ніхто не може бути свавільно позбавлений життя. Обов'язок держави - захищати життя людини.

Кожен має право захищати своє життя і здоров'я, життя і здоров'я інших людей від протиправних посягань.

(Стаття 27 Конституції України).

Держава як гарант права людини на життя створила єдину державну систему цивільного захисту, однією з основних завдань якої є навчання населення поведінки та дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій (НС).

Для реалізації цих прав, вивчення обов'язків, визначення свого місця при НС Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України для ВНЗ за нормативною дисципліною «Цивільний захист» була запропонована нова Типова навчальна програма.

В статті розглянуті питання про деякі пункти змісту цієї програми, про можливість їх реалізації, визначені основні протиріччя, які виникають при безпосередній підготовці кадрів технічного та інших профілів з даної дисципліни.

Висловлені пропозиції з удосконалення деяких питань Типової навчальної програми нормативної дисципліни «Цивільний захист» для більш ефективного опанування курсу та можливостей практичного використання отриманих знань.

Ключові слова: *цивільний захист, Типова навчальна програма, змістові особливості.*

Каждый человек имеет неотъемлемое право на жизнь. Никто не может быть произвольно лишен жизни. Обязанность государства – защищать жизнь человека.

Каждый имеет право защищать свою жизнь и здоровье, жизнь и здоровье других людей от противоправных посягательств.

(Статья 27 Конституции Украины).

Государство как гарант права человека на жизнь создало единую государственную систему гражданской защиты, одной из основных задач которой является обучение населения поведению и действиям в случае возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Для реализации этих прав, изучения обязанностей, определения своего места при ЧС Министерством образования и науки, молодежи и спорта Украины для ВУЗов по нормативной дисциплине «Гражданская защита» была предложена новая Типовая учебная программа.

В статье рассмотрен вопрос о некоторых пунктах содержания этой программы, о возможности их реализации, определены основные противоречия, возникающие при непосредственной подготовке инженерных кадров технического и других профилей по данной дисциплине.

Высказаны предложения по усовершенствованию некоторых вопросов Типовой учебной программы нормативной дисциплины «Гражданская Защита» для более эффективного усвоения курса и возможностей практического использования полученных знаний.

Ключевые слова: *гражданская защита, Типовая учебная программа, существенные особенности.*

Every person shall have the inalienable right to life. No one shall be arbitrarily deprived of life. Protection of human life shall be the duty of the State.

(Article 27 of the Constitution of Ukraine).

The State, as the guarantor of human right to life, has created the integrated state system of civil protection, one of the main goals of which is to teach the population how they should act and respond to emergencies.

To exercise these rights, study the responsibilities, determine one's role in emergencies the Ministry of Education and Science of Ukraine has proposed a new General Programme for higher educational establishments within the compulsory course 'Civil Protection'.

The article deals with several items of this programme and possibility to implement them, it defines main problems which can arise while preparing engineers of different fields within this course.

The article provides some proposals how to enhance The General Programme for the compulsory course 'Civil Protection' so that the students could completely master and more effectively implement the knowledge acquired.

Keywords: *Educational programme on Civil Protection.*

Метою вивчення дисципліни «Цивільний захист», згідно з Типовою навчальною програмою для ВНЗ, є формування у студентів здатності творчо мислити, вирішувати складні проблеми інноваційного характеру й приймати продуктивні рішення у сфері цивільного захисту (ЦЗ) з урахуванням можливостей майбутньої професійної діяльності, а також досягнень науково-технічного прогресу.

Опанувавши навчальну програму дисципліни «Цивільний захист» студенти повинні бути здатними вирішувати професійні завдання з урахуванням вимог ЦЗ та володіти наступними професійними компетенціями для забезпечення реалізації вказаних завдань.

«Компетенція» в перекладі з латини означає коло питань, у яких людина добре обізнана, має знання та досвід. Які ж якості

та знання необхідні студентів для того, щоб бути компетентним з питань цивільного захисту при майбутній професійній діяльності?

Розглядаючи деякі компетенції, які визначені Типовою навчальною програмою для студентів ВНЗ, і які повинні забезпечувати реалізацію вказаних завдань, слід проаналізувати та вирішити такі питання:

1. Вміння визначити коло своїх обов'язків за напрямом професійної діяльності з урахуванням завдань ЦЗ.

Опитування студентів перед початком занять з цієї дисципліни свідчить, що більшість з них вже забули або мають примарне уявлення про надзвичайні ситуації та їх наслідки, що вивчались на початкових курсах ВНЗ. Про обов'язки та функції держави в надзвичайних умовах, які можуть скластися, про існуючу

Державну службу Цивільного захисту України, її призначення та завдання щодо захисту населення, надання допомоги постраждалим не мають ніякого уявлення взагалі.

Деякі питання безпеки існування людства, надання першої допомоги постраждалим передбачені програмою предмета «Безпека життєдіяльності» (БЖД), який викладається на початкових курсах у ВНЗ. Це принципи та проблеми забезпечення життєдіяльності, класифікація небезпечних факторів, надзвичайних ситуацій та ін. При вивченні предмета БЖД людина розглядається як частина (або складова) навколишнього середовища – біологічний та соціальний суб'єкт, а її діяльність – як активна взаємодія з цим середовищем. У розділі предмета БЖД про організацію та управління безпекою життєдіяльності запропоновані правові, нормативні, організаційні заходи для охорони праці, охорони навколишнього середовища, санітарного та протиепідемічного захисту, пожежної безпеки та кримінальна відповідальність за скоєні злочини. Передбачається й вивчення деяких статей Закону України «Про цивільний захист» та Женевської конвенції від 12 серпня 1949 р. щодо прав населення на захист свого життя та здоров'я від наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха.

Однак цей предмет не передбачає вивчення функцій місцевих органів виконавчої влади, державної служби цивільного захисту, її організаційної структури, відношення до них або взаємодію з ними цивільних осіб та визначення свого місця у разі виникнення надзвичайних ситуацій. Ці питання повинні бути вирішені при вивченні предмета «Цивільний захист», основою якого повинна бути реальна Типова навчальна програма з цієї дисципліни.

Вивчення дисципліни «Цивільний захист» повинно розпочатися з нагадування слухачам про різноманітність надзвичайних ситуацій, які вже вивчалися, визначення

причин їх виникнення та про їх наслідки, що впливають на життєдіяльність людства та суспільство.

Якщо у слухачів немає чіткого уявлення про державну діяльність при НС та її посадових осіб в місцевих органах виконавчої влади, про функції та обов'язки оперативних, аварійно-рятувальних служб цивільного захисту, про причетність до них громадян або взаємодію з ними, то при таких обставинах неможливо очікувати від них визначення свого місця, своєї поведінки, своїх обов'язків у мирний час, тим більш – в особливий період за напрямом майбутньої своєї професійної діяльності.

Без всебічного вивчення причин виникнення НС та їх наслідків, розуміння функцій державних органів виконавчої влади з питань їх подолання, загальної структури служби Цивільного захисту, її формувань та взаємодії з ними професійно вирішити завдання з урахуванням вимог ЦЗ молодому фахівцеві неможливо.

Для результативного вивчення предмета «Цивільний захист» з урахуванням відведеного на нього часу та опанування слухачами основних питань з цієї дисципліни Типова програма повинна передбачати більш конкретні теми для вирішення визначених завдань. До переліку тем занять потрібно включити вступний лекційний матеріал – історичну довідку про створення служби ЦЗ, сучасну організаційну структуру державної служби ЦЗ, її завдання, правову базу та порядок комплектування її підрозділів. Тільки після опанування такого матеріалу можна казати про можливість визначення свого місця, своїх прав та обов'язків молодим фахівцем у надзвичайних ситуаціях та вирішення ним професійних завдань з урахуванням вимог ЦЗ за напрямом майбутньої своєї професійної діяльності.

Обов'язки та особисті завдання на випадок НС повинні не визначатися студентом самостійно, як пропонує Типова програма, а бути вже визначеними в одній із тем робочої програми цивільного захисту

ВНЗ. Розроблятися вони повинні для конкретних робочих місць, посад майбутніх молодих фахівців з урахуванням напрямку їх професійної діяльності або бути загальними для деяких спеціальностей та рівнів посад керівної ланки.

В умовах реорганізаційних заходів, які доволі часто проводяться в Державній службі цивільного захисту України, її завдання та функції залишаються без значних змін, а організаційна структура змінюється несуттєво. Такі заходи не повинні впливати на Типову програму з основних питань ЦЗ для ВНЗ, підготовка в яких здійснюється за іншими напрямками. Така Типова програма при будь-яких змінах повинна бути більш конкретною для створення та розробки робочих програм з цієї дисципліни.

2. Знання методів та інструментарію моніторингу НС, побудови моделей їх розвитку та оцінки їх соціально-економічних наслідків.

Надзвичайна ситуація завжди вимагає спочатку більш конкретних дій від керівництва та населення, що суттєво зменшує кількість жертв та матеріальних втрат. До робочої програми ВНЗ повинні бути включені не тільки теоретичні заходи, які передбачені Типовою програмою із засвоєння новітніх теорій, методів і технологій з прогнозування НС, побудови моделей їхнього розвитку, оцінки їх соціально-економічних наслідків та ін. Спочатку повинні бути включені конкретні заходи, які передбачені на випадок НС місцевими органами виконавчої влади, місцевими службами ЦЗ та керівниками об'єктів. Типовою програмою повинно також передбачатися відпрацювання першочергових практичних дій згідно з планом ЦЗ району та самого об'єкта.

Що таке моніторинг? Це система збору, реєстрації, зберігання та аналізу невеликої кількості інформації про будь-який об'єкт для прийняття рішення про його стан. Ця інформація може бути використана для поліпшення процесу

прийняття рішень, для інформування громадськості, для здійснення проєктів, оцінки програм, вироблення політики та ін.

Моніторинг (згідно з визначенням) несе й організаційні функції – виявляє стан критичних або змінних явищ навколишнього середовища, забезпечує зворотний зв'язок щодо перемог або невдач визначеної політики або програм, встановлює відповідність правилам та певним обставинам.

Про складність та різноманітність основних компетенцій, що пропонуються до освоєння Типовою програмою, свідчить лише простий перелік НС – природних і антропогенних явищ, які найчастіше трапляються у світі, при яких необхідно буде вирішувати складні питання з урахуванням своєї професійної діяльності. Це землетруси, повені, обвали, виверження вулканів, цунамі, пожежі, авто та авіакатастрофи, вибухи, епідемії, викиди радіаційних та хімічних речовин, засухи, морози та ін. У кожній з цих НС є свої причини, наслідки та характеристики. Звісно, що для моніторингу кожної з них повинен використовуватись відповідний інструментарій та застосовуватися відповідний метод її оцінки, прогнозування наслідків та ін.

Що ми бажаємо отримати від вживаного багатозначного слова «моніторинг» та від молодого фахівця – випускника ВНЗ? Збирати та аналізувати інформацію, вивчати інструментарій, який використовується у кожному випадку, інформувати громадськість або виробляти якусь політику, здійснювати організаційні функції, працюючи за робочою спеціальністю або керівником початкової ланки?

Така компетенція, що запропонована Типовою програмою для слухачів, вимагає великої кількості навчального часу для її опанування, який нею і не передбачений. На весь курс вивчення предмету з цивільного захисту виділяється всього 36 годин. Типова програма ЦЗ, яка запропонована ВНЗ, де підготовка фахівців здійснюється за іншими спеціальностями,

більш притаманна ВНЗ, де підготовка фахівців здійснюється за спеціальностями ЦЗ. Від Типової програми предмета «Цивільний захист» у ВНЗ очікують більш конкретних та реальних підстав для розробки робочих програм, які б передбачали найголовніші питання в умовах обмеженого часу на її викладання.

Щодо професійних компетенцій за видом діяльності:

заходи, які пропонується опанувати студентом:

- з прогнозування та оцінки обстановки;
- з надання характеристик осередків забруднення та ураження;
- з професійної оцінки радіаційної, хімічної та бактеріологічної обстановки;
- з розрахунку параметрів вражаючих чинників – джерел НС у випадку їх виникнення.

У сучасному житті такі заходи можуть бути проведені і будуть проводитись тільки кваліфікованими фахівцями, які мають відповідну освіту, досвід роботи у цьому напрямі, відповідне обладнання та робота яких у цьому напрямі є їх основною діяльністю. Обладнання, яке застосовується у таких випадках, існує тільки в підрозділах оперативних та аварійно-рятувальних формувань цивільного захисту, а їх особовий склад має необхідний досвід з його використання.

На підприємствах і в організаціях державного сектора економіки, де планується майбутня робота випускників ВНЗ, а тим більш в комерційних структурах, як правило, таке обладнання відсутнє, не кажучи вже про наявність необхідного досвіду його використання та виконання робіт, пов'язаних з прогнозуванням НС, розрахунками вражаючих чинників та їх наслідків, наданням характеристик та ін.

Питання методики прогнозування, надання характеристик, професійної оцінки НС є фаховими і детально вивчаються та відпрацьовуються на практиці в

організаціях та навчальних закладах, де підготовка фахівців ЦЗ є основним напрямом підготовки або роботи. Визначені питання, які наявні у Типовій програмі цивільного захисту, у зв'язку із браком часу повинні мати тільки ознайомчий характер і обмежуватись вивченням приладів радіаційної, хімічної розвідки та дозиметричного контролю, як джерел первинних даних для проведення відповідних розрахунків.

Тому такі заходи, що пропонуються для вивчення в більшості організацій через відсутність матеріальної бази, яка нічим і не передбачена, відсутність досвіду роботи у цьому напрямі всебічно проводитись не будуть. Опанувавши у ВНЗ ці заходи, молоді фахівці у подальшому не знайдуть їх застосування у реальному житті, вони залишаться для них інформативними. В кращому випадку, у разі виникнення НС на підприємствах, установах та в організаціях їх керівництвом будуть проводитись заходи згідно з планом цивільного захисту об'єкта або під керівництвом місцевої виконавчої влади – спільні організаційні заходи з підрозділами цивільного захисту області, міста, району.

Основними питаннями для результативного вивчення предмета «Цивільний захист» також повинні бути:

- вивчення правової бази ЦЗ;
- вивчення керівних документів: типового плану цивільного захисту об'єкта, району, інструкцій на випадок НС;
- вивчення заходів щодо взаємодії з підрозділами аварійно-рятувальних служб;
- відпрацювання практичних дій з евакуації, збереження та захисту матеріальних цінностей та навколишнього середовища.

З урахуванням того, що цивільний захист, перш за все, є функцією держави, яка спрямована на захист населення, територій, навколишнього середовища та майна від наслідків НС, Типова програма з цього предмету для ВНЗ повинна передбачати питання взаємодії з існуючими аварійно-рятувальними службами та

місцевими органами виконавчої влади, питання самозахисту та порятунку, спрощені розрахунки прогнозування та оцінки радіаційної та хімічної обстановки. Інші питання цивільного захисту можуть бути включені до програми як інформативні при наявності навчального часу на їх вивчення.

Основні питання повинні викладатися реалістично з урахуванням умов та обставин, які складаються у теперішній час на даній місцевості, на даному об'єкті, в даний момент з урахуванням наявності сховищ, засобів індивідуального та колективного захисту, їх стану, обладнання та ін.

Список використаних джерел

1. Конституція України [Текст]; документ 254к/96вр, чинний, поточна редакція. – Тлумачення від 12.04.2012 р., підстава v009p710-12.
2. Кодекс Цивільного захисту України [Текст] // ВР України від 02.10.2012 р. № 5403 – VI. Діє з 21.11.2012 р.
3. Типова навчальна програма нормативної дисципліни «Цивільний захист» для всіх спеціальностей за ОКР «спеціаліст», «магістр» [Текст]; затв. Заступником Міністра освіти і науки, молоді та спорту України Жебровським Б.М. 31.03.2011р.

Рецензент д-р техн. наук, професор М.І. Ворожбіян

Шемшур Володимир Анатолійович, старш. викл. кафедри охорони праці та навколишнього середовища.

Shemshur V.A.

УДК 551.521.37:725.1

РАЦІОНАЛЬНИЙ ВИБІР ЗОВНІШНЬОГО ОГОРОДЖЕННЯ СУЧАСНОГО БУДИНКУ

Канд. техн. наук Є.Є. Счастний, А.О. Воронець

РАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЫБОР НАРУЖНОГО ОГРАЖДЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО ЗДАНИЯ

Канд. техн. наук Е.Е. Счастный, А.А. Воронец

RATIONAL CHOICE OF OUTWARD PROTECTION OF MODERN BUILDING

Cand. of techn. sciences E.E. Schastny, A.O. Voronets

У статті розглянуті варіанти застосування декількох типів зовнішніх огорожень будівлі. Виконано порівняння конструкцій, розглянуті найбільш ефективні варіанти огорожень.

Ключові слова: опалювання, вартість огорожень, вартість будівництва.

В статье рассмотрены варианты применения нескольких типов наружных ограждений здания. Выполнено сравнение конструкций, рассмотрены наиболее эффективные варианты ограждений.

Ключевые слова: отопление, стоимость ограждений, стоимость строительства.

The article discussed applications of various types of exterior building protections. Four variants of constructions of protection are accepted - two traditional and two modern. To traditional options attributed fence made of foam concrete and brick with the use of insulation. Modern options of protections are based on use of blocks with application of expanded polystyrene and SIP panels. Taken into account values of thermal resistance to the heat transfer. It must be in the limits set by a normative document. Criterion for comparison was given the thermal resistance of the fence. According to this indicator, modern design better than traditional 1.5...3 times.

Keywords: heating, cost of protections, building cost.

При досягнутому рівні технологій будівництва важливою особливістю є досягнення найменших тепловтрат. Існує великий вибір матеріалів з різними властивостями і характеристиками, безліч варіантів побудови будинку. Але для споживача є важливим співвідношення ціна – якість. Особливо актуально це положення для індивідуальних забудовників, яких досить багато в країні. Тому актуально порівняти деякі найбільш характерні варіанти будівництва індивідуальних будинків з метою вибору раціональних матеріалів з позицій мінімальної ціни при максимальних теплоізоляційних властивостях.

Для порівняння прийняти варіанти побудови 1 м² стіни з різних матеріалів за найбільш поширеними технологіями:

1 варіант: цегла, утеплювач, облицьовувальна цегла;

2 варіант: цегла облицьовувальна, пінобетон, штукатурка;

3 варіант: термодім (монолітна бетонна стіна, що обрамлена з внутрішнього і зовнішнього боків тепло- і звукоізоляційною оболонкою з пінополістиролу);

4 варіант: дім, що побудований за канадською технологією (стружкові плити, пінополістирол і поліуретановий клей).

Кліматичні умови будівництва прийняти для м. Києва.

Фактичне значення опору теплопередачі огороження R_0 визначають за формулою, м²·К/Вт,

$$R_0 = R_B + \sum_{i=1}^n R_i + R_3, \quad (1)$$

де R_B – термічний опір на внутрішній поверхні стіни, м²·К/Вт:

$$R_B = \frac{1}{\alpha_B}, \quad (2)$$

де α_B – коефіцієнт тепловіддачі на внутрішній поверхні;

R_3 – термічний опір на зовнішній поверхні стіни, м²·К/Вт:

$$R_3 = \frac{1}{\alpha_3}, \quad (3)$$

де α_3 – коефіцієнт тепловіддачі на зовнішній поверхні;

$\alpha_B = 8,7$ Вт/м²·К, $\alpha_3 = 23$ Вт/м²·К [1, дод.Е, с. 25].

$\sum_{i=1}^n R_i$ – сума термічних опорів кожного шару огороження, м²·К/Вт:

$$R_i = \frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}}, \quad (4)$$

де $\delta_{ш}$, $\lambda_{ш}$ – товщина, м і коефіцієнт теплопровідності, Вт/м·К, шару огороження.

Для прикладу, фактичне значення опору теплопередачі огороження першого варіанта стіни, м²·К/Вт:

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + 0,437 + 2,17 + 0,21 + \frac{1}{23} = 2,98.$$

Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання

Фактичний термічний опір зовнішнього огороження повинен відповідати нормативному значенню. Нормативний опір теплопередачі зовнішніх стін для першої температурної зони, в якій розташовано місто Київ, за ДБН В 2.6-31-2006 становить $R_{\text{норм}}=2,8$, $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$. Таким чином, для кожного з чотирьох варіантів конструкції

зовнішнього огороження обрана згідно з будівельними нормами. Результати вибору зведені в таблицю. Крім того, в таблиці наведені значення поточних цін на зазначені будівельні матеріали, та приведеної вартості – відношення вартості 1^2 огороження до його термічного опору.

Таблиця

Вибір зовнішніх огорожень будинку

Варіант	Матеріал	Товщина, м	Теплопровідність, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$	R , $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$	R_0 , $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$	Вартість, грн/ м^2	Приведена вартість, грн/ $(\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт})$
1	Цегла	0,38	0,87	0,437	2,983	150 - 200	50,3 – 60,7
	Утеплювач	0,075	0,0345	2,174			
	Облицьовувальна цегла	0,12	0,56	0,214			
2	Облицьовувальна цегла	0,12	0,56	0,214	2,907	200-300	68,8 - 103,2
	Пінобетон	0,35	0,14	2,5			
	Штукатурка	0,02	0,58	0,034			
3	«Термодім»	0,25	0,036	6,944	7,103	301	42,4
4	Дім за канадською технологією	0,12	0,035	3,429	3,587	1280	356,8

Відповідно до таблиці, з техніко-економічних міркувань найбільш прийнятним варіантом є використання традиційної технології і технології «Термодім». В основу останньої покладено зведення несучих стін з монолітного залізобетону за допомогою незнімної опалубки зі спеціального будівельного пінополістиролу у вигляді легких блоків. Блоки опалубки мають порожнини, які в процесі будівництва армуються і заповнюються бетоном. Спеціальна конструкція замків дозволяє швидко і точно з'єднувати блоки, що перешкоджає витіканню бетону. Таким чином, у ході однієї технологічної операції споруджується монолітна бетонна стіна, обрамлена з внутрішнього і зовнішнього боків тепло- і звукоізоляційною оболонкою з пінополістиролу.

Ефективні технології будівництва і високі теплоізоляційні властивості огорожень при використанні технології «Термодім» дозволяють рекомендувати її як для індивідуального будівництва, так і для будівництва громадських споруд. Економічний ефект може бути отриманий не тільки за рахунок меншої вартості будівництва, але і за рахунок значної економії на опалення споруди.

Висновки:

- одним з найбільш ефективних способів будівництва огорожень в умовах України є використання технології «Термодім» із застосуванням спеціальних пінополістирольних блоків;
- при техніко-економічному обґрунтуванні конструкції зовнішнього огороження доцільно розглядати, крім технології «Термодім», також традиційну

технологію будівництва і «канадську» технологію із застосуванням SIP-панелей;
– з урахуванням зміни вартості матеріалів для будівництва будівель і

зростанням вартості енергоресурсів для їх опалення необхідно замислитися про зміну нормативних вимог до теплоізоляції будівель.

Список використаних джерел

1. ДБН В 2.6-31: 2006 Теплова ізоляція будівель. Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України. – К.: Мінбуд України, 2006.
2. <http://www.avidom.com.ua/canadianhouse/technology/68-technology>.
3. http://servusbud.com.ua/?page_id=1248/#price.
4. <http://kanadskiy-dom.com.ua/4buysip.html>.

Рецензент д-р техн. наук, професор А.П. Фалендиш

Счастний Євген Євгенович, канд. техн. наук, доцент кафедри теплотехніки та теплових двигунів.
Воронець Анна Олександрівна, слухач ІППК.

Schastny E.E., cand. of techn. sciences, Voronets A.O.

УДК 656.073.436; 656.081

МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ ВІД АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ З НЕБЕЗПЕЧНИМИ ВАНТАЖАМИ

Д-р техн. наук А.М. Котенко, канд. техн. наук Д.С. Козодой, асп. А.В. Світлична,
канд. техн. наук П.С. Шилаєв

МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ ОТ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ С ОПАСНЫМИ ГРУЗАМИ

Д-р техн. наук А.М. Котенко, канд. техн. наук Д.С. Козодой, асп. А.В. Светличная,
канд. техн. наук П.С. Шилаев

METHOD OF DETERMINING THE LOSS OF EMERGENCY SITUATIONS DANGEROUS GOODS

Dr. techn. science A.M. Kotenko, cand. techn. science D.S. Kozodoy,
postgraduate A.V. Svetlichnaya, cand. techn. science P.S. Shilaev

Наведено розрахунки збитків від аварійних ситуацій при перевезенні небезпечних вантажів: прямі втрати транспортного підприємства, витрати на локалізацію і розслідування аварії, соціально-економічні витрати, побічні збитки, екологічний збиток, втрати від вибуття трудових ресурсів унаслідок загибелі людей або втрати ними працездатності.

***Ключові слова:** збитки, витрати, екологічний збиток, аварійна ситуація, небезпечні вантажі.*

Приведены расчеты ущерба от аварийных ситуаций при перевозке опасных грузов: прямые потери транспортного предприятия, расходы на локализацию и расследование аварии, социально-экономические издержки, побочные убытки, экологический ущерб, потери от выбытия трудовых ресурсов вследствие гибели людей или потери ими трудоспособности.

Ключевые слова: *убытки, расходы, экологический ущерб, аварийная ситуация, опасные грузы.*

The paper presents estimates of damage from accidents during the transport of dangerous goods: the direct loss of the transport company, the cost of localization and accident investigation, the socio-economic costs incidental damages, environmental damage, loss on disposal of labor as a result of loss of life or incapacitation.

Keywords: *damages, costs, environmental damage, emergency, dangerous goods.*

Постановка проблеми у загальному вигляді, її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Щороку в Україні транспортом загального користування перевозиться понад 900 млн т вантажів (у тому числі велика кількість небезпечних), понад 3 млрд пасажирів. На залізничний транспорт припадає близько 60 % вантажних перевезень, автомобільний – 26 %, річковий і морський – 14 %. Оскільки транспортом перевозиться 15 % потенційно небезпечних вантажів (вибухонебезпечні, пожежонебезпечні, хімічні та інші речовини), загроза життю і здоров'ю людей збільшується.

Засади безпеки залізничних перевезень закладені в низці законодавчих актів України. Так, Закон України "Про транспорт" визначає правові, економічні, організаційні та соціальні основи діяльності транспорту [1]. В аспекті безпеки залізничних перевезень даним законом встановлено, що державне управління в галузі транспорту має забезпечувати: своєчасне, повне та якісне задоволення потреб населення і суспільного виробництва в перевезеннях та потреб оборони України; безпечне функціонування транспорту; захист економічних інтересів України та законних інтересів підприємств і організацій транспорту та споживачів транспортних послуг; охорону навколишнього

природного середовища від шкідливого впливу транспорту.

Органи управління транспортом здійснюють програми захисту навколишнього природного середовища, розробляють і проводять узгоджені заходи для забезпечення безперебійної роботи транспорту у разі стихійного лиха, аварій, катастроф та під час ліквідації їх наслідків, координують роботу, пов'язану із запобіганням аваріям і правопорушенням на транспорті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням забезпечення безперешкодного перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом присвячена велика кількість наукових публікацій, серед яких роботи таких учених: Запари В.М., Котенка А.М., Ломотька Д.В., Шилаєва П.С.

Мета дослідження. Визначення збитку від аварійних ситуацій при перевезенні небезпечних вантажів.

Основна частина. Структура збитку від аварій на магістральному транспорті (залізничному, автомобільному, водному та авіаційному), що виникають при перевезенні небезпечних вантажів, як правило, включає: повні фінансові втрати транспорту, витрати на ліквідацію аварії; соціально-економічні втрати, пов'язані з травмуванням та загибеллю людей (як персоналу транспортної організації, так і третіх осіб); шкоду, завдану

навколишньому природному середовищу; побічні збитки і втрати держави від вибуття трудових ресурсів.

При оцінці збитку від аварії на об'єкті за час розслідування аварії (10 днів), як правило, підраховуються ті складові збитку, для яких відомі вихідні дані. Остаточний збиток від аварії розраховується

після закінчення термінів розслідування аварії та отримання всіх необхідних даних. Складові шкоди можуть бути розраховані незалежно один від одного.

Збитки від аварійних ситуацій при перевезенні небезпечних вантажів можуть бути виражені в загальному вигляді формулою:

$$Z_{н.з.} = V_{н.в.} + V_{л.р.} + Z_{с.-е.} + Z_{поб.з.} + Z_{екол.} + V_{в.т.р.}, \quad (1)$$

де $Z_{н.з.}$ – повний збиток від аварійної ситуації, грн;

$V_{н.в.}$ – прямі втрати транспортного підприємства (залізниці, морського порту, аеропорту), грн;

$V_{л.р.}$ – витрати на локалізацію (ліквідацію) і розслідування аварії, грн;

$Z_{с.-е.}$ – соціально-економічні втрати (витрати, понесені внаслідок загибелі і травмування людей), грн;

$Z_{поб.з.}$ – побічні збитки, грн;

$Z_{екол.}$ – екологічний збиток (збитки, що завдані об'єктам навколишнього природного середовища), грн;

$V_{в.т.р.}$ – втрати від вибуття трудових ресурсів унаслідок загибелі людей або втрати ними працездатності, грн.

Прямі втрати від аварій $V_{н.в.}$ можна визначити за формулою

$$V_{н.в.} = V_{о.ф.} + V_{т.н.} + V_{м.}, \quad (2)$$

де $V_{о.ф.}$ – втрати транспортних підприємств у результаті знищення (пошкодження) основних фондів (виробничих і невикористаних), грн;

$V_{т.н.}$ – втрати транспортних підприємств в результаті знищення (пошкодження) вагонів, локомотивів, колій, пристроїв сигналізації, контактної мережі, автотранспорту, суден (тощо), грн;

$V_{м.}$ – втрати в результаті знищення (пошкодження) майна третіх осіб, грн.

Складові прямих втрат від аварії, що входять у формулу (2), рекомендується визначати таким чином.

Втрати підприємства від знищення (пошкодження) аварією його основних фондів (виробничих і невикористаних) $V_{о.ф.}$ можна визначити як суму втрат у результаті знищення $V_{с.з.}$ та пошкодження $V_{н.о.ф.}$ основних фондів:

$$V_{о.ф.} = V_{с.з.} + V_{н.о.ф.}, \quad (3)$$

При цьому $V_{н.о.ф.}$ можна розрахувати за формулою

$$V_{н.о.ф.} = \sum_{i=1}^n (K_{з.і} - (K_{ц.і} - K_{у.і})), \quad (4)$$

де n – кількість видів зруйнованих основних фондів;

$K_{з.і}$ – вартість заміщення або відтворення (а при труднощах з її визначенням – залишкова вартість) i -го виду знищених основних фондів, грн;

$K_{ц.і}$ – вартість матеріальних цінностей i -го виду, придатних для подальшого використання, грн;

$K_{у.і}$ – утилізаційна вартість i -го виду знищених основних фондів, грн.

Для обладнання, машин, транспортних засобів, інвентарю вартість заміщення можна визначати виходячи з суми, необхідної для придбання предмета,

аналогічного знищеному, за вирахуванням зносу, включаючи витрати з перевезення і монтажу, мита та інші збори.

Для будівель і споруд вартість заміщення можна визначати виходячи з проектної вартості будівництва для даної місцевості об'єкта, аналогічного пошкодженому своїми проектними характеристиками і якістю будівельних матеріалів, з урахуванням його зносу та експлуатаційно-технічного стану.

Якщо вартість заміщення окремих видів знищених основних фондів важко визначити, оскільки вони мають які-небудь унікальні характеристики або через інші причини, $K_{з.і}$ можна визначати за залишковою вартістю.

Витрати на локалізацію (ліквідацію) і розслідування аварії $V_{л.р.}$ можна визначити за формулою

$$V_{л.р.} = V_{л.} + V_{р.}, \quad (5)$$

де $V_{л.}$ – витрати, пов'язані з локалізацією та ліквідацією наслідків аварії, грн;

$V_{р.}$ – витрати на розслідування аварії, грн.

У витрати на локалізацію (ліквідацію) аварії $V_{л.}$ рекомендується включати: непередбачені виплати заробітної плати (премій) персоналу при локалізації та ліквідації аварії; вартість електричної (та іншої) енергії, витраченої при локалізації та ліквідації аварії; вартість матеріалів, витрачених при локалізації та ліквідації аварії; вартість послуг спеціалізованих організацій з локалізації та ліквідації аварії. У витрати на розслідування аварії $V_{р.}$ рекомендується включати: оплату праці членів комісії з розслідування аварії (у тому числі витрати на відрядження); витрати на науково-дослідні роботи та заходи, пов'язані з розглядом технічних причин аварії; вартість послуг експертів, які залучаються для розслідування

технічних причин аварії, і оцінку (в тому числі економічну) наслідків аварії.

Джерелами інформації для визначення прямих втрат можуть служити матеріали технічного розслідування причин аварії, рахунки сторонніх організацій, акти списання основних засобів, дані страхових компаній та ін.

У разі розрахунку попереднього збитку витрати на ліквідацію (локалізацію) і розслідування аварії можна оцінювати виходячи із середньої вартості послуг спеціалізованих та експертних організацій або приймати в розмірі 10 % від вартості прямої (майнової) шкоди. При частковому пошкодженні майна вартість збитку $Z_{ч.л.м.}$ рекомендується визначати у розмірі витрат на його відновлення до стану, в якому воно було безпосередньо перед настанням аварії, при цьому необхідно враховувати: витрати на матеріали і запасні частини для ремонту, грн; витрати на оплату послуг сторонніх організацій з ремонту, грн; вартість електричної та іншої енергії, необхідної для відновлення, грн; витрати з доставки матеріалів до місця ремонту та інші витрати, необхідні для відновлення об'єкта в тому стані, в якому він був безпосередньо перед настанням аварії, грн; надбавки до заробітної плати за понаднормову роботу, роботу в нічний час, в офіційні свята, грн.

Із суми відновних витрат проводяться відрахування на знос замінних в процесі ремонту частин, вузлів, агрегатів і деталей. Відбудовні витрати, як правило, не включають: додаткові витрати, викликані змінами або поліпшенням потерпілого об'єкта; витрати з перебирання, профілактичного ремонту та обслуговування, так само, як і інші витрати, які необхідно враховувати незалежно від факту настання аварії; інші витрати, зроблені понад необхідні.

Для оцінки втрат в результаті знищення аварією основних фондів можуть бути застосовані методи, використовувані при оцінці майна.

У разі розрахунку прогнозованого збитку можна використовувати метод визначення відновної вартості об'єкта оцінки на основі збірників укрупнених показників відновлювальної вартості на

одиницю об'єму, площі або довжини з приведенням цього показника до рівня поточних цін за допомогою індексів. При цьому повна відновна вартість визначається за формулою

$$K_{3,i} = S_{баз} k_{69-84} I_{84-тек} n k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6 k_7, \quad (6)$$

де $S_{баз}$ – базисний питомий вартісний показник на одиницю виміру будівель і споруд;

k_{69-84} – коефіцієнт зміни вартості будівництва;

$I_{84-тек}$ – індекс перерахунку вартості оцінюваного об'єкта на момент оцінки;

n – кількість одиниць виміру в оцінюваному об'єкті (будівельний об'єм, площа, протяжність тощо);

k_1 – поправочний коефіцієнт на будівельний об'єм;

k_2 – поправочний коефіцієнт на капітальність;

k_3 – поправочний коефіцієнт на кліматичний район;

k_4 – коефіцієнт розбіжності конструктивних елементів будівлі або споруди;

k_5 – територіальний коефіцієнт;

k_6 – ставка ПДВ (20 %);

k_7 – прибуток забудовника.

Соціально-економічні втрати $V_{с.е}$ можна визначити як суму витрат на компенсації та заходи внаслідок загибелі персоналу $V_{з.п.}$ та третіх осіб $V_{з.т.о.}$ та (або) травмування персоналу $V_{т.п.}$ та третіх осіб $V_{т.т.о.}$:

$$V_{с.е} = V_{з.п.} + V_{з.т.о.} + V_{т.п.} + V_{т.т.о.}, \quad (7)$$

При цьому витрати, пов'язані із загибеллю персоналу, як правило, складаються з:

$$V_{з.п.} = V_{д.п.з.} + V_{с.з.}, \quad (8)$$

де $V_{д.п.з.}$ – витрати на виплату допомоги на поховання загиблих, грн;

$V_{с.з.}$ – витрати на виплату допомоги у разі смерті годувальника, грн.

Витрати, пов'язані з травмуванням персоналу, можна обчислювати за формулою

$$V_{т.п.} = V_{т.п.} + V_{п.} + V_{у.з.п.}, \quad (9)$$

де $V_{т.п.}$ – витрати на виплату допомоги з тимчасової непрацездатності, грн;

$V_{п.}$ – витрати на виплату пенсій особам, які стали інвалідами, грн;

$V_{у.з.п.}$ – витрати, пов'язані з ушкодженням здоров'я потерпілого, на його медичну, соціальну та професійну реабілітацію, грн.

Крім того, при визначенні соціально-економічних втрат $V_{с.е}$ можна враховувати також відшкодування моральної шкоди як постраждалим, так і їх родичам.

Збиток від загибелі $V_{з.т.о.}$ і травмування третіх осіб $V_{т.т.о.}$ в результаті аварії на небезпечному виробничому об'єкті визначається аналогічно.

Побічні збитки $Z_{поб.з.}$ внаслідок аварій рекомендується визначати як частину доходів, недоотриманих транспортним підприємством в результаті простою $Z_{пр.}$, зарплату і умовно-постійні витрати підприємства за час затримки руху поїздів, простою $Z_{у.п.в.}$ і збитки, викликані сплатою різних неустойок, штрафів, пені тощо $Z_{с.н.ш.}$, а також збитки третіх осіб через недоотриманий ними прибуток $Z_{п.т.о.}$:

$$Z_{поб.з.} = Z_{np.} + Z_{y.n.v.} + Z_{c.n.m.} + Z_{n.m.o.}, \quad (10)$$

Величину $Z_{y.n.v.}$ рекомендується визначати за формулою

$$Z_{y.n.v.} = (C_{з.н.} N + C_{yn}) t_{np.}, \quad (11)$$

де $C_{з.н.}$ – заробітна плата працівників транспортного підприємства, грн/дн;

N – частка працівників, не використаних на роботі (відношення числа співробітників, не використаних на роботі з причини простою, до загальної чисельності працівників);

C_{yn} – умовно-постійні витрати, грн/дн;

$t_{np.}$ – тривалість простою дільниці за період ліквідування аварійної ситуації, дні.

$Z_{y.n.v.л}$ можна також визначати за формулою

$$Z_{y.n.v.} = (C_{з.н.1} M + C_{yn}) t_{np.}, \quad (12)$$

де $C_{з.н.1}$ – середня заробітна плата одного працівника транспортного підприємства, грн/дн;

M – чисельність співробітників, не використаних на роботі з причини простою.

Недоотриманий прибуток в результаті простою транспортного підприємства $Z_{np.}$ в результаті аварії рекомендується визначати за формулою

$$Z_{np.} = \sum_{i=0}^n \Delta Q_i (S_i - B_i), \quad (13)$$

де n – кількість видів недовиконаних послуг;

ΔQ_i – обсяг i -го виду послуги, недовиконаної через аварію:

$$\Delta Q_i = \left(Q_i^{\partial} - Q_i^n \right) T_i^{np.}, \quad (14)$$

де Q_i^{∂} – середній денний (місячний, квартальний, річний) обсяг перевезень (послуг) до аварії;

Q_i^n – середній денний (місячний, квартальний, річний) обсяг перевезень i -го виду вантажу (послуги) після аварії;

S_i – середній тариф за перевезення одиниці i -го недоставленого вантажу (послуги) до аварії, грн;

B_i – середній тариф за перевезення одиниці i -го недоставленого вантажу (послуги) на дату аварії;

$T_i^{np.}$ – час, необхідний для ліквідації пошкоджень і руйнувань, відновлення обсягів перевезення (послуг) на доаварійному рівні.

Збитки, спричинені сплатою різних штрафів, пені тощо $Z_{c.n.m.}$, можна визначити як суму різних штрафів, пені та інших санкцій, накладених на підприємство внаслідок зриву термінів поставки, контрактів або інших зобов'язань, невиконаних через аварію.

Екологічний збиток $Z_{екол.}$ рекомендується визначати як суму збитків від різних видів шкідливого впливу на об'єкти навколишнього природного середовища:

$$Z_{екол.} = Z_{з.а.} + Z_{з.в.р.} + Z_{з.к.г.} + Z_{з.б.р.} + Z_{з.т.}, \quad (15)$$

де $Z_{з.а.}$ – збитки від забруднення атмосфери, грн;

$Z_{з.в.р.}$ – збиток від забруднення водних ресурсів (акваторії Чорного та Азовського морів), грн;

$Z_{з.к.г.}$ – збиток від забруднення верхньої будови колії і ґрунту, грн;

$Z_{з.б.р.}$ – збитки, пов'язані зі знищенням біологічних (у тому числі лісових масивів) ресурсів, грн;

$Z_{з.т.}$ – збиток від засмічення (пошкодження) території уламками (осколками) будівель, споруд, обладнання тощо (наприклад при аварійних ситуаціях з небезпечними вантажами 1-го класу), грн.

Збиток від забруднення атмосферного повітря $Z_{з.а.}$, як правило, визначається виходячи з маси забруднюючих речовин, що розсіюються в атмосфері. Маса забруднюючих речовин знаходиться розрахунковим або експертним шляхом за діючими методиками.

Збиток від забруднення водних ресурсів $Z_{з.в.р.}$ рекомендується визначати підсумовуванням збитку від зміни якості води та розміру втрат, пов'язаних зі зниженням його біопродуктивності. Збиток від зміни якості води оцінюється на підставі затверджених нормативних документів.

Розмір втрат, пов'язаних зі зниженням біопродуктивності водного об'єкта, можна визначати на основі безпосереднього обстеження біологічних ресурсів, експертної оцінки вартості зниження біологічної продуктивності з урахуванням нормативно-методичних документів.

Збиток від забруднення верхньої будови залізничної колії та ґрунту $Z_{з.к.г.}$ рекомендується визначати на основі затверджених вказівок відповідно до порядку визначення розмірів збитку від забруднення земель хімічними речовинами та експертної оцінки вартості втрат, пов'язаних з деградацією земель в результаті шкідливого впливу.

Розмір стягнення за збитки, пов'язані зі знищенням біологічних ресурсів $Z_{з.б.р.}$, як правило, визначається відповідно до інструкцій, методик і такс.

Величину збитку від засмічення території уламками $Z_{з.т.}$ рекомендується визначати у розмірі платежу за розміщення відходів на не відведений для цієї мети території відповідно до інструктивно-методичних вказівок щодо справляння плати за забруднення навколишнього природного середовища.

Втрати підприємства в результаті знищення (пошкодження) аварією товарно-матеріальних цінностей $Z_{т.м.ц.}$ можна визначити за сумою втрат кожного виду цінностей таким чином:

$$Z_{т.м.ц.} = \sum_{i=1}^n Z_{в.н.} + \sum_{j=1}^m Z_{п.н.}, \quad (16)$$

де n – число видів товару, яким завдано шкоду внаслідок аварії;

$Z_{в.н.}$ – збиток, заподіяний i -му виду продукції, що виготовляється підприємством (як незавершеної виробництвом, так і готової), грн;

m – число видів сировини, яким завдано шкоду внаслідок аварії;

$Z_{п.н.}$ – збиток, заподіяний j -му виду продукції, придбаної підприємством, а також сировини і напівфабрикатів, грн.

Кількість і вартість товарно-матеріальних цінностей, що були на момент аварії, можуть визначатися за даними бухгалтерського обліку.

Для розрахунку прогнозованого збитку від знищення (пошкодження) товарно-матеріальних цінностей $Z_{т.м.ц.}$ можна виходити з середньорічного обсягу зберігання продукції і сировини на об'єктах, що потрапляють в зону ураження, а також середніх оптових цін на дані види продукції і сировини.

Втрати в результаті знищення (пошкодження) аварією майна третіх осіб (у тому числі населення) $Z_{м.}$ рекомендується розраховувати аналогічно визначенню збитків майну підприємства (для юридичних осіб), а також на підставі

ринкової вартості належного їм за правом власності або володіння майна (для фізичних осіб) і (або) з урахуванням даних страхових компаній (у випадку застрахованого майна).

Для розрахунку прогнозованих розмірів соціально-економічного збитку можна виходити з таких показників: кількості людей, що потрапляють в зону дії вражаючих факторів, середнього віку персоналу, що працює на підприємстві, середньої зарплати працівників, відсоткового співвідношення чоловіків і жінок на підприємстві, середнього числа утриманців на одного співробітника, а також середньої вартості медичних та ритуальних послуг для даної місцевості.

Збитки, спричинені сплатою різних штрафів, пені тощо $Z_{с.н.ш.}$ можна визначити як суму різних штрафів, пені та інших санкцій, накладених на підприємство внаслідок зриву термінів поставки, контрактів або інших зобов'язань, невиконаних через аварію.

Непрямий збиток для третіх осіб, як правило, розраховується аналогічно визначенню збитків підприємства за даним показником.

Джерелами інформації для оцінки втрат від простою в результаті аварії можуть бути матеріали розслідування технічних причин аварії, економіко-статистичні показники галузі та організації, рахунки сторонніх організацій, позови, штрафи, пені за невиконані договірні зобов'язання організацією, яка постраждала від аварії.

Втрати від вибуття трудових ресурсів $V_{в.т.р.}$ з виробничої діяльності в результаті загибелі однієї людини рекомендується визначати за формулою

$$V_{в.т.р.} = P_{ч} \cdot V_{р.д.}, \quad (17)$$

де $P_{ч}$ – частка прибутку, недоданого одним працівником, грн/дн;

$V_{р.д.}$ – втрата робочих днів у результаті загибелі одного працівника, приймається 6000 днів.

Показник $P_{ч}$ рекомендується визначати виходячи з питомих показників національного (регіонального) доходу для даної галузі промисловості з урахуванням середньої заробітної плати на транспорті (залізничному, водному, автомобільному, повітряному).

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Питання забезпечення безпеки перевезень небезпечних вантажів, а також запобігання втратам і збиткам від надзвичайних подій, набувають найважливішого значення для подальшого стабільного функціонування залізничного транспорту. При визначенні структури збитку від аварійних ситуацій при перевезенні небезпечних вантажів слід врахувати: прямі втрати транспортного підприємства; витрати на локалізацію і розслідування аварії, соціально-економічні втрати; екологічний збиток; втрати від вибуття трудових ресурсів внаслідок загибелі людей або втрати ними працездатності.

Список використаних джерел

1. Про транспорт [Текст]: закон України // Відомості Верховної Ради (ВВР). – 1994. – № 51. – С. 446.
2. Про перевезення небезпечних вантажів [Текст]: закон України // Відомості Верховної Ради (ВВР). – 2000. – № 28. – С. 222.
3. Правила перевезень небезпечних вантажів [Електронний ресурс]: затв. наказом Міністерства транспорту та зв'язку України 25.11.2008 №1430; зареєстр. в Міністерстві

юстиції України 26 лютого 2009 р. № 180/16196. – Режим доступу: www.uz.gov.ua/cargo-transportation/legal-documents/terms-of-treight/page-2/264636/

4. Международный морской кодекс по опасным грузам (ММОГ) [Текст]. – С.Пб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2007. – Т. 1. – 512 с.

5. Статут залізниць України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.railsystem.info/doc/Statut.shtml>.

6. Про державні цільові програми [Текст]: закон України від 18.03.2004 №1621-IV // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2004. – № 25. – С. 352.

7. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2018-2020 роки [Текст]. – К.: Укрзалізниця, ДНДУУЗТ, 2009. – 299 с.

Котенко Анатолій Миколайович, д-р техн. наук, професор кафедри управління вантажною і комерційною діяльністю.

Козодой Дмитро Сергійович, канд.техн.наук, доцент кафедри охорони праці та навколишнього середовища.

Шилаєв Павло Сергійович, асистент кафедри управління вантажною і комерційною діяльністю.

Светлична А.В., аспірант.

Kotenko A.M., dr. techn. science; Kozodoy D.S., cand. techn. science; Svetlichnaya A.V., postgraduate; Shilaev P.S., cand. techn. science.

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ УКРАЇНСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

**ZBIRNIK NAUKOVIH PRAC' UKRAINS'KOI DERZAVNOI AKADEMII
ZALIZNICNOGO TRANSPORTU**

Випуск 141

Збірник включено до переліку № 1 наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (Постанова президії ВАК України № 1-05/4 від 26 травня 2010 р.)

Статті друкуються мовою оригіналу

Відповідальний за випуск Панарін С.В.

Редактори Буранова Н.В., Еткало О.О.,
Ібрагімова Н.В., Решетилова В.В.

КВ № 8617 від 06.04.2004 р. Підписано до друку 29.10.2013 р.
Формат паперу 60х84 1/8. Папір писальний.
Умовн.-друк.арк. 12,0. Тираж 130. Замовлення № 219.

Видавець Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

Виготовлювач ТОВ «Енергозберігаючі технології»
61050, Харків, Харківська набережна, 8.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1360 від 19.05.2003 р.