



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

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

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

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

Випуск 135

Харків 2013

УДК 656.2

До збірника увійшли матеріали науково-дослідних робіт магістрів Української державної академії залізничного транспорту, спеціалістів залізничного транспорту та промисловості, які присвячені вирішенню сучасних проблем з підвищення ефективності та удосконалення процесу перевезень вантажі, 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.

ISSN 1994-7852

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ №8617 видане 06.04.2004 р.

Друкується за рішенням Вченої ради академії від 23.04.2013 р., протокол № 4.

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.Ломотько – заступник голови
к.т.н., професор А.О.Каграманян – заступник голови
д.т.н., професор – А.Б.Бойнік
д.т.н., професор – Т.В.Бутько
д.е.н., професор – В.Л.Дикань
д.т.н., професор – С.А.Єроценков
д.т.н., професор – В.І.Мойсеєнко
д.т.н., професор – А.М.Котенко

д.т.н., професор – С.В.Лістровий
д.т.н., доцент – С.І.Приходько
д.е.н., професор – Л.О.Позднякова
д.т.н., професор – А.А.Плугін
д.т.н., професор – Ю.В.Соболев
д.т.н., професор – Е.Д.Тартаковський
д.т.н., професор – Л.А.Тимофеєва
д.т.н., професор – А.П.Фалендиш
д.т.н., професор – Я.В.Щербак

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Експлуатація залізниць

д.т.н., професор Т.В.Бутько – 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.Жуковицький
д.т.н., доцент С.С.Альошинський

Телекомунікаційні системи та управління ними

д.т.н., професор С.І.Приходько – головний редактор
д.т.н., професор О.А.Єрков
д.т.н., професор В.І. Хаханов
д.т.н., професор Г.В. Альошин
д.ф.-м.н., професор М.М. Горобець
д.т.н., професор М.М.Бабаєв
д.т.н., професор С.В.Лістровий
д.т.н., професор А.Б.Бойнік
д.т.н., професор С.В.Панченко
д.т.н., професор – В.І.Мойсеєнко

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

Будівельні матеріали та конструції

д.т.н., професор А.А.Плугін – головний редактор
д.х.н., професор А.М.Плугін
д.т.н., професор В.С. Софронов
д.т.н., професор М.Ю.Ізбаш
д.т.н., професор Г.М.Шабанова
к.т.н., професор В.П. Шраменко
к.т.н., доцент Г.Л. Ватуля

Автоматизовані системи електричного транспорту

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

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

За загальною редакцією к.т.н. А.О. Каграманяна

ISSN 1994-7852

Зареєстровано 2 червня 2007 р.

у *ISSN International Centre 20. Rue
Bachaumont, 75002 PARIS, FRANCE*

© Українська державна академія
залізничного транспорту, 2013

ЗМІСТ

Організація перевезень і управління на транспорті

<i>Антецький Д.С., Сіконенко Г.М.</i> Аналіз основних труднощів у роботі міжнародних залізничних стикових пунктів	7
<i>Данько М.І., Ходаківський О.М., Бабич В.І., Кметюк М.В., Молочко І.А., Хоменко Н.А.</i> Модель прийняття рішень у частині функціонування і розвитку залізничної транспортної системи на основі концепції «восьминога»	12
<i>Блиндюк В.С.</i> Керування електропоїздами метрополітену на основі нейронних мереж адаптивної резонансної теорії. Ч.1. Побудова асоціативної пам'яті на основі нейронних мереж адаптивної резонансної теорії	20
<i>Шульдінер Ю.В., Сіваконева Г.О., Бадіков Д.В.</i> Удосконалення електронного документообігу на залізничному транспорті в межах логістичного кластера Харківського регіону	25
<i>Лючков Д.С., Борзенкова Ю.А.</i> Проблемы, связанные с пропуском и обслуживанием транзитного вагонопотока по международным транспортным коридорам Украины	31
<i>Огар О.М., Страна Л.А., Бригіна Л.В.</i> Розробка процедури розрахунку раціональних параметрів поздовжнього профілю спускної частини сортувальних гірок	37
<i>Долгополов П.В., Бужор О.Г., Волков О.В., Шаповалов В.В.</i> Удосконалення технології регулювання порожніх вагонів та планування їх резерву на залізничному полігоні	45
<i>Ковальов А.О., Волик О.І.</i> Визначення раціонального технічного оснащення під'їзної колії підприємства	50
<i>Лаврухін О.В., Демченко Т.Б., Хансверов В.С.</i> Формування моделі визначення оперативного плану роботи залізничної станції	54
<i>Запара В.М., Запара Я.В., Дубовська Н.В.</i> Аналіз стану роботи станції Д-С Донецької залізниці в період спаду обсягів перевезень на залізницях України	58
<i>Лючков Д.С., Єременко Н.І.</i> Удосконалення технології обслуговування контейнерних перевезень в міжнародному сполученні	64
<i>Кирильчук В.О., Малахова О.А.</i> Удосконалення оперативної роботи залізничного вузла шляхом раціоналізації використання вивізних локомотивів	71
<i>Мкртичян Д.І., Костєнніков О.М., Сударська І.В., Кобзар С.В.</i> Операторські компанії як транспортно-логістичні учасники ринку руху товарів	75
<i>Прохорченко А.В., Кулакова М.В., Юсіфов С.В.</i> Удосконалення системи прогнозування пасажиропотоків на основі нейро-нечіткого моделювання	80
<i>Розсоха О.В., Куценко М.Ю., Лакурін Р.С., Тумачек А.М.</i> Оцінка надійності структур гіркових горловин двосторонньої сортувальної станції	84

<i>Бутько Т.В., Михайлик В.М.</i> Підходи до використання автономних збірних поїздів для виконання місцевої роботи	91
<i>Москаленко А.Д., Майоров А.М., Шумик Д.В.</i> Аналіз розвитку вантажних перевезень в умовах інформатизації залізничного транспорту	96
<i>Шатовал Г. В., Сідельников О. О.</i> Визначення економічної ефективності впровадження денного режиму роботи технічної станції	101
<i>Кулешов В.В., Толбатов О.Ю., Чурилик Т.Р.</i> Удосконалення технології перевезень парком вагонів операторських компаній на станціях вузла	107
<i>Константинов Д.В., Черваньова О.Г.</i> Удосконалення системи міжрегіональних пасажирських перевезень залізниць України	113
<i>Шовкопляс Ю.Г.</i> Удосконалення роботи сортувальної станції шляхом впровадження енергозберігаючих технологій	120

Менеджмент організацій

<i>Васильєв О.Л., Адамус Ю.А.</i> Економічна оцінка доцільності впровадження автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії на залізничному транспорті	127
<i>Дикань О.В., Диколенко О.Г., Ганич Л.Н.</i> Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку підприємств залізничного транспорту	131
<i>Найдьонова М.В., Кибенко А.Ю.</i> Організаційні засади управління персоналом на залізничному транспорті України	136
<i>Климко С.О., Крихтіна Ю.О.</i> Розробка методичного підходу до оцінки якості управління персоналом підприємства залізничного транспорту	140
<i>Дейнека О.Г., Руссова К.А., Михалко А.В.</i> Теоретичні підходи до процесу управління підприємством	143
<i>Рижко О. Р., Паламарчук І.В.</i> Удосконалення процесу адаптації працівників до умов сьогодення	148
<i>Дейнека О.Г., Жозіан Ліонель Вердикт Чимба Мікендзо, Савостьянова А.Ф.</i> Теоретичні підходи до процесу управління інвестиціями в організації	151
<i>Позднякова Л.О., Ханчич Т.О.</i> Шляхи зниження собівартості за рахунок зміни форми власності	155

Автоматика та комп'ютерні системи управління рухом поїздів

<i>Бабаєв М.М., Гребенюк В.Ю.</i> Розробка моделі контролю состояния путевого участка с помощью индуктивно-проводного датчика на базе нейросетевых технологий	159
<i>Асмоловський Є.В.</i> Дослідження функційної безпечності мікропроцесорної централізації шляхом розрахунку ймовірнісних показників функціонування	168

<i>Кіба О.В., Сотник В.О., Кошевий С.В.</i> Шляхи підвищення ефективності функціонування колійних і локомотивних пристроїв автоматики на залізничних станціях	172
<i>Незнаєв О.О., Кошевий С.В.</i> Оптимізація економічних показників сортувальних гірок за рахунок скорочення вагонних сповільнювачів третьої гальмівної позиції	182
<i>Смолінський С.В., Удовіков О.О.</i> Автоматизація контролю стану пристроїв залізничної автоматики з використанням теорії розпізнавання образів	190
<i>Шигін В.Ю., Нейчев О.В.</i> Розроблення математичної моделі лампи розжарювання для дослідження пристроїв керування станційними світлофорами	194

Автоматизовані системи технологічного зв'язку на залізничному транспорті

<i>Самойлик В.П., Трубчанінова К.А.</i> Сучасні технології абонентського доступу до глобальної мережі Інтернет	203
--	-----

Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту. Вагони

<i>Бондаренко В.В., Скуріхін Д.І., Аракелян В.В.</i> Застосування шумодіагностичного методу для контролю технічного стану ходових частин вагонів під час руху	211
<i>Ніколаєнко А.О., Варуша Д.В.</i> Удосконалення якості ремонту пасажирських вагонів за рахунок впровадження автоматизації в акумуляторному відділенні ЛВЧД - Маріуполь	215
<i>Мартинов І.Е., Труфанова А.В., Юдін В.О., Васильєв С.В.</i> До питання зменшення опору буксових підшипників	221
<i>Горбенко А.П., Кірімов І.І.</i> Конструкційні особливості вагона з підвищеним рівнем безпеки пасажирів	225
<i>Борзилов І.Д., Лапатін О.І., Крашенінін О.С.</i> Дослідження складових щодо аналітичного визначення терміну експлуатації пасажирських вагонів	230

Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту. Локомотиви

<i>Жалкін Д.С., Борщ Є.В.</i> Вибір енергетичної установки для модернізації тепловоза М62	235
<i>Вівчарський І.І., Сумцов А.Л., Фалендиш А.П.</i> Перспективи впровадження централізованих систем змащення на тепловозах	238
<i>Олійник Д.Г.</i> Підвищення ефективності використання палива тепловозами промислового транспорту	243

<i>Печерський Д.О.</i> Аналіз технічних рішень нових пристроїв безпеки руху	250
<i>Рибаков О. В., Крашенінін О. С.</i> Моделювання надійності локомотивів за критерієм оптимального прибутку від їх використання	256
<i>Дацун Ю.М., Таранов А.О.</i> Застосування тепловізійних методів при контролі стану тягових двигунів локомотивів	260
<i>Каграманян А.О., Крушодольський О.Г., Захарченко В.В.</i> Розрахункове дослідження робочого процесу тепловозного дизеля при його роботі на суміші дизельного палива та метилового ефіру ріпакової олії	266
<i>Кондусова Н.В.</i> Вопросы выбора конструктивных схем станков для изготовления двухпараметрических зубчатых колес	280
<i>Тартаковський Е.Д., Крашенінін О.С., Харламов П.О., Шапатіна О.О., Зезюлін К.О.</i> Оптимізація напрацювання відновлювального обладнання за термін служби	287

Залізничні споруди та колійне господарство

<i>Даренский А.Н., Бабий Р.М.</i> Сравнительный анализ работы скреплений КБ и КПП–5 под действием горизонтальных продольных сил	293
<i>Лоцман П.І., Пятигорець М.О.</i> Розроблення математичної моделі розподілу ваг напрямків у реперних мережах залізниці	299
<i>Штомпель А.М., Тертичний В.В., Хоруженко С.В.</i> Працездатність щебеневого баласту в процесі експлуатації безстикової колії	304
<i>Ватуля Г.Л., Орел Е.Ф., Берестянская С.Ю.</i> Влияние пожара на напряженно-деформированное состояние сталебетонных плит	308

Промислове і цивільне будівництво

<i>Хмельюк Р.В., Білоус В.О.</i> Оцінка дійсної швидкості випаровування води	315
--	-----

ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ І УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

УДК 656.213

*Д.С. Антецький,
канд. техн. наук Г.М. Сіконенко*

**АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ТРУДНОЩІВ У РОБОТІ МІЖНАРОДНИХ
ЗАЛІЗНИЧНИХ СТИКОВИХ ПУНКТІВ**

Представив д-р техн. наук, професор Є.С. Альошинський

За рівнем транзитності Україна займає одне з перших місць у Європі, що і визначає особливу значимість розробки та проведення ефективної транспортної політики. Провідну роль в ній повинні відігравати прискорений розвиток транспортної інфраструктури, створення відповідно до міжнародних стандартів національної мережі міжнародних транспортних коридорів, її інтегрування в транспортні системи Європи та Азії, Балтійського і Чорноморського регіонів. Обсяги транзиту останнім часом складають 50-70 % від можливого, тобто для пропуску транзитного потоку є достатній резерв потужності технічних засобів, у тому числі і залізничного. Останніми роками спостерігаються тенденції до певного зростання транзитних перевезень. Майже 95 % транзитних потоків входить в Україну через залізничні переходи [1]. В основному це експортні вантажі з Росії, Білорусі, Казахстану (залізна руда – 36 %, кам'яне вугілля – 16 %, нафтопродукти – 10 %), які направляються в Словаччину, Угорщину, Австрію, Чехію, Румунію, а також через порти в інші країни світу.

Особливої уваги набуває реалізація проектів, які мають забезпечити Україні участь у формуванні міжнародних транспортно-комунікаційних мереж. Необхідно виконувати складні і масштабні завдання, пов'язані з модернізацією

управління транспортними системами, що дадуть можливість поглибити сумісність з мережами країн ЄС. Сучасні процеси глобалізації вимагають від України якомога ширшого залучення її в міжнародну торговельну систему. Особливого значення набуває остаточне вирішення питань, що стосуються вступу України до СОТ та втілення в життя положень Угоди про партнерство та співробітництво з ЄС. Це сприятиме більш повній реалізації, з одного боку, експортного потенціалу українських підприємств (не тільки кількісно збільшити обсяги експорту, а й змінити його структуру), з іншого - залученню іноземних інвестицій.

Вирішенням питань організації пропуску вантажопотоків через міжнародні транспортні стикові пункти, удосконаленням інфраструктури для пропуску транзитного вагонопотоку займалися такі вчені: Б.Е. Пейсахзон, Н.Д. Іловайський, Б.І. Шафіркін, М.І. Данько, Т.В. Бутько, Є.В. Архангельський, В.М. Кудрявцев та ін.

Аналіз статистичних даних з виконання планових перевезень по стикових пунктах (на прикладі залізничного стику Ужгород – Матевці) свідчить про стабільність вагонопотоків та сезонні коливання. Дані з приймання та передачі вагонів по стиковому пункту наведені на рис. 1 та 2. Відносно до

Організація перевезень і управління на транспорті

аналогічного періоду минулого року обсяги перевезень по даному стику збільшилися в середньому на 22 %.

Основні причини, що стримують розвиток транзиту вантажів в Україні, полягають у непорядкованості системи контролю вантажів на кордоні та стягненні зборів, високій вартості послуг, які надаються митними брокерами, контрольними службами і транспортними

терміналами, численних бюрократичних перешкодах при оформленні транзитних перевезень, низькій швидкості доставки вантажів, несприятливій кримінальній обстановці, нестачі комплексного, у тому числі інформаційного, обслуговування на шляху транзиту, відсутності комплексу правових актів, які регулюють транзитні перевезення та їх експедиційне обслуговування.

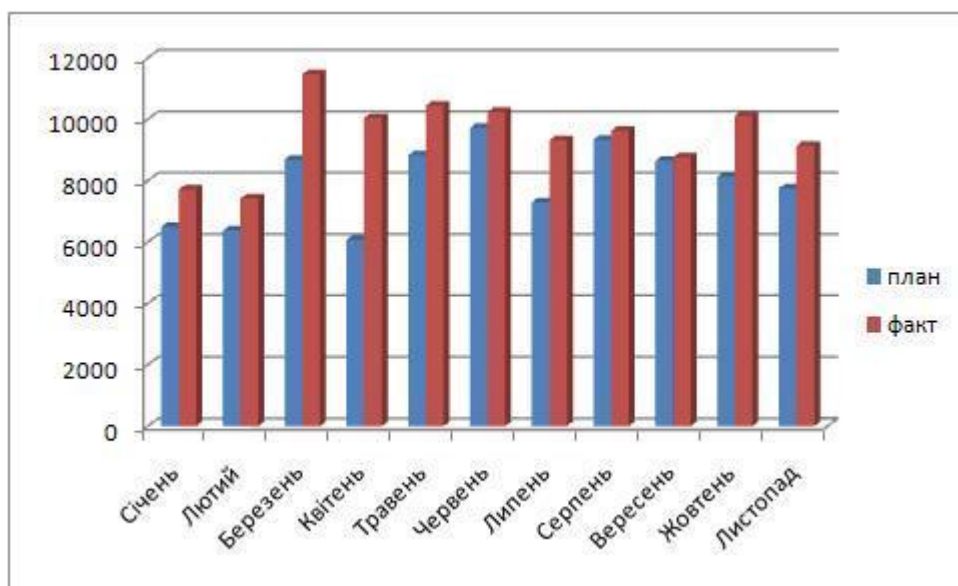


Рис. 1. Здача вагонів (план та факт) по стику Ужгород – Матевці

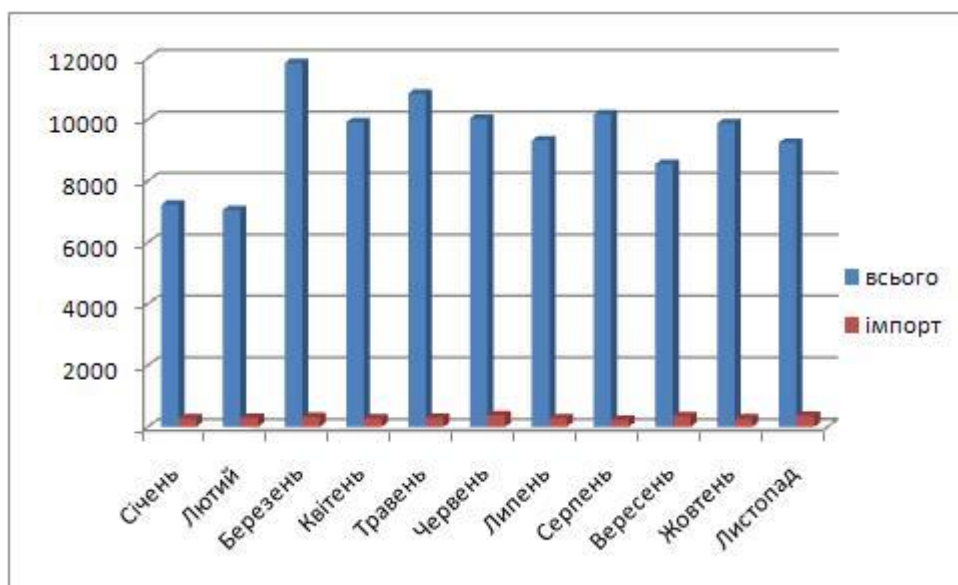


Рис. 2. Приймання вагонів по стику Ужгород – Матевці, в тому числі з імпортними вантажами

Організація перевезень і управління на транспорті

Зроблений аналіз роботи по станції Ужгород-2 Львівської залізниці за перше півріччя 2012 року показав, що основними причинами затримки вагонів при експортуванні вагонів з Росії та країн СНД стали:

- неузгодженість габариту рухомого складу;
- контрольне переважування;
- внаслідок передачі вагонів по іншому стику, оскільки дане перевезення не передбачене по переходу Ужгород-Матевці;
- внаслідок заборони на ввезення вантажу (радіологічний контроль);

– затримка згідно з заявкою експедитора;

– внаслідок закінчення терміну доставки вантажу.

Дані щодо кількості затриманих вантажів (у відсотках) наведені на рис. 3.

Основними причинами затримки вагонів при імпортуванні вантажів стали недосконалість при оформленні перевізних документів, неточності в назвах станцій, вантажоодержувачів та ін.

Дані про затримки імпортування транзитних вагонів наведені на рис. 4.

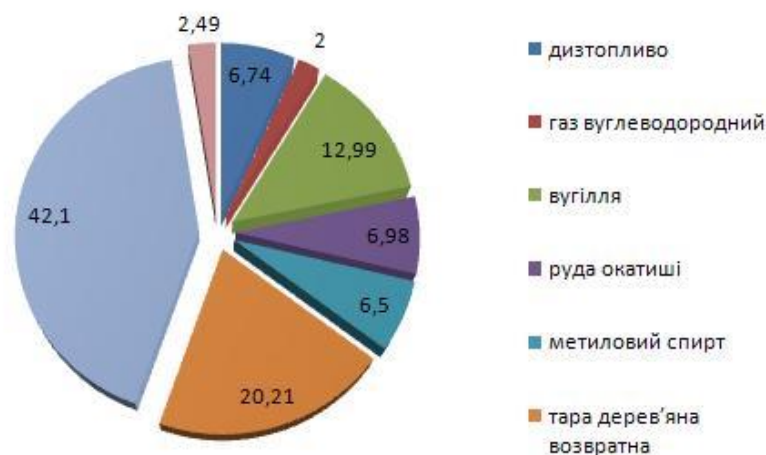


Рис. 3. Аналіз затримки вантажів (у відсотках) при експортуванні вагонів з Росії та країн СНД

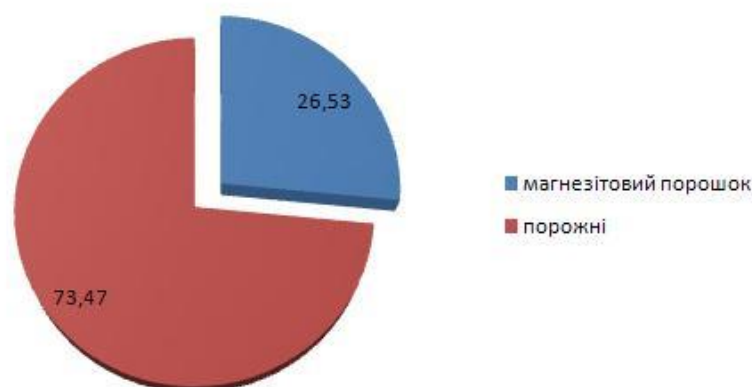


Рис. 4. Аналіз затриманих вантажів (у відсотках) при імпортуванні транзитних вантажів

Організація перевезень і управління на транспорті

Несвоєчасне відправлення вантажів (рис. 5), що навантажені на території України на експорт, відбулося внаслідок:

– технічних несправностей вагонів (додаткові вагоно-години простою складають 750 грн);

– закінчення терміну доставки вантажу (6050 грн);

– некоректності інформації про вагон та вантаж (24000 грн);

– поглибленого митного огляду та зважування (10200 грн);

– неправильного кріплення вантажу (450 грн);

– невідповідності даних пункту пропуску (8000 грн).



Рис. 5. Аналіз затриманих вантажів (у відсотках) при експортуванні вантажів виробництва України

Таким чином, основною причиною перепростою вагонів унаслідок затримки на перехідних пунктах є інформаційна недосконалість.

Так, стосовно роботи автоматизованого робочого місця товарного касира прикордонної станції (АРМ ТВК – кордон) можна зробити такі зауваження:

– немає міжмашинної взаємодії з закордонними товарними конторами та відомостей на вагони, що прибувають, необхідно вводити її додатково на станціях Укрзалізниці, внаслідок чого декларація на станціях УЗ оформляється тільки після узгодження передаточної відомості в АРМі АППВ та оформлення документів в АРМ ТВК-кордон (загальний час очікування

становить до двох годин, після прибуття поїзда з-за кордону);

– при наявності оформленого електронного перевізного документа в АРМ ТВК-кордон і ППГВЦ за довідкою №8858 відсутня інформація у вигляді електронного документу у київському РЦП;

– при факті оформлення електронних перевізних документів на контейнери відсутні дані електронні документи в АРМ ТВК-кордон, у ППГОЦ і відсутні електронні перевізні документи в київському РЦП.

Причинами розходження інформації щодо перевізних документів, оброблених через АРМ ТВК-кордон (довідка 5093), є:

- людський фактор — неправильне введення в АРМ ТВК-кордон (коду вантажу; ваги вантажу; стику виходу);
- помилка програмного забезпечення (40 ЕПД) на контейнерні перевезення, а також відсутність інформації в РЦП ЕПД;
- довготривале очікування приєднання електронного документа до вантажної митної декларації (ВМД);
- неприєднання електронної накладної до ВМД.

Висновок. Для подальшої інтеграції України у ВТО, для підвищення доходів необхідне підвищення рівня транзитності вантажів, насамперед імпортих. Відповідна оптимізація та автоматизація при перетині кордону, введення уніфікованих документів, створення сучасних умов для переробки та транспортування вантажів ще більше підвищать ефективність роботи міжнародних стикових пунктів.

Список літератури

1. Киселев, В.В. Транзитный потенциал Украины: проблемы и перспективы [Электронный ресурс] / В.В. Киселев. – Режим доступа: <http://firearticles.com> – 05.01.2013. – загл. с экрана.

Ключові слова: залізничні стикові пункти, транзитні перевезення, вантажопоток.

Анотації

Розглянуто питання організації пропуску вантажопотоків через міжнародні транспортні стикові пункти. На основі аналізу статистичних даних виявлені причини невиконання планових перевезень по стикових пунктах. Надані рекомендації щодо розширення комплексу задач для АРМ ТВК-кордон.

Рассмотрены вопросы организации пропуска грузопотоков через международные транспортные стыковые пункты. На основе анализа статистических данных выявлены причины невыполнения плановых перевозок по стыковым пунктам. Даны рекомендации по расширению комплекса задач для АРМ ТВК-граница.

Discussed the organization of cargo passing through the international transport abutting items. Based on the statistical analysis identified the causes of failure of planned transport by abutting items. The recommendations for the expansion of a set of tasks to workstations TVK-boundary.

УДК 656.2

*Д-р техн. наук М.І. Данько,
канд. техн. наук О.М. Ходаківський,
В.І. Бабич, М.В. Кметюк,
І.А. Молочко, Н.А. Хоменко*

МОДЕЛЬ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ЧАСТИНІ ФУНКЦІОНУВАННЯ І РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ КОНЦЕПЦІЇ «ВОСЬМИНОГА»

Постановка проблеми. Транспорт (від лат. trans — через і portare — нести) — сукупність засобів, призначених для переміщення людей, вантажів, сигналів та інформації з одного місця в інше.

Базові функції транспортної системи обумовлені тим, що необхідно задовольнити транспортні потреби людей та суспільства у такий спосіб, щоб позитивні характеристики усіх видів могли оптимально докладатися до соціального та економічного добробуту, і щоб задля зниження проблемного використання того чи іншого виду транспорту пропонувалися якісні альтернативи. Це можна назвати однією із стратегічних цілей сталої транспортної політики [1].

За часів СРСР усі види транспорту загального користування і транспорт незагального користування були складовими частинами єдиної транспортної системи і являли собою державну соціалістичну власність. Частина транспортних засобів належала колгоспам, а також приватним особам. Соціалістична власність на засоби виробництва, плановий характер радянської економіки обумовили комплексний розвиток транспорту загального користування, що обслуговує головним чином сферу обігу, і промислового транспорту, що безпосередньо обслуговує процес виробництва [4]. Таким чином, залізничний транспорт часів СРСР — це одна з найважливіших галузей суспільного виробництва, що покликана задовольняти

потреби населення та суспільного виробництва в перевезеннях.

На нашу думку, дана постановка причини існування транспорту в сучасній Україні є, певною мірою, обмежуючою. Обмеження полягає в тому, що термін «задовольняти потреби» визначає відносно пасивну поведінку по відношенню до кількості і якості замовлень клієнтів залізничної транспортної системи. Тому слід підвищити рівень цілеспрямованої активності. При цьому зручно транслювати знання із однієї галузі знань в іншу [3]. Використаємо при цьому уявлення про життєдіяльність залізничної транспортної системи на основі життєдіяльності восьминога.

Мета роботи. Метою роботи є розробка моделі прийняття рішень в частині функціонування і розвитку залізничної транспортної системи на основі концепції «восьминога» і вироблення оптимальної стратегії діяльності залізничного транспорту.

Основний матеріал. Будь-яку господарську діяльність людини можна розглядати як гру із природою [2]. У широкому сенсі під "природою" розуміється сукупність невизначених факторів, що впливають на ефективність прийнятих рішень. Байдужість природи до гри (виграшу) і до можливості одержання економістом (статистиком) додаткової інформації про її стан відрізняють гру економіста з природою від звичайної

матричної гри, у якій беруть участь два свідомі гравці.

Формалізуємо завдання прийняття оптимального рішення в частині функціонування і розвитку залізничної транспортної системи на основі концепції «восьминога». Під стратегією A_1 розуміємо діяльність залізничної транспортної системи на основі концепції «восьминога». Під такою діяльністю розуміємо діяльність із застосуванням як класичних інструментів функціонування та розвитку транспортних і інших систем (логістика, маркетинг тощо), які підвищують кількість і якість замовлень клієнтів залізничного транспорту на перевезення, так і інноваційного - використання ідеї про міжвидову взаємодію типу «хижак-жертва». Поставлена задача вирішується тим, що у залізничній системі запроваджується і здійснюється постійний моніторинг діяльності іншої транспортної системи (автомобільної, авіаційної тощо), яка у певному виді перевезень досягла кращих у порівнянні із залізничною системою результатів. На основі моніторингу такої діяльності розробляється і впроваджується порядок дій із доведення залізничної системи до такого стану, при якому вона здатна у певному виді перевезень досягти кращих у порівнянні з іншою транспортною системою результатів. Під стратегією A_2 розуміємо діяльність залізничної транспортної системи на основі використання лише класичних інструментів

функціонування та розвитку транспортних і інших систем (логістика, маркетинг тощо). Під стратегією A_3 розуміємо радянський (відносно пасивний по відношенню до кількості і якості замовлень клієнтів залізничного транспорту на перевезення) тип діяльності залізничної транспортної системи. При цьому під зовнішніми умовами (умовами природи) P_1 розуміємо умови функціонування залізничного транспорту в країні часів СРСР. Під зовнішніми умовами P_2 розуміємо умови функціонування залізничного транспорту в країні перехідного періоду від часів СРСР до країни з ринковою економікою. Під зовнішніми умовами P_3 розуміємо умови функціонування залізничного транспорту в країні з ринковою економікою. На основі вищенаведеного сформуємо матрицю ефективності прийнятих рішень (табл. 1).

Результати розрахунку зведено до табл. 2-16.

Використаємо для вибору оптимальної стратегії такі критерії: максимаксу, Байеса, Лапласа, Вальда, Севіджа, Гурвіца, Ходжа-Лемана.

Критерій максимаксу орієнтує статистику на найбільш сприятливі стани природи, тобто цей критерій виражає оптимістичну оцінку ситуації.

Обираємо з (3,1; 3; 3) максимальний елемент $\max = 3,1$.

Висновок: обираємо стратегію $N = 1$.

Таблиця 1

Матриця ефективності прийняття рішень

A_i	P_1	P_2	P_3
A_1	1	2	3,1
A_2	1	2	3
A_3	3	2	1

Таблиця 2

Результат розрахунку при виборі оптимальної стратегії за допомогою критерію максимаксу

A_i	Π_1	Π_2	Π_3	$\max(a_{ij})$
A_1	1	2	3,1	3,1
A_2	1	2	3	3
A_3	3	2	1	3

Критерій Байєса

За критерієм Байєса оптимальною приймається та стратегія (чиста) A_i , при

якій максимізується середній виграш та/або мінімізується середній ризик r .

Рахуємо значення $\sum(a_{ij}p_j)$:

$$\sum(a_{1,j}p_j) = 1 \cdot 0,33 + 2 \cdot 0,33 + 3,1 \cdot 0,33 = 2,013;$$

$$\sum(a_{2,j}p_j) = 1 \cdot 0,33 + 2 \cdot 0,33 + 3 \cdot 0,33 = 1,98;$$

$$\sum(a_{3,j}p_j) = 3 \cdot 0,33 + 2 \cdot 0,33 + 1 \cdot 0,33 = 1,98.$$

Таблиця 3

Результат розрахунку при виборі оптимальної стратегії за допомогою критерію Байєса

A_i	Π_1	Π_2	Π_3	$\sum(a_{ij}p_j)$
A_1	0,33	0,66	1,02	2,01
A_2	0,33	0,66	0,99	1,98
A_3	0,99	0,66	0,33	1,98
p_i	0,33	0,33	0,33	0

Обираємо з (2,01; 1,98; 1,98) максимальний елемент $\max = 2,01$.

Висновок: обираємо стратегію $N = 1$.

Критерій Лапласа

Якщо імовірність станів природи правдоподібна, для їх оцінки використовують принцип недостатнього обґрунтування Лапласа, відповідно до

якого всі стани природи постають, як рівноімовірнісні, тобто

$$q_1 = q_2 = \dots = q_n = 1/n,$$

$$q_i = 1/3.$$

Таблиця 4

Результат розрахунку при виборі оптимальної стратегії за допомогою критерію Лапласа

A_i	Π_1	Π_2	Π_3	$\sum(a_{ij})$
A_1	0,3333	0,6667	1,03	2,03
A_2	0,3333	0,6667	1	2
A_3	1	0,6667	0,3333	2
p_i	0,333	0,333	0,33	0

Обираємо з (2,03; 2; 2) максимальний елемент $\max = 2,03$.

Висновок: обираємо стратегію $N = 1$.

Критерій Вальда

За критерієм Вальда, оптимальною приймається чиста стратегія, яка в найгірших умовах гарантує максимальний виграш, тобто $a = \max(\min(a_{ij}))$.

Критерій Вальда орієнтує статистику на найбільш сприятливі стани природи, тобто цей критерій виражає песимістичну оцінку ситуації.

Таблиця 5

Результат розрахунку при виборі оптимальної стратегії за допомогою критерію Вальда

A_i	Π_1	Π_2	Π_3	$\min(a_{ij})$
A_1	1	2	3,1	1
A_2	1	2	3	1
A_3	3	2	1	1

Обираємо з (1; 1; 1) максимальний елемент $\max = 1$.

Висновок: обираємо стратегію $N = 1$.

Критерій Севіджа

Критерій мінімального ризику Севіджа рекомендує обирати як оптимальну стратегію ту, при якій величина максимального ризику мінімізується в найкращих умовах, тобто забезпечується $a = \min(\max(r_{ij}))$.

Критерій Севіджа орієнтує статистику на найменш сприятливі стани природи, тобто цей критерій виражає песимістичну оцінку ситуації.

Знайдемо матрицю ризиків.

Ризик – міра невідповідності між різними можливими результатами прийняття визначених стратегій. Максимальний виграш в j -м стовпчику $b_j = \max(a_{ij})$ характеризує сприятливість стану природи.

1. Розраховуємо 1-й стовпчик матриці ризиків:

$$r_{11} = 3 - 1 = 2; r_{21} = 3 - 1 = 2; r_{31} = 3 - 3 = 0;$$

2. Розраховуємо 2-й стовпчик матриці ризиків:

$$r_{12} = 2 - 2 = 0; r_{22} = 2 - 2 = 0; r_{32} = 2 - 2 = 0;$$

3. Розраховуємо 3-й стовпчик матриці ризиків:

$$r_{13} = 3,1 - 3,1 = 0; r_{23} = 3,1 - 3 = 0,1; r_{33} = 3,1 - 1 = 2,1.$$

Результати розрахунків оформимо у вигляді таблиці.

Таблиця 6

Результат розрахунку при виборі оптимальної стратегії за допомогою критерію Севіджа

A_i	Π_1	Π_2	Π_3	$\max(a_{ij})$
A_1	2	0	0	2
A_2	2	0	0,1	2
A_3	0	0	2,1	2,1

Організація перевезень і управління на транспорті

Обираємо з (2; 2; 2,1) мінімальний елемент $\min = 2$.

Висновок: обираємо стратегію $N = 1$.

Критерій Гурвіца

Критерій Гурвіца є критерієм песимізму – оптимізму. За оптимальну приймається та стратегія, для якої виконується співвідношення $\max(s_i)$, де $s_i = y \cdot \min(a_{ij}) + (1 - y) \cdot \max(a_{ij})$.

При $y = 1$ отримуємо критерій Вальда, при $y = 0$ отримуємо оптимістичний критерій (максимакс).

Критерій Гурвіца враховує можливість як найгіршої, так і найкращої для людини поведінки природи. Як

обираємо y ? Чим гірше наслідки помилкових рішень, тим більше бажання застрахуватися від помилок, тим ближче до 1.

Розраховуємо s_i :

$$s_1 = 0,5 \cdot 1 + (1 - 0,5) \cdot 3,1 = 2,05;$$

$$s_2 = 0,5 \cdot 1 + (1 - 0,5) \cdot 3 = 2;$$

$$s_3 = 0,5 \cdot 1 + (1 - 0,5) \cdot 3 = 2.$$

Таблиця 7

Результат розрахунку при виборі оптимальної стратегії за допомогою критерію Гурвіца

A_i	Π_1	Π_2	Π_3	$\min(a_{ij})$	$\max(a_{ij})$	$y \cdot \min(a_{ij}) + (1 - y) \cdot \max(a_{ij})$
A_1	1	2	3	1	3,1	2,05
A_2	1	2	3	1	3	2
A_3	3	2	1	1	3	2

Обираємо з (2,05; 2; 2) максимальний елемент $\max = 2,05$.

Висновок: обираємо стратегію $N = 1$.

Критерій Ходжа – Лемана

Для кожного рядка розраховуємо значення критерію за формулою

$$W_i = u \cdot \sum a_{ij} \cdot p_{ij} + (1 - u) \cdot \min(a_{ij}).$$

Розраховуємо W_i :

$$W_1 = 0,5 \cdot 2,013 + (1 - 0,5) \cdot 1 = 1,5065;$$

$$W_2 = 0,5 \cdot 1,98 + (1 - 0,5) \cdot 1 = 1,49;$$

$$W_3 = 0,5 \cdot 1,98 + (1 - 0,5) \cdot 1 = 1,49.$$

Таблиця 8

Результат розрахунку при виборі оптимальної стратегії за допомогою критерію Ходжа – Лемана

A_i	Π_1	Π_2	Π_3	$\sum(a_{ij} p_{ij})$	$\min(a_{ij})$	W_i
A_1	0,33	0,66	1,02	2,01	1	1,51
A_2	0,33	0,66	0,99	1,98	1	1,49
A_3	0,99	0,66	0,33	1,98	1	1,49
p_i	0,33	0,33	0,33	0	0	0

Організація перевезень і управління на транспорті

Обираємо з (1,51; 1,49; 1,49) максимальний елемент $\max = 1,51$.

Висновок: обираємо стратегію $N = 1$.

Таким чином, в результаті вирішення статистичної гри за різними критеріями частіше за інших рекомендувалася стратегія A_1 .

З метою підвищення достовірності отриманих даних проведемо моделювання

для вихідних даних з матрицею ефективності прийнятих рішень (табл. 9). При цьому припустимо, що для стратегій A_1 і A_2 ефективність прийнятих рішень при Π_3 буде однаковою.

Таблиця 9

Матриця ефективності прийняття рішень

A_i	Π_1	Π_2	Π_3
A_1	1	2	3
A_2	1	2	3
A_3	3	2	1

Нижче наведемо результат моделювання переважно у табличній формі.

Таблиця 10

Результат розрахунку при виборі оптимальної стратегії за допомогою критерію максимуму

A_i	Π_1	Π_2	Π_3	$\max(a_{ij})$
A_1	1	2	3	3
A_2	1	2	3	3
A_3	3	2	1	3

Обираємо з (3; 3; 3) максимальний елемент $\max = 3$.

Висновок: обираємо стратегію $N = 1$.

Таблиця 11

Результат розрахунку при виборі оптимальної стратегії за допомогою критерію Байєса

A_i	Π_1	Π_2	Π_3	$\sum(a_{ij}p_j)$
A_1	0,33	0,66	0,99	1,98
A_2	0,33	0,66	0,99	1,98
A_3	0,99	0,66	0,33	1,98
p_i	0,33	0,33	0,33	0

Обираємо з (1,98; 1,98; 1,98) максимальний елемент $\max = 1,98$.

Висновок: обираємо стратегію $N = 1$.

Організація перевезень і управління на транспорті

Таблиця 12

Результат розрахунку при виборі оптимальної стратегії за допомогою критерію Лапласа

A_i	Π_1	Π_2	Π_3	$\sum(a_{ij})$
A_1	0,3333	0,6667	1	2
A_2	0,3333	0,6667	1	2
A_3	1	0,6667	0,3333	2
p_i	0,333	0,333	0,33	0

Обираємо з (2; 2; 2) максимальний елемент $\max = 2$.

Висновок: обираємо стратегію $N = 1$.

Таблиця 13

Результат розрахунку при виборі оптимальної стратегії за допомогою критерію Вальда

A_i	Π_1	Π_2	Π_3	$\min(a_{ij})$
A_1	1	2	3	1
A_2	1	2	3	1
A_3	3	2	1	1

Обираємо з (1; 1; 1) максимальний елемент $\max = 1$.

Висновок: обираємо стратегію $N = 1$.

Таблиця 14

Результат розрахунку при виборі оптимальної стратегії за допомогою критерію Севіджа

A_i	Π_1	Π_2	Π_3	$\max(a_{ij})$
A_1	2	0	0	2
A_2	2	0	0	2
A_3	0	0	2	2

Обираємо з (2; 2; 2) мінімальний елемент $\min = 2$.

Висновок: обираємо стратегію $N = 1$.

Таблиця 15

Результат розрахунку при виборі оптимальної стратегії за допомогою критерію Гурвіца

A_i	Π_1	Π_2	Π_3	$\min(a_{ij})$	$\max(a_{ij})$	$y \cdot \min(a_{ij}) + (1 - y) \cdot \max(a_{ij})$
A_1	1	2	3	1	3	2
A_2	1	2	3	1	3	2
A_3	3	2	1	1	3	2

Обираємо з (2; 2; 2) максимальний елемент $\max = 2$.

Висновок: обираємо стратегію $N = 1$.

Результат розрахунку при виборі оптимальної стратегії за допомогою критерію Ходжа-Лемана

A_i	P_1	P_2	P_3	$\sum(a_{ij} p_j)$	$\min(a_j)$	W_i
A_1	0,33	0,66	0,99	1,98	1	1,49
A_2	0,33	0,66	0,99	1,98	1	1,49
A_3	0,99	0,66	0,33	1,98	1	1,49
p_i	0,33	0,33	0,33	0	0	0

Обираємо з (1,49; 1,49; 1,49) максимальний елемент $\max = 1,49$.

Висновок: обираємо стратегію $N = 1$.

Таким чином, в результаті вирішення цієї статистичної гри за різними критеріями частіше за інших теж рекомендувалася стратегія A_1 .

Висновок. На основі розробленої моделі прийняття рішень в частині функціонування і розвитку залізничної

транспортної системи на базі концепції «восьминога» було отримано результат, який свідчить про необхідність побудови стратегії діяльності залізничного транспорту на основі концепції «восьминога».

Список літератури

1. Базові функції транспортної системи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://velotransport.info/?p=1052>. – Загол. з екрану.
2. Критерии для принятия решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://math.semestr.ru/games/stat.php>. – Загл. с экрана.
3. Дмитриченко, М.Ф. Системология на транспорті [Текст]: підручник: у 5 кн. / за заг. ред. М.Ф. Дмитриченка. – К.: Знання України, 2005. – Кн. I: Основи теорії систем і управління / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля [та ін.]. – 344 с.
4. Транспорт СССР. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/129097/СССР>. – Загл. с экрана.

Ключові слова: залізнична транспортна система, розвиток залізничного транспорту, концепція «восьминога».

Анотації

Розроблено модель прийняття рішень в частині функціонування і розвитку залізничної транспортної системи на базі концепції «восьминога».

Разработана модель принятия решений в части функционирования и развития железнодорожной транспортной системы на базе концепции «осьминога».

The model of making decision is developed in part of functioning and development of a railway transport system on the base of conception of «octopus».

КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПОЇЗДАМИ МЕТРОПОЛІТЕНУ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ АДАПТИВНОЇ РЕЗОНАНСНОЇ ТЕОРІЇ

Частина 1. Побудова асоціативної пам'яті на основі нейронних мереж адаптивної резонансної теорії

Представив д-р техн. наук, професор М.М. Бабаєв

Вступ, аналіз публікацій, формулювання задачі дослідження. Оптимальне керування моторвагонним рухомим складом припускає вирішення завдання руху поїзда з мінімальними витратами енергії за умови виконання графіка руху по перегону й дотриманням діючих обмежень на швидкість руху, прискорення й керування.

Поїзди метрополітену відзначаються високою динамікою й забезпеченням комфортності перевезення пасажирів. Основна маса експлуатованих вагонів метрополітену (Е, ЕЖ, 81-717 та ін.) обладнана тяговими двигунами (ТД) постійного струму з послідовним збудженням [1-4]. Регулювання частоти обертання ТД здійснюється зміною напруги на їхніх затискачах: перемикання з'єднання двигунів з послідовного на паралельне, увімкнення додаткового резистора в коло якоря й ослаблення збудження за допомогою шунтування обмотки збудження. Ступеням ослаблення обмотки збудження відповідають ходові позиції, коли напруга на затискачах ТД не обмежується пускогальмовими резисторами.

Для регулювання опору в режимі пуску використовується груповий контролер. При послідовному з'єднанні ТД передбачено 16 пускових позицій реостатного контролера (РК), 17-та позиція відповідає автоматичній характеристиці повного збудження. Обертання вала РК на

всіх ходових позиціях відбувається під контролем реле прискорення й гальмування (РПГ) за допомогою електродвигуна постійного струму. Швидкість обертання РК і його хронометричний хід регулюються змінними опорами в колі електродвигуна привода РК. РПГ, залежно від ступеня завантаження вагона, підйому або спуску на перегоні, настроюється на певний струм уставки. Так, при навантаженому вагоні або при русі на граничному підйомі РПГ настроюється на максимальне пускове значення струму двигуна ($I_{\text{пуск.мах}}$), для порожнього вагона або при русі на спуску – на значення $\sim 0,8 I_{\text{пуск.мах}}$. На рис. 1, 2 наведені пускогальмові діаграми вагонів метрополітену 81-717 і Е [5]. На діаграмах показані струми уставки РПГ залежно від завантаженості вагона. На перших семи позиціях (для порожнього вагона) і на перших десяти (для навантаженого вагона) відбувається хронометричне обертання РК із уповільненим переходом з позиції на позицію за час 0,2 с при ослабленому збудженні; а починаючи з 8-ї, або з 11-ї позиції, вал РК обертається під контролем РПГ з повним магнітним потоком. Уповільнене обертання РК на перших позиціях при ослабленому збудженні виконане для плавності пуску поїзда. Аналогічно виконане гальмування вагона.

На рис. 3 наведена типова діаграма процесу руху поїзда Харківського метрополітену по перегону між двома станціями.

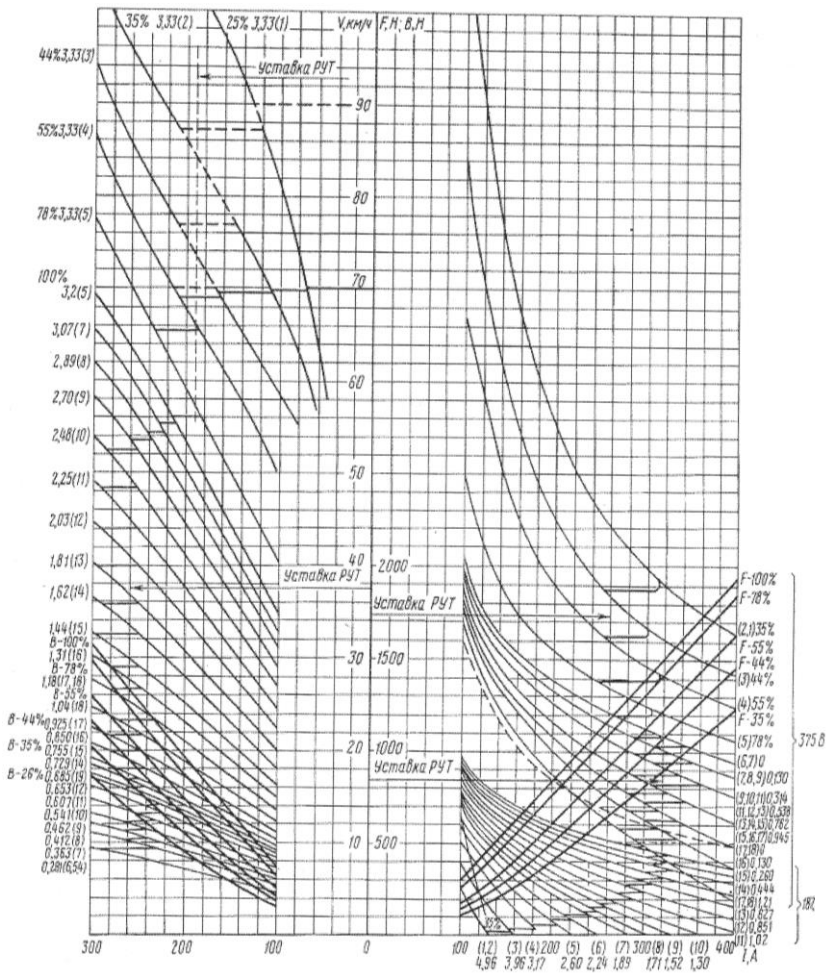


Рис. 1. Пускогальмова діаграма вагона 81-717

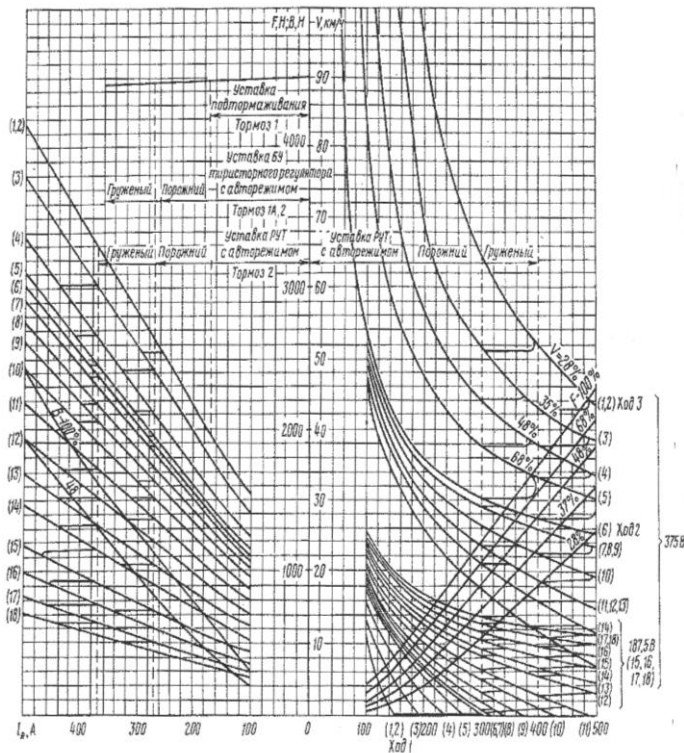


Рис. 2. Пускогальмова діаграма вагона Е

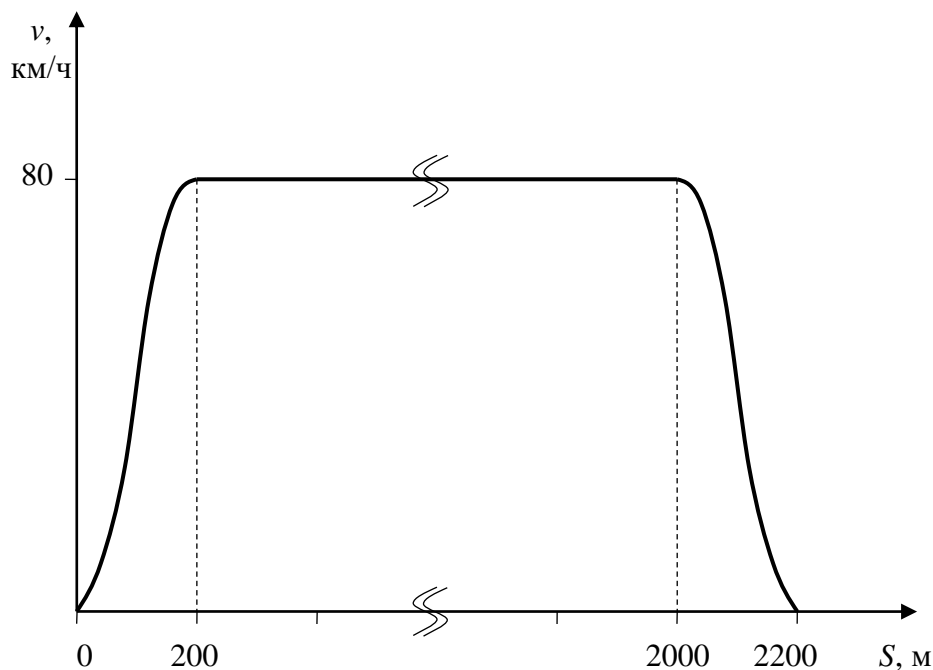


Рис. 3. Типова діаграма процесу руху поїзда Харківського метрополітену

Мета дослідження. Побудова асоціативної пам'яті на основі нейронних мереж адаптивної резонансної теорії для реалізації процесу оптимального керування електропоїздами метрополітену.

Основна частина. У розвинених країнах протягом десятиліть застосовуються системи автоматичного ведення поїздів метро за допомогою засобів обчислювальної техніки. Такі системи припускають зберігання в пам'яті комп'ютера законів керування составом на кожному перегоні з урахуванням графіка руху й завантаження состава. Зберігання інформації в пам'яті комп'ютера може бути організоване різними способами, один з них – використання асоціативної пам'яті на основі нейронних мереж. Оскільки при експлуатації електропоїздів метрополітену може з'явитися додаткова інформація (наприклад пов'язана з появою нових станцій), то цю пам'ять необхідно виконувати на основі нейронних мереж, які можуть запам'ятовувати додаткову інформацію без спотворень уже наявної або повного перенавчання нейронної мережі.

До таких мереж належать нейронні мережі адаптивної резонансної теорії [6-8], зокрема дискретна нейронна мережа АРТ-1, архітектура якої наведена на рис. 4.

Основу архітектури нейронної мережі утворюють три шари нейронів: шар вхідних бінарних *S-нейронів*; шар інтерфейсних бінарних *Z-нейронів* і шар розпізнавальних *Y-нейронів*. Керування нейронами *Z-* і *Y-шарів* здійснюється за допомогою керуючих нейронів G_1 , G_2 і розв'язувального нейрона R . Вхідний шар бінарних нейронів сприймає вхідну інформацію, закодовану нулями й одиницями, і передає її *Z*-елементам інтерфейсного шару і нейронам G_1 , G_2 і R . Нейрони *Z-* і *Y-шарів* переходять в активний стан за правилом "два із трьох" – при наявності сигналів із двох різних джерел. Тому *Z-нейрони* можуть перейти в активний стан тільки при наявності одиничного сигналу на виході *S-нейрона* й одиничного сигналу з виходу *Y-нейрона* або керуючого нейрона G_1 . Керуючі нейрони G_1 і G_2 переводяться в активний стан одиничним сигналом з виходів *S-*

нейронів. Будь-який нейрон Y -шару своїм одиничним сигналом загальмовує керуючий нейрон G_1 , тому нейрони Z -шару можуть бути переведені в активний стан тільки при наявності одиничних сигналів на виходах елементів вхідного шару. При

первісній подачі на вхід нейронної мережі деякого вхідного зображення нейрони Z -шару переводяться в активний стан за правилом "два із трьох" одиничними сигналами елементів S -шару й керуючого нейрона G_1 .

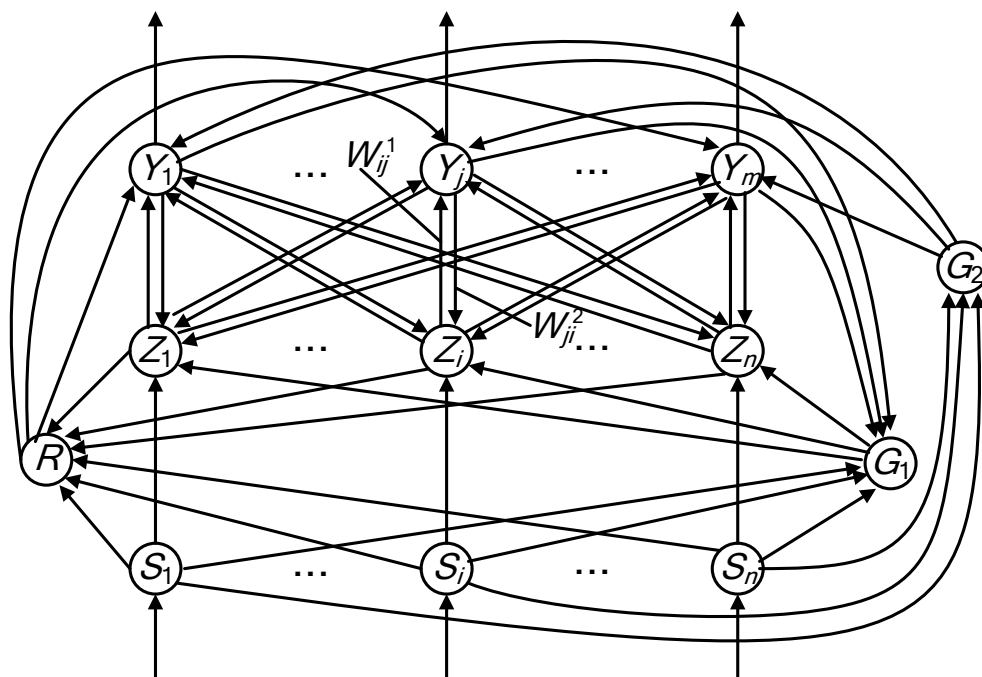


Рис. 4. Архітектура нейронної мережі АРТ-1

Одиничні сигнали з виходів Z -нейронів надходять на входи Y -елементів по зв'язках з вагами W_{ij}^1 ($i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}$). Кожний Y -нейрон розраховує свій вхідний і вихідний сигнали. Шар розпізнавальних Y -нейронів є шаром конкуруючих нейронів. За допомогою додаткової мережі (на рис. 4 непоказана) з Y -шару вибирається один нейрон-переможець із максимальним вихідним сигналом (якщо кілька Y -нейронів мають однакові вихідні сигнали, то вибирається Y -елемент із мінімальним індексом). Після цього в шарі розпізнавальних елементів активним залишається тільки один нейрон-переможець Y_j ($U_{\text{виху}j} = 1$), інші нейрони мають нульові або від'ємні вихідні сигнали.

Нульовий сигнал на виході Y -нейрона означає, що нейрон неактивний, але може брати участь у змаганні при наступному поданні вхідного зображення. Від'ємний сигнал на виході деякого розпізнавального елемента Y_j ($U_{\text{виху}j} = -1$) означає, що нейрон Y_j загальмований і не допускається до участі в змаганнях нейронів при даному вхідному зображенні. Вихідний сигнал нейрона-переможця переводить у неактивний стан керуючий нейрон G_1 і надходить на входи всіх нейронів інтерфейсного шару. В активний стан переходять тільки ті Z -нейрони, на входи яких одночасно надходять одиничні сигнали з виходів вхідних нейронів і нейрона-переможця Y_j . Одиничні сигнали активних Z - і S -елементів надходять на

входи розв'язувального нейрона R , який розраховує параметр подібності між вхідним зображенням і зображенням, що зберігається у вагах зв'язків нейрона-переможця YJ :

$$p = \|Z_{\text{ВЫХ}}\| / \|S_{\text{ВЫХ}}\|,$$

де p – параметр подібності зображень;

$\|Z_{\text{ВЫХ}}\|$ – норма зображення, що зберігається у вагах зв'язків нейрона-

переможця, $\|Z_{\text{ВЫХ}}\| = \sum_{i=1}^n U_{\text{ВЫХ}Z_i}$;

$\|S_{\text{ВЫХ}}\|$ – норма вхідного зображення,

$\|S_{\text{ВЫХ}}\| = \sum_{i=1}^n U_{\text{ВЫХ}Z_i}$;

$U_{\text{ВЫХ}Z_i}$ – вихідний сигнал нейрона Z_i .

Якщо отримане значення параметра подібності дорівнює або більше заданого значення параметра подібності ($P3$) і нейронна мережа функціонує в режимі розпізнавання, то вхідне зображення розпізнається таке, що належить до класу, еталонне зображення якого зберігається у вагах зв'язків нейрона YJ . Якщо нейронна мережа функціонує в режимі навчання, то

при $p \geq P3$ відбувається навчання ваг зв'язків нейрона YJ вхідним зображенням. Якщо виконується умова $p < P3$, то нейрон-переможець загальмовується й починається пошук нового нейрона-переможця в шарі розпізнавальних нейронів. Якщо в режимі навчання всі розподілені нейрони Y -шару (тобто всі елементи зберігають у вагах зв'язків якісь зображення) виявляються загальмованими, то вхідне зображення запам'ятовується одним з нерозподілених Y -нейронів. Якщо виявляються загальмованими всі розподілені Y -нейрони в режимі розпізнавання, то це означає, що вхідне зображення не належить до жодного із класів, що зберігаються у вагах зв'язків нейронної мережі.

Висновок. Ураховуючи досить швидкі процеси пуску й гальмування вагонів метрополітену й відносно невеликі відстані між станціями, становить практичний інтерес оптимізація руху поїзда по всій лінії за допомогою нейронних мереж адаптивної резонансної теорії з використанням асоціативної пам'яті дискретної нейронної мережі АРТ-1, яка може запам'ятовувати додаткову інформацію без спотворення вже наявної або повного перенавчання нейронної мережі.

Список літератури

1. Баранов, Л.А. Учет системы энергоснабжения при проведении тяговых расчетов для поездов метрополитена [Текст] / Л.А. Баранов, В.Г. Сидоренко, М.А. Васильева // Межвуз. сб. науч. трудов. – Самара: СамИИТ, 2001. – № 21. – С. 97-100.
2. Астрахан, В.И. Системы автоведения для управления поездами метрополитена [Текст] / В.И. Астрахан, Ю.А. Барышев. – М.: Транспорт, 1989. – 88 с.
3. Лисенков, В.М. Двухканальная микропроцессорная система АРС для обеспечения безопасности движения поездов метрополитена [Текст] / В.М. Лисенков, Г.С. Лодыгин, П.Ф. Бестемьянов // Единый ряд систем управления движением поездов: межвуз. сб. науч. трудов. – М.: МИИТ, 1990. – С. 68-78.
4. Блиндюк, В.С. Аналіз основних етапів розвитку систем автоматичного керування рухом на залізничному транспорті та в метрополітенах [Текст] / В.С. Блиндюк // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 126. – С. 86-90.

5. Устройство и ремонт электропоездов метрополитена [Текст]: учеб. для ПТУ / Э.А. Сементовский, А.А. Богданов, В.С. Гусев Ю.Я. Могильнер; под ред. Э.А. Сементовского. – М.: Транспорт, 1991. – 335 с.

6. Дмитриенко, В.Д. Основы теории нейронных сетей [Текст] / В.Д. Дмитриенко, Н.И. Корсунов. – Белгород: БИИММАП, 2001. – 159 с.

7. Fausett I. Fundamentals of Neural Networks. Architectures, Algorithms, and Application. – New Jersey: Prentice Hall International, Inc., 1994. – 461 p.

8. Моделирование и оптимизация систем управления и контроля локомотивов [Текст] / В.И. Носков, В.Д. Дмитриенко, Н.И. Заполовский, С.Ю. Леонов. – Харьков: ХФИ "Транспорт Украины", 2003. – 248 с.

Ключові слова: тяговий двигун, контролер, струм, нейрон, нейронна мережа, асоціативна пам'ять.

Анотації

Розглянуто метод оптимального керування електропоїздами метрополітену, який пропонується реалізувати на основі нейронних мереж адаптивної резонансної теорії з використанням асоціативної пам'яті дискретної нейронної мережі АРТ-1.

Рассмотрен метод оптимального управления электропоездами метрополитена, который предлагается реализовать на основе нейронных сетей адаптивной резонансной теории с использованием ассоциативной памяти дискретной нейронной сети АРТ-1.

The method of optimum control is considered by electric trains of underground which is offered to be implemented on the basis of neural networks of the adaptive resonant theory with usage of associative memory of discrete neural network АРТ-1.

УДК 681.3: 656.073

*Канд. техн. наук Ю.В. Шульдінер,
асп. Г.О. Сіваконева,
Д.В. Бадіков*

УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБИГУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ В МЕЖАХ ЛОГІСТИЧНОГО КЛАСТЕРА ХАРКІВСЬКОГО РЕГІОНУ

Представив д-р техн. наук, професор А.М. Котенко

Вступ. Провідним напрямком розвитку транспортної галузі визначається необхідність адаптації Укрзалізниці до європейського рівня організації роботи транспорту. На сучасному етапі проблеми підвищення якості, ефективності та

конкурентоспроможності перевезень залізничним транспортом висувуються на перший план, тому що головною умовою успішної роботи на ринку транспортних послуг є своєчасне і найбільш повне задоволення потреб замовників.

Постановка проблеми. Відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 16.11.2011 року № 1186 про «Порядок розроблення, проведення моніторингу та оцінки реалізації регіональних стратегій розвитку» [1] обласними держадміністраціями розроблено стратегічні плани розвитку регіонів на довгостроковий (понад п'ять років) період. Одним із ключових напрямків загальної стратегії регіонального розвитку є стратегія розвитку регіональної транспортної системи, метою якої є зміцнення конкурентних позицій усіх видів транспорту, що функціонує як на внутрішньому регіональному, так і на загальнодержавному ринках транспортних послуг. Стійкість української економіки залежить від здатності кожного регіону успішно конкурувати на світовому ринку транспортних перевезень. У зв'язку з цим набуває актуальності кластерний підхід, згідно з яким конкурентоспроможність регіону залежить від наявності на його території кластера взаємопов'язаних галузей. На основі цього підходу розроблені концептуальні основи формування транспортно-логістичного кластера Харківської області з урахуванням світового досвіду [2].

Одним із ключових напрямків загальної стратегії регіонального розвитку є стратегія розвитку транспортної системи, метою якої є зміцнення конкурентних позицій усіх видів транспорту даного регіону як на внутрішньому регіональному, так і на загальнодержавному ринках транспортних послуг. Виходячи з того, що Укрзалізниця займає вагоме місце у майбутньому кластері Харківського регіону, доцільно вдосконалити функціонування залізничних станцій та транспортні послуги відповідно до інтересів суб'єктів перевізної діяльності.

З розвитком нових інформаційних технологій, засобів зв'язку та обчислювальної техніки нового покоління в умовах сучасного розвитку економіки актуальним є застосування електронного

документообігу на залізничному транспорті [3]. Кабінет Міністрів України займається розглядом програми заходів щодо впровадження електронних документів, електронного документообігу та електронного цифрового підпису (ЕЦП) при організації вантажних перевезень залізничним транспортом. Метою впровадження ЕЦП на залізничному транспорті є максимальне скорочення паперового документообігу, а також відмова від телеграфного зв'язку, що вже здійснено на залізницях Європи, частково в Польщі та Угорщині. Впровадження шляхом реалізації безпаперових технологій сприятиме прискоренню процесів інформаційного обміну, підвищенню надійності, оперативності та ефективності роботи залізничного транспорту та підприємств, що користуються його послугами [4].

Аналіз останніх досліджень. Сьогодні нормативно-правова база України з питань кластеризації знаходиться на стадії розробки. Перший нормативно-правовий документ у даній сфері – Концепція створення кластерів в Україні, він був розроблений для виконання Державної програми розвитку промисловості на 2003-2011 рр. Також було створено проект Концепції національної стратегії формування та розвитку транскордонних кластерів [2].

Прийняті документи регіонального рівня на прикладі Харківської області: Стратегія сталого розвитку Харківської області до 2020 року, Державна програма внутрішнього виробництва, затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 12.09.2011 № 1130, рішення Ради вітчизняних та іноземних інвесторів при Харківській обласній державній адміністрації від 24.11.2011 р. [2]. Вони являють собою нормативно-правову основу для оновлення роботи залізничного транспорту. На сьогодні як в Україні, так і за кордоном багато уваги приділяється впровадженню електронного документо-

обігу на залізницях та на підприємствах, які є клієнтами залізниць, а особлива увага приділяється наданню електронному документу юридичного статусу.

Враховуючи необхідність створення кластерних структур в Україні та наявну нормативно-правову базу, існує низка таких невіршених питань, актуальних для залізниць України: недостатня автоматизація та інформатизація процесу передачі та обробки інформації при здійсненні перевезень та недостатнє сприйняття інновацій українськими учасниками транспортного процесу.

Викладення основного матеріалу.

При існуючій системі організації документообігу накладну заповнює відправник на кожну відправку та при видачі вантажу працівники станції вручають її одержувачу. За накладною відправник та одержувач розраховуються з залізницями за перевезення. Разом з накладною заповнюють інші перевізні документи, що складають «Комплект перевізних документів». Для прискорення оформлення перевізних документів відправник заздалегідь подає на станцію список-заявку про розрахунок плати за перевезення та додаткові збори. Зробивши всі розрахунки, працівники станції заповнюють документи про прийняття вантажу до перевезення у своїй частині. Після перевірки правильності заповнення перевізних документів товарний касир проставляє термін доставки, реєструє у «Книзі нумерації вантажних відправок», ставить календарні штампелі.

Таким чином, оформлення вантажних і комерційних операцій при перевезенні вантажів вимагає значного обсягу ручної праці. Для позбавлення рутинної роботи необхідно від застарілої технології більш активно переходити до використання сучасних технологічних засобів автоматизації.

Надання послуг ЕЦП Укрзалізниця (УЗ) та її комерційним клієнтам покладе основу для впровадження юридично

значущого електронного документообігу. Для цього необхідним є програмне забезпечення системи у сфері використання ЕЦП, наприклад ЕТРАН на ВАТ «РЗ» на дослідному полігоні. На робочих місцях робітників станції і під'їзних колій необхідно встановити програмне забезпечення ЕЦП, видати електронні цифрові ключі користувачам. Для цього потрібно отримати сертифікати ключів товарним касирам, товарним агентам та іншим. Система буде автоматизувати реєстрацію та збереження в електронному вигляді вхідних та вихідних документів, контролювати виконання доручень усіх рівнів і ведення архіву. Технологічний документообіг УЗ, що є основою для контролю, аналізу, оперативного управління і планування, на даний період на 95 % здійснюється на паперових носіях шляхом заповнення і підписування затверджених форм. Дані деяких граф паперових документів передаються в центри збору інформації за допомогою повідомлень, формат яких розроблено для можливості використання телетайпу як пристрою введення.

Електронний технологічний документообіг покликаний замінити паперовий первинний документ, який констатує фактичну подію, що відбулася в експлуатаційній роботі, електронним документом з ЕЦП як еталонною версією реєстрації подій, що відбулися.

Завдяки цьому, за словами експертів, Україна стане першою серед країн СНД, де впроваджується електронний підпис при організації перевезень вантажів залізничним транспортом.

На залізницях вже розпочалося впровадження автоматизованої системи місячного планування АС «Месплан», за допомогою якої залишається в минулому паперове оформлення процесу передання та узгодження замовлень на перевезення вантажів. Цю автоматичну систему охоче беруть на озброєння клієнти. Це також сприяє оптимізації процесу перевезень на

першій стадії – стадії планування, коли клієнт передає заявку на необхідну кількість вагонів, що потрібні йому для перевезення певного виду вантажу. І що суттєво: робота за схемою «заявлено – узгоджено» відбувається в інтерактивному режимі, тобто клієнт має змогу спостерігати за ходом оформлення заявки, а якщо необхідно, коригувати її в телефонному режимі. Система працює цілодобово в автоматичному режимі в комплексі з автоматизованим робочим місцем (АРМ) товарного касира. Це дозволяє заощадити багато часу, скорочуючи терміни узгоджень щодо перевезень.

Автоматика суттєво сприяє й оптимізації системи міжнародних перевезень, зокрема підвищила ефективність системи підведення вантажів на міждержавних стикових пунктах [4].

Завдяки оперативній обробці заявок вдається уникати простою вагонів та накопичення їх у портах України. Важливим є й те, що АС «Месплан» зберігає так звану історію роботи з кожним клієнтом. Отже, в разі виникнення спірних питань істину встановити можна буде доволі легко, визнавши те, з чийої провини, наприклад, несвоєчасно був поданий вагон.

Окрім того, зменшилися витрати на організацію перевізного процесу [6]. Але існує необхідність розробки автоматизованої системи, що надасть можливість узгоджувати обсяги навантаження безпосередньо з робочого місця отримувачів вантажу. З травня 2007 року було розроблено і впроваджено в досліdну експлуатацію АРМ оперативного планування, метою якого стало регулювання вантажопотоків на окремо визначену станцію призначення. І вже станом на 1 червня 2008 року системою оперативного планування було охоплено майже всю номенклатуру основних вантажів, що прямують на експорт через станції стикування до морських та річкових

портів України, а також через прикордонні переходи в країни Західної Європи.

Дуже перспективний напрямок – створення WEB-офісу вантажних перевезень. В ідеалі за його допомогою клієнт все зможе зробити, сидячи за своїм персональним комп'ютером. У цьому віртуальному офісі він зможе за мінімальний проміжок часу оформити заявку на укладання договорів з перевезення, зробити попередні розрахунки провізних платежів, оформити перевізні документи. Також передбачається, що клієнт в будь-який проміжок часу зможе отримати інформацію про дислокацію, стан вагонів, контейнерів, виконання перевезення та наявність коштів на власному рахунку.

При розробленні вимог та проектуванні системи передбачалося, що WEB-офіс вантажних перевезень буде функціонувати у тісній взаємодії з єдиною централізованою автоматизованою системою керування вантажними перевезеннями Укрзалізниці – АСК ВП УЗ, створення якої буде відбуватися паралельно. Також при проектуванні передбачалося, що процеси формування та обробки документів у WEB-офісі розробляються з урахуванням подальшого застосування ЕЦП та впровадження електронного документообігу між клієнтами WEB-офісу та УЗ.

Однак зважаючи, що терміни створення АСК ВП УЗ з ряду причин, в тому числі й внаслідок браку коштів, були перенесені, а також беручи до уваги невирішеність технологічно та юридично питань щодо використання ЕЦП, виконання робіт зі створення WEB-офісу поки що перенесені на більш віддалений період [6].

Вже є початкові наміри впровадження електронного документообігу при вантажних перевезеннях на залізничному транспорті. Існують комп'ютерні бази даних (копії паперових документів) про вантажоперевезення.

Корисним доповненням до рішення про електронний документообіг є проект постанови «Питання підвищення ефективності використання транзитного потенціалу України». У ньому йдеться про застосування товарно-транспортних накладних УМВС, ЦІМ, ЦІМ/УМВС та їх електронних копій разом із документом, що підтверджує вартість вантажу у ролі документа контролю доставки у митниці призначення, що, безумовно, спростить процедуру перетину державного кордону [7].

У травні 2007 року у межах нарад між українськими залізницями та залізницями європейських країн-сусідів УЗ ініціювала створення міждержавних систем електронного обміну інформацією про вантажообіг. Вже успішно діє система обміну інформацією про вантажообіг між Україною та Росією, що серйозно допомагає при оформленні перевізних документів на прикордонних переходах, надає змогу вантажовідправникам контролювати проходження вантажів, а залізницям – ефективно використовувати рухомий склад та оптимізувати перевізний процес. В УЗ сподіваються, що незабаром до таких заходів залучаться й інші сусідні залізниці.

Зараз на 910 станціях і 1250 робочих місцях товарних касирів встановлені комп'ютери, за допомогою яких обробляються перевізні документи, і 1240 робочих місць для обробки облікових документів за взаєморозрахунками з клієнтами на основі інформації про фактичне розташування вагонів, технічних можливостей підприємств з обробки вагонів, існуючих умов договорів між клієнтом і залізницею. Опробування взаємодії інформаційних систем відбувається в процесі проведення експерименту з безпаперової технології. Для його проведення було обрано декілька підприємств Донецької залізниці, визначені потоки вантажів і вагонів. У рамках проведення експерименту на загальних зборах з вантажовласниками розроблена тимчасова технологія перевезень з

оформленням електронної копії перевізних документів, що забезпечує підприємство інформацією про прогнозований час прибуття вантажів і порожніх вагонів.

Розвиток інформаційного обміну з сусідніми державами і членами ОСЗ з забезпечення попереднього інформування, скорочення часу знаходження вантажів під митними операціями, повний контроль за просуванням вантажів створять умови заохочування додаткових обсягів перевезень і підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту [8]. Виходячи з того, що залізничний транспорт фінансово-економічно, технічно та організаційно є найбільш потужною транспортною галуззю, він здатен виконувати провідну роль у створенні регіональних транспортно-логістичних кластерів і їх подальшій роботі.

Висновок. Проблема неможливості підписання електронного документа електронним підписом, що мав би однакову юридичну силу з власноручним підписом, унаслідок неналежного механізму правового регулювання застосування електронного підпису в Україні, може бути вирішена двома способами: внесенням відповідних змін до чинного законодавства або врегулюванням порядку використання електронного підпису на підставі договору. На сьогодні фактично існують два режими правового регулювання електронного підпису: встановлений законом та договірний (біометрія, паролі і ключі, симетрична криптографія) [9]. Все це дасть можливість розширити інформаційне середовище залізничного транспорту України, закласти фундамент для впровадження нових інформаційних технологій, надасть нових можливостей органам керування різного рівня контролювати, своєчасно виявляти тенденції і прогнозувати розвиток подій, своєчасно коригувати цінову, тарифну, соціальну політику в інтересах транспортно-логістичних кластерів та держави в цілому.

Список літератури

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 16.11.2011 року № 1186 про «Порядок розроблення, проведення моніторингу та оцінки реалізації регіональних стратегій розвитку» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://document.ua/pro-zatverdzhennja-porjadku-rozroblennja-provedennja-monitor-doc77169.html>.
2. Концепція диверсифікації діяльності залізничного транспорту України на основі створення регіональних транспортно-логістичних кластерів [Текст] / Є.С. Альошинський, Є.І. Балака [та ін.] // Залізничний транспорт України. – 2012. – № 6. – С. 24-28.
3. Колісник, Я.В. Організація електронного документообігу на залізниці [Текст] / Я.В. Колісник // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – Вип. 92. – С. 29-33.
4. Сіваконева, Г.О. Аналіз організації електронного документообігу в системі вантажних перевезень залізничним транспортом України / Г.О. Сіваконева // Зб. наук. праць студентів та магістрів. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 1. – С. 328-334. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Znpudazt/index.html>.
5. Бердута, В. Безпаперова стратегія перевезень [Текст] / В. Бердута // Магістраль. – 2009. – № 90. – С. 7.
6. Андрощук, С. Тернистий шлях залізничного тарифу [Текст] / С. Андрощук // Магістраль. – 2009. – №97-98. – С. 5.
7. Копилов, М. Шляхи залучення транзиту [Текст] / М. Копилов // Магістраль. – 2009. – № 100. – С. 5.
8. Иващук, В. Конкуренентоспособный сервис на железнодорожном транспорте Украины [Текст] / В. Иващук // Альманах международного экспедитора. – 2007. – № 1. – С. 187-191.
9. Закон України „Про електронні документи та електронний документообіг” від 22.05.2003 №851 – IV. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/851-15>.

Ключові слова: транспортно-логістичний кластер, електронний документообіг, електронний цифровий підпис, юридичний статус, комплект перевізних документів, товарна контора, місячне планування, WEB-офіс вантажних перевезень, програмний комплекс.

Анотації

Стійкість української економіки залежить від здатності кожного регіону успішно конкурувати на світовому ринку транспортних перевезень. У зв'язку з цим набуває актуальності кластерний підхід, згідно з яким конкурентоспроможність регіону залежить від наявності на його території кластера взаємопов'язаних галузей. З розвитком нових інформаційних технологій в умовах сучасного розвитку економіки актуальним є застосування електронного документообігу на залізничному транспорті України. Впровадження шляхом реалізації безпаперових технологій сприятиме прискоренню процесів інформаційного обміну, підвищенню надійності, оперативності й ефективності роботи залізничного транспорту та підприємств, що користуються його послугами. Це надасть змогу залізниці перейти на новий рівень функціонування та зайняти поважне місце у транспортно-логістичному кластері.

Устойчивость украинской экономики зависит от способности каждого региона успешно конкурировать на мировом рынке транспортных перевозок. В связи с этим приобретает актуальность кластерный подход, согласно которому конкурентоспособность

региона зависит от наличия на его территории кластера взаимосвязанных отраслей. С развитием новых информационных технологий в условиях современного развития экономики актуальным является применение электронного документооборота на железнодорожном транспорте Украины. Внедрение электронных технологий будет способствовать ускорению процессов информационного обмена, повышению надежности, оперативности и эффективности работы железнодорожного транспорта и предприятий, пользующихся его услугами. Это позволит железной дороге перейти на новый уровень функционирования и занять ведущее место в транспортно-логистическом кластере.

The stability of the Ukrainian economy depends on the ability of each region to compete successfully in the global transport market. In this connection becomes urgent cluster approach, whereby the competitiveness of the region depends on the presence in its territory cluster of related industries. With the development of new information technologies in today's economic development is the application of relevant electronic documents of the railways of Ukraine. Introduction by implementing paperless technologies will accelerate the exchange of information, improving reliability, speed and efficiency of rail transport and the companies that use its services. This will enable railways to move to a new level of performance and take a respectable place in the transportation and logistics cluster.

УДК 656.21

*Канд. техн. наук Д.С. Лючков,
Ю.А. Борзенкова*

ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ПРОПУСКОМ И ОБСЛУЖИВАНИЕМ ТРАНЗИТНОГО ВАГОНПОТОКА ПО МЕЖДУНАРОДНЫМ ТРАНСПОРТНЫМ КОРИДОРАМ УКРАИНЫ (обзор по грузовым перевозкам)

Представил д-р техн. наук, профессор А.Н. Котенко

Образование общеевропейского внутреннего рынка, открытие границ с государствами Восточной Европы и усиление их участия в европейской экономической жизни привели как к увеличению спроса на международные перевозки, так и к усилению конкуренции. В связи с этим сотрудничество железных дорог (ЖД) европейских стран приобретает все большее значение.

Железнодорожные перевозки требуют транзитного сообщения. Однако здесь возникают проблемы, обусловленные следующими причинами.

Ширина колеи. Для резко возросших вследствие расширения Европейского Союза (ЕС) транспортных потоков различная колея является заметным препятствием с точки зрения конкуренции с автомобильным и водным транспортом. Сменные тележки и колесные пары регулируемой ширины делают возможным оборот вагонов по МТК, но обуславливают заметные финансовые расходы и затраты времени.

Технические решения проблемы должны быть увязаны в единую стратегическую и коммерческую концепцию,

ориентированную на максимизацию прибыли от международных перевозок.

Системы электроснабжения.

Последствием различных разработок в отдельных странах стало многообразие систем тока, которое сохранилось до настоящего времени и сильно осложняет соединение железных дорог на границах. С точки зрения конкурентоспособности, на европейском транспортном рынке – это слабое место железных дорог, поскольку даже при использовании современных электровазозов трехфазного тока установка дополнительного оборудования означает увеличение массы и потребного пространства, а в конечном итоге – увеличенную цену тягового подвижного состава.

Установка на одном электровазозе всех четырех широко применяющихся в Европе систем тока оправдана лишь для немногих линий.

Направление снижения расходов на тяговый подвижной состав – его модульная конструкция.

Габарит приближения строений.

Различные габариты приближения строений требуют дополнительного учета и специальных мероприятий и ограничивают свободное и без лишних затрат использование тягового подвижного состава.

Наличие различных габаритов на отдельных железных дорогах делает возможным применение в качестве универсальных только контейнеров с минимальным поперечным сечением.

С учетом стремления к максимальному использованию грузоподъемности вагонов, особенно в смешанном сообщении, это осложняет конкуренцию с автомобильным транспортом. Так как на автомобильном транспорте заметна тенденция к увеличению размеров подвижного состава и его осевых нагрузок.

Поскольку многие ограничения габаритов существуют только на отдельных участках, необходимо в международном

масштабе следовать среднесрочной стратегии, которая при проведении мероприятий по реконструкции на важнейших международных линиях, включенных в МТК, учитывала бы габариты соседних стран и тем самым допускала бы использование ранее несовместимых по габаритам видов подвижного состава.

Это важно для перевозки крупногабаритных грузов, где железные дороги имеют преимущество в сравнении с автомобильным транспортом.

Системы сигнализации и обеспечения безопасности, управление движением поездов.

На национальных транспортных системах (в Европе их около 20) в последние годы внедрены новые системы обеспечения безопасности и управления, несовместимые друг с другом.

Ранее железные дороги ориентировались на внутренние перевозки и не придавали особого значения единым международным системам безопасности, поскольку на границах обычно заменяли и локомотивы, и поездные бригады.

Одно из решений заключается в применении многосистемного подвижного состава, который должен иметь технические системы безопасности всех проследуемых дорог.

Таким образом, для конкурентоспособной работы МТК железные дороги должны стремиться к применению универсальной техники.

Пересечение границ. Выполнение международных грузовых перевозок включает в себя технологические компоненты, ответственность за которые несут ЖД, и административно-государственные компоненты (органы таможни и пограничные службы).

По историческим причинам эти компоненты тесно взаимосвязаны, в результате чего пересечение границы по железной дороге проходит в сравнении с автомобильным и водным транспортом тяжелее и дольше.

Существование в Европе в общей сложности 304 пограничных железнодорожных переходов между сетями 44 ЖД отрицательно влияет на международные железнодорожные сообщения в МТК.

Пересечение государственных границ сопряжено с неизбежными задержками технического и эксплуатационного плана.

К числу важнейших эксплуатационных причин относятся следующие:

- отсутствие международной технологии сортировки вагонов по направлениям так, что вагоны не могут быть отсортированы таким образом, как это требуется в стране назначения, в связи с чем на границе снова требуется размечать и переформировать составы;

- не всегда передача вагонов организована на основе взаимного доверия (проводится повторный технический и коммерческий осмотр);

- нет единой технологии транспортировки опасных грузов;

- не для всех возможных корреспонденций установлены сквозные тарифы (на границе требуется перерасчет платы за провоз груза со стороны принимающей железной дороги);

- сопроводительные документы часто доставляются с нарушением установленных правил, что приводит к дополнительным задержкам и к необходимости исключать из состава определенные вагоны;

- таможенные операции.

С учетом перечисленных факторов ЖД должны осуществить ряд мероприятий по совершенствованию работы пограничных переходов.

Для оптимальной работы МТК в точках пересечения государственной границы целесообразно применить следующие меры:

- отмена таможенного контроля;
- отмена технического контроля;
- распространение принципа взаимного доверия на коммерческие вопросы;

- повышение уровня универсализации технических средств.

Эти меры должны повысить конкурентоспособность ж/д транспорта на линиях, включенных в МТК.

Использование вагонов.

Наблюдается конфликт в разработке вагонного парка: с одной стороны, имеется потребность в универсальных вагонах, с другой – парк должен специфицироваться по клиентам и родам грузов. Возможное решение – это модульная концепция вагонов.

Важное значение в этом вопросе имеет автосцепка. До настоящего момента, несмотря на многочисленные эксперименты, не было выработано проекта модифицированной единой автосцепки для всех дорог, включенных в МТК.

Международное использование персонала.

Необходимо использовать в международном сообщении локомотивные и поездные бригады. Если на автомобильном и водном транспорте сквозное использование персонала, то на железных дорогах использование машинистов тягового подвижного состава за границей вследствие различий в технических системах и условиях работы достаточно сложно.

Связь. Грузовые перевозки нуждаются в единой замкнутой системе, которая регистрировала бы текущее местоположение и состояние грузовых вагонов.

Следует учитывать проблемы единой тарифной системы, факторы политической ситуации в странах, через которые проходят международные транспортные коридоры.

Международное транспортное право.

Существует ряд документов, подписание которых способствовало бы облегчению наземных транзитных перевозок в МТК Украины:

- Таможенная конвенция о международной перевозке грузов с

применением книжки МДП (Россия подписала);

- Таможенная конвенция, касающаяся временного ввоза дорожных перевозочных средств, служащих для коммерческих целей (Россия не подписала);

- Международная конвенция о согласовании условий проведения контроля грузов на границах (Россия подписала);

- Конвенция о договоре международной дорожной перевозки грузов КДПГ (Россия подписала);

- Европейское соглашение о важнейших линиях международных комбинированных перевозок и соответствующих объектах (СЛКП); (Россия подписала);

и другие документы.

Выводы. Преимуществом ЖД является наличие линий большой протяженности с высокой пропускной способностью. Рост объемов перевозок в Европе ожидается за счет ценных грузов в смешанном сообщении по МТК.

Снижающаяся с увеличением дальности перевозок доля постоянных расходов на перевалку грузов ведет к повышению экономичности международных перевозок.

Эксплуатационный процесс может быть в короткие сроки упрощен по многим направлениям, что позволит уменьшить затраты и повысить конкурентоспособность. Технические и организационные препятствия могут быть устранены.

Если на автомобильном транспорте уже давно удалось не только гармонизировать технические и эксплуатационные предписания различных стран, но и унифицировать их во многих деталях, то это должно стать возможным и на железнодорожном транспорте.

Включение железных дорог Украины в структуру МТК вносит изменения в организацию перевозок и управление на железнодорожном транспорте. Эта интеграция вносит коренные изменения в

организацию действий железнодорожного транспорта. Эта задача усложняется экономическим кризисом, спадом объемов производства, перевозок грузов и пассажиров и, вследствие этих факторов, снижением капитальных вложений и финансирования, потерей значительной части производственных мощностей в связи с распадом СССР, дезинтеграцией транспортной системы.

Созданию сети транспортных коридоров на Украине предшествовало решение стран Европейского Содружества о расширении существующей сети международных транспортных коридоров на Центральную и Юго-Восточную Европу, с выходом на Черное, Балтийское моря и на страны азиатского и кавказского регионов (см. таблицу). В марте 1994 г. и июне 1997 г. на проведенных европейских конференциях принято решение о создании девяти трансъевропейских коридоров, связывающих Западную, Центральную и Восточную Европу (так называемые «критские коридоры»).

Кабинет Министров Украины принял Постановление «Об утверждении программы создания и функционирования национальной сети международных транспортных коридоров в Украине» (Постановление КМУ №346 от 20.03.98 г.). Программа предусматривает проведение комплекса первоочередных мер, направленных на развитие международных транспортных коридоров в Украине, на период до 2005 года.

Через Украину должны пройти три «критских коридора» и три коридора Европейского Содружества.

Украинской стороной вынесено предложение продлить коридор №5 до города Минска, коридор №9 - на Кавказ и создать транспортный коридор между Балтийским (порт Гданьск) и Черным (порт Одесса) морями, а также провести исследование о возможности проведения одной из ветвей транспортных коридоров через Харьковский регион. Работа по

Організація перевезень і управління на транспорті

созданию и осуществлению проекта планируется до 2015 года.

Создание транспортных коридоров будет осуществляться по двум направлениям:

- реконструкция существующих магистралей;

- строительство новых магистралей (приоритет получают автомобильные дороги).

Предъявляемые требования и условия к железным дорогам Украины:

- скорость движения грузового поезда – 100 км/ч;

- скорость движения пассажирского поезда – 160 км/ч;

- электрическая тяга и оснащение автоблокировкой по всему маршруту;

- мощное верхнее строение пути;

- полное обеспечение сохранности груза;

- новая технология работы железнодорожных станций и узлов, дающая минимум технических операций по обработке поездов;

- сохранение смешанного пассажирского и грузового движения с использованием эффективных графиков движения поездов, предусматривающих пропуск скоростных и обычных поездов;

- сохранение государственной собственности железных дорог;

- стабильный объем грузопотока.

Таблица

Характеристика транспортных коридоров железных дорог Украины

Наименование транспортных коридоров	Крупные ж/д узлы, расположенные в транспортных коридорах, и пограничные переходы	Протяженность, км	
		автотранспорт	железные дороги
1	2	3	4
Критские коридоры			
№3 Берлин – Киев (4)	Мостыская, Львов, Тернополь, Жмеринка	630	700
№5 Триест – Львов (6)	Чоп, Стрый, Львов	245	260
№9 Хельсинки – Одесса (3)	Горностаевка, Чернигов, Киев, Жмеринка, Вапнярка, Одесса – Западная	660	700
Коридоры Европейского Содружества			
БАЛТИКА – ЧЕРНОЕ МОРЕ (D1) (5)	Ягодин, Ковель, Ровно, Бердичев, Казатин, Жмеринка, Одесса	870	920
D2 (ЧЭС) (2)	Рени, Измаил, Одесса, Новоукраинка, Кировоград, Днепропетровск, Ясиноватая, Квашино (Таганрог)	955	1220
ЕВРОПА - АЗИЯ (D3) (1)	Мостыская, Львов, Тернополь, Жмеринка, Фастов, Белая Церковь, Чернолеская, Днепропетровск, Чаплино, Горловка, Красная Могила (Волгоград)	1380	1600

В настоящее время железным дорогам Украины для эффективной работы МТК требуется:

- оптимизировать работу передаточно-пограничных станций;
- сократить междуоперационные простои поездов на станциях, включенных в транспортные коридоры;
- разработать новую технологию для работы с поездами инфраструктуры МТК;
- создать информационную сеть для контролирования ситуации в МТК и др.

Украина географически занимает положение транзитной страны, имеет 12 пограничных переходов, соседствует с шестью странами. Соответственно, практически все основные железнодорожные ходы имеют международное значение, обеспечивая внутригосударственные транзитные перевозки и перевозки во взаимодействии с зарубежными странами. Эти перевозки и необходимы, и экономически выгодны, т.к. обеспечивают валютные поступления в страну.

Список литературы

1. Соломаха, І.В. Проблеми і перспективи розвитку транзитних перевезень та підвищення якості транзитних послуг на залізницях України [Текст] / І.В. Соломаха // Зб. наук. праць студентів та магістрів. – Харків: Укр ДАЗТ, 2008. – Вип. 89. – С. 64-68.
2. Кірпа, Г.М. Інтеграція залізничного транспорту України у європейську транспортну систему [Текст]: монографія / Г.М. Кірпа. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Дніпропетровськ: Видавництво Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2004. – С. 190-193.
3. Железные дороги колеи 1520 мм [Текст]: СТН Ц-01-95. – М., 1995. – 86 с.
4. Бесперевалочное грузовое сообщение [Текст]: Симпозиум в ЦНИИТЭИ МПС России // Железнодорожный транспорт. – 1996. – № 7. – С. 64-65.
5. Гайдаров, Н. Тележки с раздвижными колесными парами [Текст] / Н. Гайдаров // Бюл. ОСЖД. – 1992. – № 3-4. – С. 20-23.

Ключевые слова: транспортные коридоры, транзитные перевозки.

Аннотації

Створення загальноєвропейського внутрішнього ринку спонукає Україну до розвитку національної мережі міжнародних транспортних коридорів як найважливішої складової інтеграції в транспортну систему світу.

Проте існує ряд проблем в транзитному сполученні, обумовлений такими причинами: різна ширина колії, габарити наближення споруд, проблеми митного характеру та ін.

За цими напрямками потрібно значно зменшити затрати і підвищити конкурентоспроможність залізничного транспорту, що дозволить закріпити на міжнародному транспортному ринку за Україною великий сектор вантажопотоку.

Создание общеевропейского внутреннего рынка побуждает Украину к развитию национальной сети международных транспортных коридоров как важнейшей составляющей интеграции в транспортную систему мира.

Однако существует ряд проблем в транзитном сообщении, обусловленных следующими причинами: разная ширина колеи, габариты приближения строений, проблемы таможенного характера и другие.

По этим направлениям нужно значительно уменьшить затраты и повысить конкурентоспособность железнодорожного транспорта, что позволит закрепить на международном транспортном рынке за Украиной солидный сектор грузопотока.

Today the Railway Transport of Ukraine on the path of European integration. Creating a European internal market encourages Ukraine to develop a national network of international transport corridors, as an essential component of integration in European and world transport system.

However, there are several problems in transit traffic, caused by the following reasons: different gauge, electricity, building size approximation, the problem of the nature of customs and others.

For these areas can significantly reduce the operational process, it will help reduce costs and increase competitiveness of Ukraine which will conso

УДК 656.212.5

*Д-р техн. наук, професор О.М. Огар,
асист. Л.А. Страна,
Л.В. Бригіна*

РОЗРОБКА ПРОЦЕДУРИ РОЗРАХУНКУ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОЗДОВЖНЬОГО ПРОФІЛЮ СПУСКНОЇ ЧАСТИНИ СОРТУВАЛЬНИХ ГІРОК

Вступ. На ефективність експлуатації сортувальних гірок впливають такі фактори, як якість їх конструкції і управління процесами у сортувальному комплексі, технічний стан колійного розвитку, гіркових локомотивів і гальмових засобів, надійність функціонування пристроїв гіркової автоматики, технологія сортувального процесу, що застосовується. Основними напрямками підвищення вказаної ефективності перш за все є оновлення гіркової техніки, впровадження ресурсозберігаючих технологій і конструкцій, систем підтримки прийняття рішень, програм-тренажерів для підвищення професійного рівня гіркових операторів.

Актуальність. Обрис поздовжнього профілю є однією з основних характеристик конструкції сортувального пристрою. Традиційний тип поздовжнього профілю (зі швидким переходом від крутого першого елемента до пологого елемента на стрілочній зоні) в першу чергу орієнтований на отримання високих

середніх швидкостей з метою мінімізації тривалості розпуску составів. В сучасних умовах поряд із задачею зменшення тривалості розформування составів актуальною є задача підвищення заощадження паливно-енергетичних і виробничих ресурсів. Відомо, що конструкція поздовжнього профілю здійснює суттєвий вплив на витрати вказаних ресурсів і залежить від багатьох випадкових параметрів. Таким чином, визначення раціональних конструктивних параметрів профілю гірок являє собою складну оптимізаційну задачу, яку слід кваліфікувати як задачу стохастичного програмування. Для розв'язання задач стохастичного програмування використовуються різні методи. Обґрунтування найбільш ефективного методу є окремою науково-прикладною задачею.

Аналіз досліджень і публікацій. Дослідження конструкцій поздовжнього профілю, що проводилися у минулому сторіччі, в основному були спрямовані на підвищення переробної спроможності

сортувальних пристроїв. При цьому не враховувався ступінь використання паливно-енергетичних і виробничих ресурсів.

Серед останніх праць в галузі удосконалювання конструктивних параметрів поздовжнього профілю найбільш відомими є праці М.В. Правдіна і С.А. Бессоненка [1–5]. Запропонований ними комплексний розрахунок параметрів сортувальних гірок базується на використанні імовірнісних показників. Як критерій оптимізації обрано мінімум тривалості розформування составів. Розраховані за даним критерієм параметри не завжди можуть сприяти збереженню паливно-енергетичних і виробничих ресурсів. Нові підходи до розв'язання задачі оптимізації поздовжнього профілю спускної частини подано також в [6, 7, 8].

Недоліком вказаних підходів є відсутність врахування випадкового характеру окремих вихідних даних.

Формулювання мети (постановка завдання). Метою даних досліджень є підвищення ступеня обґрунтованості параметрів поздовжнього профілю сортувальних гірок шляхом вибору найбільш ефективного методу розв'язання задачі оптимізації вказаних параметрів.

Формування процедури розрахунку раціональних конструктивних параметрів поздовжнього профілю спускної частини. Задача розрахунку раціональних конструктивних параметрів поздовжнього профілю спускної частини по сортувальній колії z у стохастичній постановці має такий аналітичний вигляд

$$\begin{aligned}
 H_{\Gamma_z} &= (I_{1_z} \cdot l_{1_z} + I_{2_z} \cdot l_{2_z} + I_{4_z} \cdot l_{4_z} + I_{5_z} \cdot l_{5_z}) \cdot 10^{-3} + C_z \rightarrow \min, & (1) \\
 \left\{ \begin{aligned}
 &I_{1_z} \leq 50, I_{2_z} \geq 7, 23 \leq I_{1_z} - I_{2_z} \leq 25; I_{4_z} \geq 7, 7 \leq I_{5_z} \leq 26,5; \\
 &P(h_{\omega_z}^{*PB}(I, V\theta(t), \beta(t)) \leq H_{\Gamma_z} + h_o^{PB}) \geq 0,95; \\
 &P(\delta_{PB-XB_z}^{*СТР.1}(I, V\theta(t), \beta(t)) \geq 1) \geq a, P(\delta_{XB-PB_z}^{*СТР.1}(I, V\theta(t), \beta(t)) \geq 1) \geq a; \\
 &P(\delta_{PB-XB_z}^{*СТР.2}(I, V\theta(t), \beta(t)) \geq 1) \geq a, P(\delta_{XB-PB_z}^{*СТР.2}(I, V\theta(t), \beta(t)) \geq 1) \geq a; \\
 &\dots \\
 &P(\delta_{PB-XB_z}^{*СТР.n}(I, V\theta(t), \beta(t)) \geq 1) \geq a, P(\delta_{XB-PB_z}^{*СТР.n}(I, V\theta(t), \beta(t)) \geq 1) \geq a; \\
 &P(\delta_{PB-XB_z}^{*УП.1}(I, V\theta(t), \beta(t)) \geq 1) \geq a, P(\delta_{XB-PB_z}^{*УП.1}(I, V\theta(t), \beta(t)) \geq 1) \geq a; \\
 &P(\delta_{PB-XB_z}^{*УП.2}(I, V\theta(t), \beta(t)) \geq 1) \geq a, P(\delta_{XB-PB_z}^{*УП.2}(I, V\theta(t), \beta(t)) \geq 1) \geq a; \\
 &\dots \\
 &P(\delta_{PB-XB_z}^{*УП.k}(I, V\theta(t), \beta(t)) \geq 1) \geq a, P(\delta_{XB-PB_z}^{*УП.k}(I, V\theta(t), \beta(t)) \geq 1) \geq a; \\
 &F(V\theta) = \frac{1}{\sigma(V\theta) \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_{-\infty}^{V\theta} \exp\left(\frac{-(V\theta - M(V\theta))^2}{2 \cdot (\sigma(V\theta))^2}\right) dV\theta; \\
 &F(\beta) = \frac{1}{\sigma(\beta) \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_{-\infty}^{\beta} \exp\left(\frac{-(\beta - M(\beta))^2}{2 \cdot (\sigma(\beta))^2}\right) d\beta, & (2)
 \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

де $C_z = (7 \cdot l_{3z} + 1,5 \cdot l_{6z} + 0,6 \cdot l_{7z}) \cdot 10^{-3}$;

$I_{1z}, l_{1z}, \dots, I_{7z}, l_{7z}$ – відповідно крутизна, %_{оо}, і довжина, м, 1-го, ..., 7-го елементів поздовжнього профілю;

$h_{\omega_z}^{*PB}(I, V\theta(t), \beta(t))$ – випадкове значення витраченої енергетичної висоти розрахункового бігуна (РБ) на подолання всіх видів опору при скочуванні від вершини гірки (ВГ) до розрахункової точки (РТ) сортувальної колії z , кДж/кН;

$$I = (I_{1z}, \dots, I_{7z});$$

$V\theta(t), \beta(t)$ – випадкова динаміка зміни відповідно швидкості, м/с, і напрямку, °, вітру при скочуванні РБ і хорошого бігуна (ХБ) з гірки. На підставі виконаних досліджень зроблено припущення про розподіл вказаних випадкових величин за нормальним законом;

h_o^{PB} – початкова енергетична висота РБ на ВГ, кДж/кН;

$$\delta_{PB-XB_z}^{*CTP.1}(I, V\theta(t), \beta(t)), \delta_{PB-XB_z}^{*CTP.2}(I, V\theta(t), \beta(t)), \dots, \delta_{PB-XB_z}^{*CTP.n}(I, V\theta(t), \beta(t)), \delta_{XB-PB_z}^{*CTP.1}(I, V\theta(t), \beta(t)),$$

$$\delta_{XB-PB_z}^{*CTP.1}(I, V\theta(t), \beta(t)), \delta_{XB-PB_z}^{*CTP.2}(I, V\theta(t), \beta(t)), \dots, \delta_{XB-PB_z}^{*CTP.n}(I, V\theta(t), \beta(t)), \delta_{PB-XB_z}^{*VPI.1}(I, V\theta(t), \beta(t)),$$

$$\delta_{PB-XB_z}^{*VPI.2}(I, V\theta(t), \beta(t)), \dots, \delta_{PB-XB_z}^{*VPI.k}(I, V\theta(t), \beta(t)), \delta_{XB-PB_z}^{*VPI.1}(I, V\theta(t), \beta(t)),$$

$$\delta_{XB-PB_z}^{*VPI.2}(I, V\theta(t), \beta(t)), \dots,$$

$\delta_{XB-PB_z}^{*VPI.k}(I, V\theta(t), \beta(t))$ – випадкове значення інтервалу відповідно на 1-му, 2-му, ..., n -му стрілочному переводі і 1-му, 2-му, ..., k -му вагонному уповільнювачі при скочуванні розрахункових бігунів на колію z і суміжну з нею колію у розрахункових сполученнях РБ-ХБ і ХБ-РБ, с;

a – задана імовірність виконання умови інтервального регулювання;

$M(V\theta), M(\beta), \sigma(V\theta), \sigma(\beta)$ – математичні очікування та середні квадратичні відхилення відповідно швидкості, м/с, та напрямку, °, вітру.

Для розробки процедури визначення раціональних параметрів поздовжнього профілю спускної частини необхідно вихідну імовірнісну задачу перетворити в еквівалентну детерміновану. Такий підхід є основним при розв'язанні задач стохастичного програмування [9].

Дослідження розподілу ймовірностей випадкових величин, які містяться в обмеженнях-нерівностях, показали, що вказані величини підкоряються нормальному закону. У зв'язку з цим еквівалентна детермінована задача набуває такого вигляду при $a=0,95$:

$$H_{\Gamma_z} = (I_{1z} \cdot l_{1z} + I_{2z} \cdot l_{2z} + I_{4z} \cdot l_{4z} + I_{5z} \cdot l_{5z}) \cdot 10^{-3} + C_z \rightarrow \min, \quad (3)$$

при обмеженнях-нерівностях

$$\left\{ \begin{array}{l}
 I_{1_z} \leq 50, I_{2_z} \geq 7, 23 \leq I_{1_z} - I_{2_z} \leq 25; \\
 I_{4_z} \geq 7, 7 \leq I_{5_z} \leq 26,5; \\
 M(h_{\omega_z}^{*PB}(I)) + 1,645 \cdot \sqrt{D(h_{\omega_z}^{*PB}(I))} \leq H_{\Gamma_z} + h_o^{PB}; \\
 M(\delta_{PB-XB_z}^{*СТР.1}(I)) - 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{PB-XB_z}^{*СТР.1}(I))} \geq 1, M(\delta_{XB-PB_z}^{*СТР.1}(I)) - 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{XB-PB_z}^{*СТР.1}(I))} \geq 1; \\
 M(\delta_{PB-XB_z}^{*СТР.2}(I)) - 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{PB-XB_z}^{*СТР.2}(I))} \geq 1, M(\delta_{XB-PB_z}^{*СТР.2}(I)) - 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{XB-PB_z}^{*СТР.2}(I))} \geq 1; \\
 \dots\dots\dots \\
 M(\delta_{PB-XB_z}^{*СТР.n}(I)) - 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{PB-XB_z}^{*СТР.n}(I))} \geq 1, M(\delta_{XB-PB_z}^{*СТР.n}(I)) - 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{XB-PB_z}^{*СТР.n}(I))} \geq 1; \\
 M(\delta_{PB-XB_z}^{*УП.1}(I)) - 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{PB-XB_z}^{*УП.1}(I))} \geq 1, M(\delta_{XB-PB_z}^{*УП.1}(I)) - 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{XB-PB_z}^{*УП.1}(I))} \geq 1; \\
 M(\delta_{PB-XB_z}^{*УП.2}(I)) - 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{PB-XB_z}^{*УП.2}(I))} \geq 1, M(\delta_{XB-PB_z}^{*УП.2}(I)) - 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{XB-PB_z}^{*УП.2}(I))} \geq 1; \\
 \dots\dots\dots \\
 M(\delta_{PB-XB_z}^{*УП.k}(I)) - 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{PB-XB_z}^{*УП.k}(I))} \geq 1, M(\delta_{XB-PB_z}^{*УП.k}(I)) - 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{XB-PB_z}^{*УП.k}(I))} \geq 1.
 \end{array} \right.$$

В результаті перетворення вихідну задачу зведено до еквівалентної детермінованої задачі нелінійного програмування з обмеженнями. При виборі методу розв'язання даної задачі слід звернути увагу на те, що в обмеженнях-нерівностях такі параметри, як $h_{\omega_z}^{*PB}(I)$, $\delta_{PB-XB_z}^{*СТР.1}(I)$, $\delta_{PB-XB_z}^{*СТР.2}(I)$, ..., $\delta_{PB-XB_z}^{*СТР.n}(I)$, $\delta_{XB-PB_z}^{*СТР.1}(I)$, $\delta_{XB-PB_z}^{*СТР.2}(I)$, ..., $\delta_{XB-PB_z}^{*СТР.n}(I)$, $\delta_{PB-XB_z}^{*УП.1}(I)$, $\delta_{PB-XB_z}^{*УП.2}(I)$, ..., $\delta_{PB-XB_z}^{*УП.k}(I)$, $\delta_{XB-PB_z}^{*УП.1}(I)$, $\delta_{XB-PB_z}^{*УП.2}(I)$, ..., $\delta_{XB-PB_z}^{*УП.k}(I)$, залежать від крутості схилу поздовжнього профілю (I) не в явному вигляді, що робить неможливим визначення похідних. Відомими методами розв'язання нелінійних задач з обмеженнями, які не потребують визначення похідних, є методи штрафних і бар'єрних функцій [10, 11].

Слід відзначити, що застосування вказаних методів зводить задачу мінімізації цільової функції до розв'язання

послідовності задач на безумовний екстремум, що в багатьох випадках значно спрощує процедуру знаходження оптимуму [10].

Оскільки обмеження у математичній моделі мають вигляд нестрогих нерівностей, то метод бар'єрних функцій не може бути використаним для розв'язання задачі, що розглядається. Крім того, недоліком даного методу є ускладнення пошуку екстремуму функції, якщо він досягається на межі допустимої області [10].

На відміну від методу бар'єрних функцій метод штрафних функцій:

1) застосовується у випадках, коли обмеження-нерівності є нестрогими;

2) дозволяє знайти оптимум цільової функції, що розташований в межах або на межі допустимої області [10].

На даний момент однією з найбільш вивчених штрафних функцій є функція

$$\Theta(x) = \sum_{i=1}^m 0,25 \cdot (\varphi_i(x) + |\varphi_i(x)|)^2,$$

де $\varphi_i(x)$ – обмеження нерівності
оптимізаційної задачі, $\varphi_i(x) \leq 0$ ($i = \overline{1, m}$).

Побудуємо штрафну функцію для
розв'язання задачі визначення
раціональних параметрів поздовжнього
профілю спускної частини

$$\Theta(I) = 0,25 \cdot \left[\begin{aligned} & \left(I_{1_z} - 50 + |I_{1_z} - 50| \right)^2 + \left(7 - I_{2_z} + |7 - I_{2_z}| \right)^2 + \\ & + \left(I_{1_z} - I_{2_z} - 25 + |I_{1_z} - I_{2_z} - 25| \right)^2 + \left(23 - I_{1_z} + I_{2_z} + |23 - I_{1_z} + I_{2_z}| \right)^2 + \\ & + \left(7 - I_{4_z} + |7 - I_{4_z}| \right)^2 + \left(7 - I_{5_z} + |7 - I_{5_z}| \right)^2 + \left(I_{5_z} - 26,5 + |I_{5_z} - 26,5| \right)^2 + \\ & + \left(M(h_{\omega_z}^{*PB}(I)) + 1,645 \cdot \sqrt{D(h_{\omega_z}^{*PB}(I))} - H_{\Gamma_z} - h_o^{PB} + \right. \\ & \left. + \left| M(h_{\omega_z}^{*PB}(I)) + 1,645 \cdot \sqrt{D(h_{\omega_z}^{*PB}(I))} - H_{\Gamma_z} - h_o^{PB} \right| \right)^2 + \\ & + \left(1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{PB-XB_z}^{*CTP1}(I))} - M(\delta_{PB-XB_z}^{*CTP1}(I)) + \left| 1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{PB-XB_z}^{*CTP1}(I))} - M(\delta_{PB-XB_z}^{*CTP1}(I)) \right| \right)^2 + \\ & + \left(1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{XB-PB_z}^{*CTP1}(I))} - M(\delta_{XB-PB_z}^{*CTP1}(I)) + \left| 1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{XB-PB_z}^{*CTP1}(I))} - M(\delta_{XB-PB_z}^{*CTP1}(I)) \right| \right)^2 + \\ & + \left(1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{PB-XB_z}^{*CTP2}(I))} - M(\delta_{PB-XB_z}^{*CTP2}(I)) + \left| 1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{PB-XB_z}^{*CTP2}(I))} - M(\delta_{PB-XB_z}^{*CTP2}(I)) \right| \right)^2 + \\ & + \left(1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{XB-PB_z}^{*CTP2}(I))} - M(\delta_{XB-PB_z}^{*CTP2}(I)) + \left| 1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{XB-PB_z}^{*CTP2}(I))} - M(\delta_{XB-PB_z}^{*CTP2}(I)) \right| \right)^2 + \dots + \\ & + \left(1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{PB-XB_z}^{*CTPn}(I))} - M(\delta_{PB-XB_z}^{*CTPn}(I)) + \left| 1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{PB-XB_z}^{*CTPn}(I))} - M(\delta_{PB-XB_z}^{*CTPn}(I)) \right| \right)^2 + \\ & + \left(1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{XB-PB_z}^{*CTPn}(I))} - M(\delta_{XB-PB_z}^{*CTPn}(I)) + \left| 1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{XB-PB_z}^{*CTPn}(I))} - M(\delta_{XB-PB_z}^{*CTPn}(I)) \right| \right)^2 + \\ & + \left(1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{PB-XB_z}^{*YIP1}(I))} - M(\delta_{PB-XB_z}^{*YIP1}(I)) + \left| 1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{PB-XB_z}^{*YIP1}(I))} - M(\delta_{PB-XB_z}^{*YIP1}(I)) \right| \right)^2 + \\ & + \left(1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{XB-PB_z}^{*YIP1}(I))} - M(\delta_{XB-PB_z}^{*YIP1}(I)) + \left| 1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{XB-PB_z}^{*YIP1}(I))} - M(\delta_{XB-PB_z}^{*YIP1}(I)) \right| \right)^2 + \\ & + \left(1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{PB-XB_z}^{*YIP2}(I))} - M(\delta_{PB-XB_z}^{*YIP2}(I)) + \left| 1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{PB-XB_z}^{*YIP2}(I))} - M(\delta_{PB-XB_z}^{*YIP2}(I)) \right| \right)^2 + \\ & + \left(1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{XB-PB_z}^{*YIP2}(I))} - M(\delta_{XB-PB_z}^{*YIP2}(I)) + \left| 1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{XB-PB_z}^{*YIP2}(I))} - M(\delta_{XB-PB_z}^{*YIP2}(I)) \right| \right)^2 + \dots + \\ & + \left(1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{PB-XB_z}^{*YIPk}(I))} - M(\delta_{PB-XB_z}^{*YIPk}(I)) + \left| 1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{PB-XB_z}^{*YIPk}(I))} - M(\delta_{PB-XB_z}^{*YIPk}(I)) \right| \right)^2 + \\ & + \left(1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{XB-PB_z}^{*YIPk}(I))} - M(\delta_{XB-PB_z}^{*YIPk}(I)) + \left| 1 + 1,645 \cdot \sqrt{D(\delta_{XB-PB_z}^{*YIPk}(I))} - M(\delta_{XB-PB_z}^{*YIPk}(I)) \right| \right)^2 \end{aligned} \right]$$

Зведемо задачу, що розглядається, до задачі мінімізації спеціальної функції, яка є сумою цільової (2.3) і штрафної функцій,

$$\begin{aligned} T(I, t) &= H_{\Gamma_z} + t \cdot \Theta(I) = \\ &= \left(I_{1_z} \cdot l_{1_z} + I_{2_z} \cdot l_{2_z} + I_{4_z} \cdot l_{4_z} + I_{5_z} \cdot l_{5_z} \right) \cdot 10^{-3} + C_z + t \cdot \Theta(I) \rightarrow \min, \end{aligned}$$

де t – коефіцієнт штрафу.

Організація перевезень і управління на транспорті

Процедуру пошуку раціональних параметрів поздовжнього профілю спускної частини за методом штрафних функцій наведено на рисунку.

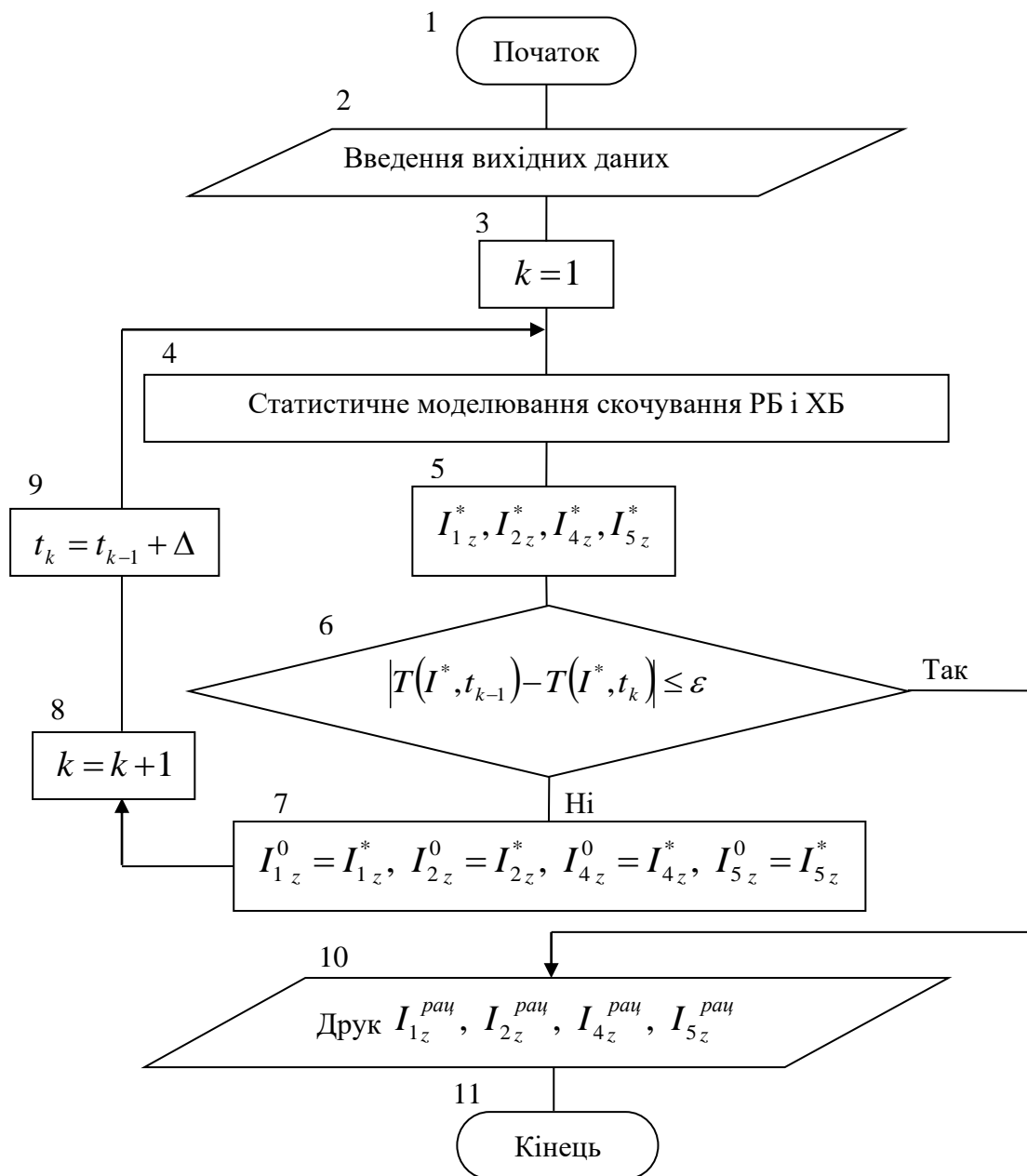


Рис. Узагальнена процедура раціоналізації конструкції поздовжнього профілю спускної частини

Вихідними даними до оптимізаційного пошуку (блок 2) є: координати характерних точок гіркової горловини; координати точок перелому поздовжнього профілю; параметри стрілочних переводів і кривих дільниць

колій; типи і технічні характеристики вагонних уповільнювачів; параметри розрахункових бігунів (тип, число осей, довжина, модель, осьова модель, вага, основний питомий опір); початкова швидкість розпуску; довжина дільниці колії

від початку стрілочної зони до розрахункової точки; математичні очікування та дисперсії швидкості та напрямку вітру; розрахункова температура зовнішнього повітря; максимально допустима швидкість виходу ХБ з паркової гальмової позиції; радіуси вертикальних кривих; додатковий питомий опір руху розрахункових бігунів від снігу та інею; початкове наближення до мінімуму цільової функції $(I_{1z}^0, I_{2z}^0, I_{4z}^0, I_{5z}^0)$; коефіцієнт штрафу на першому етапі оптимізаційного пошуку (t_1) ; міра збільшення значення коефіцієнта штрафу на наступному етапі пошуку відносно попереднього етапу (Δ) ; деяке початкове значення цільової функції, яке на порядок вище ймовірних її значень $T(I^*, t_0)$; точність розв'язання оптимізаційної задачі (ε) .

У блоці 3 номеру етапу пошуку (k) присвоюється 1.

У блоці 4 здійснюється статистичне моделювання скочування розрахункових бігунів у розрахункових сполученнях при випадкових характеристиках швидкості і напрямку вітру. На підставі вказаного моделювання визначаються математичні очікування та дисперсії $h_{\omega_z}^{*PB}(I)$ і резервів інтервалів на розділових елементах сортувальної гірки.

У блоці 5 знаходиться точка $I^* = (I_{1z}^*, I_{2z}^*, I_{4z}^*, I_{5z}^*)$, в якій досягається мінімум спеціальної функції $T(I, t)$.

Далі порівнюються мінімуми спеціальної функції, що отримані на $(k-1)$ -му і k -му етапах оптимізації (блок 6). Якщо умова пошуку виконується, то виводяться на друк раціональні параметри поздовжнього профілю спускної частини (блок 10). Інакше здійснюється перехід на блок 7, де отримані раціональні параметри на k -му етапі оптимізації стають

початковим наближенням для $(k+1)$ -го етапу.

Блок 8 передбачає визначення номера наступного етапу оптимізації, а блок 9 – розрахунок нового значення коефіцієнта штрафу. Далі здійснюється перехід на блок 4 і повторюється процедура оптимізації при нових початковому наближенні і коефіцієнті штрафу.

Враховуючи неможливість визначення похідних спеціальної функції $T(I, t)$, її мінімізацію на k -му етапі (блок 5) слід здійснювати із використанням прямих методів безумовної оптимізації. Відомими методами нульового порядку є методи прямого пошуку (метод Хука-Дживса), багатогранника, що деформується (метод Нелдера-Мида), координат, що обертаються (метод Розенброка), паралельних дотичних (метод Пауелла) та випадкового пошуку.

Метод прямого пошуку є простим у програмуванні, не вимагає знання цільової функції у явному вигляді, легко враховує обмеження на окремі змінні і складні обмеження на область пошуку. Але при наявності витягнутих, вигнутих або з гострими кутами ліній рівня цільової функції даний метод не завжди зможе забезпечити просування до точки мінімуму [12].

Методи випадкового пошуку не завжди є ефективними, але на практиці в ряді випадків виявляються корисними [11].

Методи багатогранника, що деформується, координат, що обертаються, та паралельних дотичних містять високоефективні алгоритми пошуку мінімуму цільової функції і в рівній мірі можуть бути використаними для розв'язання даної оптимізаційної задачі. Це підтверджується відповідними дослідженнями на сучасних ЕОМ, які показали, що пошук оптимуму спеціальної функції $T(I, t)$ за кожним із вказаних методів сходиться в одну точку і майже за однаковий час.

Висновки. Обґрунтування застосування методу штрафних функцій для розв'язання еквівалентної детермінованої задачі нелінійного програмування з обмеженнями, що перетворена із вихідної

задачі раціоналізації конструкції поздовжнього профілю спускної частини, дозволить суттєво спростити процедуру знаходження раціональних параметрів і підвищити ступінь їх обґрунтованості.

Список літератури

1. Правдин, Н.В. Расчет параметров сортировочной горки с учетом случайных ходовых свойств отцепов [Текст] / Н.В. Правдин, С.А. Бессоненко // Транспорт: наука, техника, управление. – 2007. – № 7. – С. 8-15.
2. Правдин, Н.В. Определение уклонов скоростных участков и тормозных позиций на спускной части сортировочной горки [Текст] / Н.В. Правдин, С.А. Бессоненко // Транспорт: наука, техника, управление. – 2008. – № 9. – С. 6-10.
3. Бессоненко, С.А. Оптимизация параметров сортировочной горки по времени расформирования составов [Текст] / С.А. Бессоненко // Транспорт: наука, техника, управление. – 2007. – № 9. – С. 30-34.
4. Бессоненко, С.А. Комплексный расчет уклонов продольного профиля спускной части и высоты сортировочной горки по вероятностным показателям [Текст] / С.А. Бессоненко // Транспорт: наука, техника, управление. – 2006. – № 7. – С. 12–19.
5. Бессоненко, С.А. Оптимизация основных параметров сортировочной горки [Текст] / С.А. Бессоненко // Совершенствование эксплуатационной работы железных дорог: сб. науч. ст. / под общ. ред. С.А. Бессоненко, А.В. Дмитренко. – Новосибирск, 2008. – С. 4–25.
6. Огарь, А.Н. Повышение ресурсосбережения и эффективности функционирования сортировочных горок при оптимизации продольного профиля [Текст]: дисс... канд. техн. наук: 05.22.20 / А.Н. Огарь. – Харьков, 2002. – 191 с.
7. Математична модель для визначення оптимальних конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок [Текст] / І.В. Берестов, О.М. Огар, О.Б. Ахієзер, М.Ю. Куценко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків, 2009. – №1/6(37). – С. 4-8.
8. До питання розробки методики комплексного розрахунку оптимальних конструктивних параметрів сортувальних гірок [Текст] / І.В. Берестов, О.М. Огар, О.Б. Ахієзер, М.Ю. Куценко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків, 2009. – № 2/3(38). – С. 56-60.
9. Таха, Х. Введение в исследование операций [Текст]: в 2-х кн. / Х. Таха. – М. : Мир, 1985. – Кн. 1. – 479 с. – Кн. 2. – 496 с.
10. Кузнецов, А. В. Высшая математика: математическое программирование [Текст] / А. В. Кузнецов, В. А. Сакович, Н. И. Холод. – Минск : Высшая школа, 1994. – 286 с.
11. Химмельблау, Д. Прикладное нелинейное программирование [Текст] / Д. Химмельблау. – М. : Мир, 1975. – 534 с.
12. Трифонов, А. Г. Постановка задачи оптимизации и численные методы ее решения [Электронный ресурс] / А. Г. Трифонов. – Режим доступа : \www/ URL : http://matlab.exponenta.ru/optimiz/book_2/index.php – Загл. с экрана.

Ключові слова: сортувальна гірка, конструктивні параметри, поздовжній профіль

Анотації

Наведено математичну модель розрахунку раціональних параметрів поздовжнього профілю спускної частини сортувальних гірок у стохастичній постановці. Сформовано процедуру розрахунку вказаних параметрів.

Приведена математическая модель расчета рациональных параметров продольного профиля спускной части сортировочных горок в стохастической постановке. Сформирована процедура расчета указанных параметров.

The mathematical model of calculation of sorting humps drain part straight profile rational parameters in the stochastic raising is resulted. Procedure of calculation of the indicated parameters is formed.

УДК 656.212

*Канд. техн. наук П.В. Долгополов,
О.Г. Бужор, О.В. Волков, В.В. Шаповалов*

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РЕГУЛЮВАННЯ
ПОРОЖНІХ ВАГОНІВ ТА ПЛАНУВАННЯ ЇХ РЕЗЕРВУ
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ПОЛІГОНІ**

Представив д-р техн. наук, професор О.М. Котенко

Вступ і актуальність теми. В сучасних умовах функціонування залізничного транспорту ефективність його перевізного процесу залежить від багатьох факторів, одним з яких постає якісна організація порожніх вагонопотоків на розгалужених залізничних полігонах.

Тому на даний час для залізниці та компаній-операторів актуальною є задача оптимізації регулювання порожніх вагонів, а також планування їх оперативного резерву на сортувальних станціях та станціях масового навантаження працівниками диспетчерського апарату на основі математичних методів та їх реалізації в рамках інформаційно-керуючих систем.

Економічні оцінки свідчать про зростання вантажообігу на вітчизняному залізничному транспорті в майбутньому на рівні близько 3% на рік. Проте через значне

фізичне зношення рухомого складу більшість вагонів потребує заміни, що в умовах нестачі фінансових ресурсів може призвести до значного дефіциту вагонного парку [1,2].

Таким чином, необхідно проводити подальші наукові дослідження з метою скорочення обігу вантажного вагона шляхом мінімізації непродуктивних простоїв рухомого складу та їх впровадження на транспорті.

Постановка задачі. У даній науковій роботі запропоновано удосконалення процесу розвезення порожніх вагонів та управління запасами порожніх вагонів шляхом впровадження додаткових оперативних функцій персоналу, з реалізацією на відповідних автоматизованих робочих місцях (АРМ).

Під час наукових досліджень проаналізовано існуючу систему регулювання парку порожніх вагонів та дійдено висновку, що в умовах домінування вагонного парку власності компаній-операторів є необхідним подальший розвиток та застосування ймовірнісного планування передислокації порожніх вагонів не на декаду, а на більш короткі терміни. При плануванні на декаду майже завжди мають місце фактори, що не охоплені плануванням.

При цьому, якщо вантажовласник у зв'язку з виробничою необхідністю потребує додаткової кількості порожніх вагонів, залізниця змушена або відмовляти, або змінювати загальний план забезпечення порожніми вагонами за рахунок зменшення їх подачі іншим вантажовласникам. Це знижує якість транспортних послуг та збільшує порожній пробіг, що обумовлено необхідністю повторної передислокації вагонного парку в розріз плану.

Основний зміст досліджень. Досліджено, що через нерівномірність перевізного процесу та неузгодженість між підприємствами залізниці надходження вагонів на станції має стохастичний

характер. Це призводить до того, що деякі станції нерідко зазнають недостачі вагонів.

У більшості випадків на мережі є у наявності надлишкова кількість вагонів, і при цьому виконується умова $N_{nop} > N_{nopr}$, де N_{nop} – середньодобова кількість порожніх вагонів на даній станції згідно з декадною заявкою вантажовідправника; N_{nopr} – потреба станції у порожніх вагонах. Тоді на деякій станції можна підвищити гарантію задоволеності її потреби у вагонах шляхом створення на ній резерву N_{mp} з урахуванням обмеження

$$N_{mp} < (N_{nopr}^{max} - N_{nopr}^{min}). \quad (1)$$

Оптимальний розмір технологічного резерву порожніх вагонів, необхідних в умовах нестабільності замовлень і ймовірнісного характеру попиту на вагони. Дану задачу можна вирішити за допомогою теорії управління запасами.

На основі попередніх досліджень зроблено висновок про доцільність організації резерву порожніх вагонів на станціях навантаження за системою з фіксованим розміром замовлення (рис. 1).

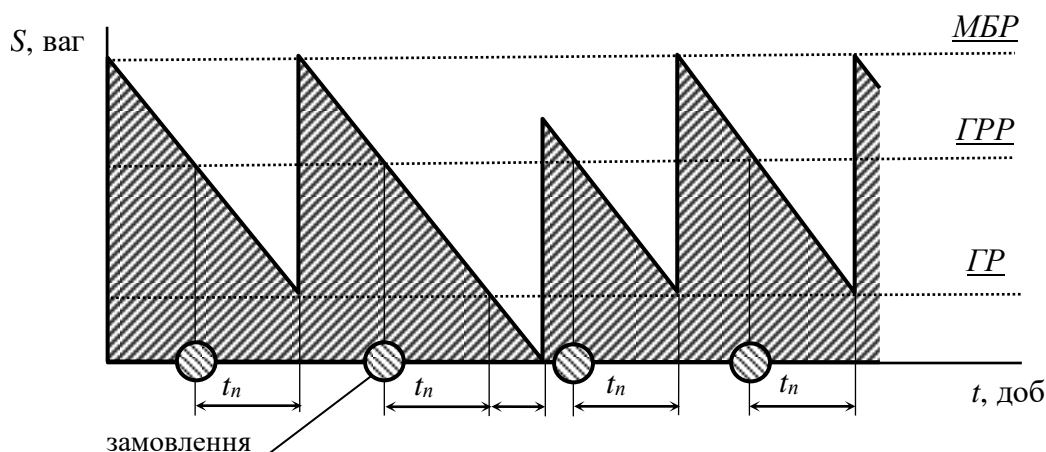


Рис. 1. Система з фіксованим розміром замовлення

При функціонуванні даної системи розмір замовлення строго зафіксований і змінюється в умовах роботи. Визначення розміру замовлення є першим завданням, що вирішується при роботі з даною системою керування запасами.

При використанні даної системи гарантійний резерв (ГР) дозволяє забезпечувати потребу вагонів на термін ймовірної затримки їх надходження.

Граничний рівень резерву (ГРР) визначає кількість вагонів, при досягненні якої необхідне нове замовлення вагонів. Величина ГРР розраховується таким чином, що чергова партія вагонів на станцію повинна надійти у момент зниження поточного резерву до ГР.

Максимальний бажаний резерв (МБР) визначається для відстеження доцільного завантаження колій за критерієм мінімізації сукупних витрат.

У системі з фіксованим розміром замовлення МБР завжди має меншу величину. Це приводить до економії на витратах за рахунок скорочення колій, займаних вагонами, що, у свою чергу, складає перевагу системи з фіксованим розміром замовлення перед системою з фіксованим інтервалом часу між замовленнями [3].

Якщо виконується умова $N_{пор} < N_{номр}$, то на даній станції немає ресурсу і потрібно використовувати ресурс інших станцій.

Тепер розглянемо ситуацію, коли $N_{пор} > N_{номр}$. В такому випадку, згідно з діючою технологією, надлишкові вагони надходять в регулювання без створення резерву на даній станції. З використанням надлишкових вагонів виникає можливість підвищення гарантії виконання плану навантаження і скорочення експлуатаційних витрат.

Таким чином, метою даних досліджень є зменшення порожнього пробігу вагонів при максимальному забезпеченні незапланованих перевезень.

При дослідженнях зібрано статистичний матеріал про навантаження вагонів $N_{номр}^i$ у кожний день періоду, що досліджується. Визначено також надлишки порожніх вагонів $N_{пор}^i$ на кожній станції.

Якщо величини $N_{номр}^i$ і $N_{пор}^i$ є незалежні і однаково розподілені, то ймовірність $P_{рез}$ резерву в розмірі $N_{тр}$ задана користувачем.

Якщо i -й порожній вагон призначено до j -го вантажного фронту, то для моделювання вводимо умовну змінну $\xi_{ij}=1$, а у протилежному випадку $\xi_{ij}=0$. Тоді, якщо всі заявки вантажовласників можна задовольнити порожніми вагонами, що знаходяться на даній час на дільниці, задачу про оптимальні призначення вагонів під навантаження у вузлі доцільно сформулювати як знаходження ненегативних значень ξ_{ij} , які мінімізують
$$\sum_{i,j} \xi_{ij} \cdot c_{ij}.$$

При перевищенні кількості порожніх вагонів порівняно з їх потребою на станції під навантаження доцільно сформулювати матрицю ефективностей з фіктивними заявками на навантаження. У протилежному випадку до матриці вводиться кількість порожніх вагонів, що фіктивно знаходяться на дільниці.

Якщо нестачу вагонів у межах базової дільниці покрити неможливо, розглядається доцільність одного з таких варіантів:

- компенсувати нестачу вагонами з інших (прилеглих) дільниць;
- наданням вантажовідправнику вагонів іншого роду, якщо така заміна дозволена Правилами перевезень вантажів залізничним транспортом;
- відстрочка навантаження з використанням понижуючого коефіцієнта до розміру перевізної плати.

Необхідно також враховувати, що на транспортному ринку має місце цілий ряд обмежень, які обумовлено наявністю певних договорів між виробниками та

споживачами, переробною спроможністю терміналів тощо.

Крім заборони перевезення вагонів між певними станціями важливою умовою для розв'язання задачі є також і те, що сумарна потреба станцій навантаження у вагонах перевищує сумарну їх кількість, що звільнюється з-під вивантаження. Як видно, у межах логістичного полігона, що досліджується, дотримано умову

$$\sum_{i=1}^m p_i < \sum_{j=1}^n w_j, \quad (2)$$

тобто задача для даного полігона є відкритого типу.

З метою врахування зазначених факторів на обсяги перевезень за різними напрямками для визначення оптимального плану регулювання порожніх вагонів з пунктів їх вивантаження до пунктів навантаження доцільно застосовувати математичний апарат транспортних задач відкритого типу з обмеженнями.

При побудові моделі враховано можливу доцільність формування маршрутів з порожніх вагонів одного роду, яку визначено дотриманням умови

$$n_{пор} \cdot (\sum t_{ек} + t_{назн}) \geq c_{пор} \cdot m_{пор}, \quad (3)$$

де $n_{пор}$ – розмір добового порожнього вагонопотоку, ваг;

$\sum t_{ек}$ – вагоно-години економії на попутних технічних станціях, ваг.год;

$t_{назн}$ – скорочення часу простою порожніх вагонів на станціях призначення, год;

$c_{пор}$ – параметр накопичення порожніх вагонів;

$m_{пор}$ – кількість вагонів у порожньому маршруті, ваг;

$$t_{назн} = t_{расф}^H - t_M^H, \quad (4)$$

де $t_{расф}^H$ – витрати часу на обробку вагонів, що надходять у переробку, год;

t_M^H – витрати часу на обробку вагонів, що надходять у маршрутах з однорідних вагонів, ваг.

Результатом моделювання є остаточно транспортна таблиця, у якій містяться обсяги перевезень p_{ij} між усіма парами "пункт відправлення – пункт призначення".

Задачі організації порожніх вагонопотоків у поїзди вирішує диспетчерський апарат всіх рівнів управління. Для цього необхідна єдина крізна технологія управління перевізним процесом, що виключає дублювання функцій за рахунок диференціації інформаційного забезпечення на різних рівнях управління. Таким чином, для реалізації запропонованої математичної моделі на залізничному полігоні доцільно використовувати існуючі інформаційно-керуючі системи у рамках Єдиної автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями Укрзалізниці (АСК ВП УЗ Є) [4].

Як термінали системи доцільно включити такі АРМ: старшого дорожнього диспетчера (ДГПС), чергового по району оперативного управління (ДГП), поїзних диспетчерів (ДНЦ), АРМ вантажовідправника.

Основними користувачами оптимізованої інформації виступають ДГП та ДНЦ. На дані АРМ видається оптимальний варіант просування порожніх вагонопотоків на дільниці у вигляді графіка прогнозного руху поїздів з метою забезпечення вантажовідправників порожніми вагонами згідно з додатковими заявками.

Також для підвищення оперативності та зручності роботи диспетчерського персоналу на АРМ видаються такі дані:

- потреба у вагонах для навантаження відповідного вантажу;
- наявність вагонів на станціях після вивантаження та технічного огляду з

відміткою про їх придатність до перевезення того чи іншого вантажу;

- матриця розподілення порожніх вагонів під навантаження;

- план відправлення за призначеннями порожніх вагонів зі станцій відповідно до графіка руху поїздів.

Висновки. В результаті наукових досліджень побудовано математичну модель оптимізації регулювання порожніх вагонів і визначення їх резерву на станціях навантаження залізничного полігона.

Реалізація даної моделі як додаткової функціональної задачі АСК ВП УЗ Є дозволить залізниці, а також компаніям-операторам підвищити якість обслуговування вантажовласників через значно більш повне задоволення їх потреб у додатковому рухомому складі.

Також збільшення економічного ефекту досягнуто за рахунок оптимізації маршрутів слідування порожніх вагонів та скорочення обігу вантажного вагона загального парку.

Список літератури

1. Концепція державної програми реформування залізничного транспорту України [Текст] / Схвалено розпорядженням КМУ №651-р від 27.12.2006. // Магістраль. – №1 (1179). – 10-16 січня 2007 р. – С. 6.

2. Транспортна стратегія України на період до 2020 року / Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України №1555-р. від 16 грудня 2009 р.: [Електронний ресурс].– Режим доступу: <http://www.mintrans.gov.ua/uk/discussion/15621.html/> 10.12.2009.

3. Долгополов, П.В. Удосконалення експлуатації порожніх вагонів державних операторських компаній на основі логістичних принципів [Текст] / П.В. Долгополов, М.С. Водолажська, І.О. Єфімцева // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 133. – С. 30-35.

4. Інформаційні системи та технології при управлінні залізничними перевезеннями [Текст]: навч. посібник / О.В. Лаврухін, П.В. Долгополов, В.В. Петрушов, О.М. Ходаківський. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 122 с.

Ключові слова: резерв порожніх вагонів, регулювання порожніх вагонів, залізничний полігон, оптимізація маршрутів слідування вагонів, скорочення обігу вагона.

Анотації

Розроблено математичну модель оптимізації регулювання порожніх вагонів і визначення їх резерву на станціях навантаження залізничного полігона. Реалізація даної моделі як додаткової функціональної задачі АСК ВП УЗ Є дозволить залізниці, а також компаніям-операторам підвищити якість обслуговування вантажовласників через значно більш повне задоволення їх потреб у додатковому рухомому складі.

Також збільшення економічного ефекту досягнуто за рахунок оптимізації маршрутів слідування порожніх вагонів та скорочення обігу вантажного вагона загального парку.

Разработана математическая модель оптимизации регулировки порожних вагонов и определения их резерва на станциях погрузки железнодорожного полигона. Реализация данной модели в качестве дополнительной функциональной задачи системы АСК ВП УЗ Є позволит железной дороге, а также компаниям-операторам повысить качество обслуживания грузовладельцев в результате значительно более полного удовлетворения их потребностей в дополнительном подвижном составе.

Также увеличение экономического эффекта достигнуто за счет оптимизации маршрутов следования порожних вагонов и сокращения оборота грузового вагона общего парка.

A mathematical model of optimization of control of empty cars and determining their reserve on railway stations is developed.

The implementation of the model as an additional functional problem of system "АСК ВП УЗ С" will allow for railways and operator companies to improve the quality of service of clients as a result of significantly better meeting their needs of additional rolling stock.

An increase in economic benefits achieved also through the optimization of the routes of empty cars and acceleration of turnover of freight wagon fleet.

УДК 656.223

*Канд. техн. наук А.О. Ковальов,
О.І. Волик*

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ПІД'ІЗНОЇ КОЛІЇ ПІДПРИЄМСТВА

Представив д-р техн. наук, професор А.М. Котенко

Вступ. В сучасних умовах перебудови економіки в Україні залізниці зберігають найважливіше місце у транспортній системі. Вони мають хороші перспективи при наявності конкуренції з боку інших видів транспорту.

Актуальність. Але, незважаючи на це, й досі залишаються великі труднощі в організації залізничних перевезень. Насамперед це призводить до зменшення продуктивності, швидкості руху, комфорту й безпеки, обсягів перевезень та збільшення термінів і трудомісткості переробки і доставки вантажу, простою місцевого вагона, погіршення використання вагонів на вантажних станціях та під'їзних коліях промислових підприємств. Однією з причин незадовільної роботи підрозділів залізниці є невідповідність технології і організації взаємодії між вантажовласниками і залізницею.

Цим обумовлена розробка нових підходів до удосконалення існуючих та

створення нових технологій роботи під'їзних колій промислових підприємств і станцій примикання.

Огляд праць. Питанням удосконалення технології роботи під'їзних колій промислових підприємств і вантажних станцій магістрального транспорту присвячені праці таких вчених: В.М. Акулінічева, А.М. Берестового, А.Т. Дерібаса, А.А. Смахова, А.М. Котенка, В.В. Повороженка та ін. [1,2,3].

Постановка проблеми. Існуючі методи визначення раціонального технічного оснащення не завжди відповідають сучасним умовам колювання обсягів перевезень. Розробка удосконаленого методу визначення раціональної кількості вантажно-розвантажувальних машин та локомотивів на під'їзних коліях промислових підприємств дозволить зменшити вартість простоїв у системі обслуговування та скоротити витрати на утримання технічних засобів.

Основна частина. Для скорочення часу знаходження вагонів на підприємстві запропоновано метод удосконалення технології роботи під'їзної колії і станції

примикання на основі моделі математичного програмування з цільовою функцією.

$$E_{нк} = B_e + B_{пз} + B_{пл} + B_{мл} + B_{врм} + B_{ск} + B_{нк} \rightarrow \min. \quad (1)$$

Система обмежень

$$\left. \begin{aligned} N_n &\geq 0; \\ m_i &\geq 0; \\ t_{зн} &\leq T_{об}; \\ B_{вч}^{\min} &\leq B_{вч} \leq B_{вч}^{\max}; \\ B_{лч}^{\min} &\leq B_{лч} \leq B_{лч}^{\max}, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$B_{нк}$ – вартість знаходження вагонів на під'їзній колії під обслуговуванням, грн;

$T_{об}$ – нормативний час знаходження вагонів на під'їзній колії, год;

$t_{зн}$ – раціональний час обслуговування вагонів на під'їзній колії, год;

N_n – кількість поїздів, які очікують обслуговування;

m_i – середня чисельність вагонів під різними технологічними операціями (станами системи).

де $E_{нк}$ – сукупні витрати;

B_e – вартість очікування вагонами обслуговування (приймально-здавальних операцій, слідування на під'їзну колію, формування-розформування, подавання і забирання, вантажної операції), грн;

$B_{пз}$ – вартість простою бригад прийомоздавальників, грн;

$B_{пл}$ – вартість простою поїзних локомотивів, грн;

$B_{мл}$ – вартість простою маневрових локомотивів на розформуванні і формуванні составів, подачі і прибиранні вагонів, грн;

$B_{врм}$ – вартість простою вантажно-розвантажувальної машини, грн;

$B_{ск}$ – вартість простою складів, грн;

Вартість очікування вагонами обслуговування визначається, виходячи з імовірно-залежних тривалостей очікування слідування та після повернення з під'їзної колії на станцію, операцій з прибування на під'їзну колію, операцій з відправлення з під'їзної колії, приймально-здавальних операцій, розформування, подачі та розставлення, вивантаження, навантаження, переставлення, збирання-убирання, накопичення вагонів на під'їзній колії та середніх чисельностей вагонів, які знаходяться в очікуванні різних технологічних операцій.

$$B_e = 365B_{в2} (m_{ст} t_{ст}^{нк} + m_{прв} t_{прв}^{нк} + m_{пз} t_{пз}^{нк} + m_{рф} t_{рф}^{нк} + m_p t_p^{нк} + m_{вув} t_{вув}^{нк} + m_{нав} t_{нав}^{нк} + m_{пер} t_{пер}^{нк} + m_{зб} t_{зб}^{нк} + m_{нак} t_{нак}^{нк} +) + A_{ут}, \quad (3)$$

Організація перевезень і управління на транспорті

де $B_{\text{вг}}$ – вартість вагоно-години простою, грн;

$t_{\text{ст}}^{\text{нк}}$ – тривалість очікування подавання на станції примикання та після повернення з під'їзної колії, год;

$t_{\text{прв}}^{\text{нк}}$ – тривалість очікування обслуговування по прибутті-відправленні, год;

$t_{\text{пз}}^{\text{нк}}$ – тривалість очікування приймально-здавальних операцій, год;

$t_{\text{р}}^{\text{нк}}$ – тривалість очікування розформування, год;

$t_{\text{пр}}^{\text{нк}}$ – тривалість очікування подавання та розставлення, год;

$t_{\text{вив}}^{\text{нк}}$ – тривалість очікування вивантаження, год;

$t_{\text{нав}}^{\text{нк}}$ – тривалість очікування навантаження, год;

$t_{\text{пер}}^{\text{нк}}$ – тривалість очікування переставлення, год;

$t_{\text{нак}}^{\text{нк}}$ – тривалість очікування накопичення год;

$t_{\text{зб}}^{\text{нк}}$ – тривалість очікування збирання – забирання вагонів, год.

Вартість утримання колій у парку приймання і сортувальному парку, необхідних для чекання обслуговування, розформування (формування), вантажних операцій

$$B_{\text{ут}} = 365(t_{\text{рф}}^{\text{нк}} + t_{\text{зб}}^{\text{нк}} + t_{\text{во}}^{\text{нк}}) / 24N_n N_{\text{г}} L_{\text{г}} B_{\text{нк1}}, \quad (4)$$

де N_n – кількість поїздів, які очікують обслуговування;

$N_{\text{г}}$ – кількість вагонів у складі поїзда, ваг;

$L_{\text{г}}$ – умовна довжина вагона, м;

$B_{\text{нк1}}$ – вартість утримання одного метра колії за добу, грн;

$B_{\text{пз}}$ – вартість простою бригад прийомоздавальників, грн;

$$B_{\text{пз}} = B_{\text{пз1}} N_{\text{пз}} t_{\text{бп}}, \quad (5)$$

де $B_{\text{пз1}}$ – вартість однієї години простою бригад прийомоздавачів, грн;

$N_{\text{пз}}$ – кількість бригад, які чекають роботу;

$t_{\text{бп}}$ – тривалість очікування роботи бригадами прийомоздавальників, год;

$B_{\text{пл}}$ – вартість простою поїзних локомотивів, грн;

$$B_{\text{пл}} = B_{\text{пл1}} N_{\text{пл}} t_{\text{пл}}, \quad (6)$$

де $B_{\text{пл1}}$ – вартість локомотиво-години простою поїзних локомотивів, грн;

$t_{\text{пл}}$ – тривалість простою поїзних локомотивів, год;

$N_{\text{пл}}$ – число поїзних локомотивів, які очікують на роботу;

$B_{\text{мл}}$ – вартість простою маневрових локомотивів на розформуванні і формуванні составів, подачі і прибиранні вагонів, грн;

$$B_{\text{мл}} = B_{\text{мл1}} N_{\text{мл}} (t_{\text{млрф}} + t_{\text{млпу}}), \quad (7)$$

де $B_{\text{мл1}}$ – вартість локомотиво-години простою маневрових локомотивів, грн;

$t_{\text{млрф}}, t_{\text{млпу}}$ – тривалість очікування роботи маневровими локомотивами, год;

$N_{\text{мл}}$ – число маневрових локомотивів, які чекають на роботу;

$B_{врм}$ – вартість простою вантажно-розвантажувальної машини, грн;

$$A_{врм} = N_{врм} t_{врм} B_{мг}, \quad (8)$$

де $N_{врм}$ – число вантажно-розвантажувальних машин (ВРМ), які обслуговують вантажний фронт;

$t_{врм}$ – тривалість очікування ВРМ, год;

$B_{мг}$ – вартість машино-години ВРМ, грн;

$B_{ск}$ – вартість простою складів, грн;

$$B_{ск} = t_{ск} B_{ск1}, \quad (9)$$

де $t_{ск}$ – тривалість очікування складу, год;

$B_{ск1}$ – вартість однієї години простою складу, грн;

$B_{нк}$ – вартість знаходження вагонів на під'їзній колії під обслуговуванням, грн;

$$B_{іє} = N_{а}^{іє} t_{сіа\delta} B_{а\delta}, \quad (10)$$

де $N_{\epsilon}^{нк}$ – число вагонів, що знаходяться на під'їзній колії, ваг;

$t_{знах}$ – час обслуговування вагонів на під'їзній колії, год;

$B_{\epsilon\delta}$ – вартість вагоно-години, грн.

На основі розробленого комплексу моделей побудовано алгоритм та відповідні програмні продукти, що дозволять визначати середні чисельності вагонів у кожному технологічному стані, тривалість очікування вагонами обслуговування на різних технологічних операціях системи “під'їзна колія – станція примикання” та час їх знаходження на під'їзній колії, а також раціональну кількість маневрових локомотивів та вантажно-розвантажувальних машин.

Висновок. Удосконалений метод оптимізації технічного оснащення під'їзної колії дозволив зменшити вартість простоїв у системі обслуговування вагонів, скоротити витрати на утримання технічних засобів системи та вивільнити додаткові навантажувальні ресурси.

Список літератури

1. Смехов, А.А. Управление грузовой и коммерческой работой на железнодорожном транспорте [Текст]: учеб. для вузов / А. А. Смехов, В.В. Повороженко.– М.: Транспорт, 1990. – 351 с.
2. Дерибас, А.Т. Организация грузовой и коммерческой работы на железнодорожном транспорте [Текст]: учеб. для вузов / В.В. Повороженко, А.А. Смехов . – М.: Транспорт, 1980. – 328 с.
3. Ковальов, А.О. Визначення оптимального режиму роботи під'їзної колії [Текст] /А.О. Ковальов, Д.Д. Музичук // Зб. наук. праць Укрїнськ. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – Вип. 92. – С. 42-45.

Ключові слова: під'їзна колія, підприємство, технічне оснащення.

Анотації

В роботі розглянуто метод визначення раціонального технічного оснащення під'їзних колій промислових підприємств. Виявлено, що реальні умови функціонування системи «підприємство - станція примикання» не завжди відповідають існуючим підходам до визначення кількості локомотивів і вантажно-розвантажувальних машин. Удосконалений

метод оптимізації технічного оснащення під'їзної колії дозволив зменшити вартість простоїв у системі обслуговування вагонів, скоротити витрати на утримання технічних засобів системи та вивільнити додаткові навантажувальні ресурси.

В работе рассмотрен метод определения рационального технического оснащения подъездных путей промышленных предприятий. Обнаружено, что реальные условия функционирования системы «предприятие - станция примыкания» не всегда соответствуют существующим подходам к определению количества локомотивов и погрузочно-разгрузочных машин. Усовершенствованный метод оптимизации технического оснащения подъездного пути позволил уменьшить стоимость простоев в системе обслуживания вагонов, сократить расходы на содержание технических средств системы и высвободить дополнительные погрузочные ресурсы.

In work the technique of definition of rational technical equipment of the access roads of the industrial enterprises. Found that the real conditions of the functioning of the system of company-station connections do not always correspond to the existing approaches to defining the number of locomotives and loading-unloading machines. An improved method of optimization of technical equipment of the access road will reduce the cost of downtime in the system of maintenance of cars, to reduce the expenses on the maintenance of technical means of the system and free up additional loading resources.

УДК 656.222.3:658.5

*Канд. техн. наук О.В. Лаврухін,
Т.Б. Демченко, В.С. Хансверов*

ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СТАНЦІЇ

Представив д-р техн. наук, професор О.М. Озар

Вступ. Ефективна робота залізничної інфраструктури залежить від раціонального використання засобів транспорту та людських ресурсів. Це можливо в умовах впровадження інноваційних проектів та удосконалення існуючих технологій роботи залізниць.

Світові тенденції розвитку транспортного ринку свідчать про необхідність переорієнтації виробництва у бік поліпшення якості обслуговування клієнтів за умови збільшення прибутковості галузі, але, на жаль, на даний час спостерігаються дестабілізуючі процеси, які негативно відбиваються на

якості роботи Укрзалізниці. Зазначені процеси у своїй більшості обумовлюються недосконалою діючою системою оперативного планування та управління перевізним процесом. Тому, згідно з «Концепцією Державної програми реформування залізничного транспорту України», затвердженою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2006 р. № 651-р, постає задача формування моделей і методів інтелектуальної автоматизованої технології оперативного планування та управління поїздопотоками.

Аналіз статистичних даних та попереднього досвіду. Останні офіційно

опубліковані дані Укрзалізниці свідчать про погіршення виконання показників у порівнянні з попередніми роками. Так, простій вагона на одній технічній станції з 2005 року збільшився на 3,88 години, що становить майже 70 відсотків. Це свідчить про те, що існуюча технологія формування, просування та обробки поїздопотоків не відповідає існуючим вимогам реального часу. Як правило, погіршення цього показника свідчить про зменшення вагонопотоку, яке у свою чергу призводить до збільшення часу на формування поїздів різних категорій.

Постановка задачі дослідження.

Вирішення поставленої задачі потребує формалізації процесів, пов'язаних з визначенням основних параметрів оперативного плану поїзної роботи полігона залізничної станції, який буде основою комплексної технології оперативного планування на всіх рівнях Укрзалізниці.

За рахунок інтегрування сформованої моделі оперативного планування до автоматизованих робочих місць оперативних працівників всіх рівнів буде досягнуто глобальне удосконалення існуючої інформаційно-керуючої системи Укрзалізниці.

Таким чином, вирішення поставленої задачі формування моделі визначення оперативного плану роботи залізничної станції є своєчасним та актуальним.

У розвиток теорії та практики технології перевізного процесу, а саме удосконалення систем планування та управління поїздопотоків, зробили значний внесок такі вчені та практики: Акулінічев В.М., Архангельський Є.В., Бернгард К.А., Бобровський В.І., Бутько Т.В., Волков В.С., Воробйов Н.А., Грунтов П.С., Данько М.І., Дьяков Ю.В., Жуковицький І.В., Івницький В.А., Іловайський М.Д., Котенко А.М., Кулешов В.М., Ломотько Д.В., Міроненко В.К., Нагорний Є.В., Негрей В.Я., Угрюмов А.К., Скалозуб В.В., Сміхов А.О., Сотніков Є.А., Тихоміров І.Г., Тихонов Г.Н.,

Тишкін Є.М., Шаров В.А., Шафіт Є.М., Яновський П.О. та ін.

Побудова математичної моделі. З метою формалізації процедури визначення оперативного плану залізничної станції було сформовано цільову функцію (1), яка є основою формування комплексу моделей, призначенням яких є визначення оптимального плану поїзної роботи полігону залізниці:

$$\Delta N = \sum_{i=1}^l \sum_{p=1}^k (N_{ip}^{nl} - N_{ip}^{euk}) \rightarrow \min, \quad (1)$$

при обмеженнях

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{p=1}^k N_{ip}^{euk} \leq \sum_{p=1}^k N_{ip}^{nl} \\ x_1 \leq 24 - t_{\phi} \\ x_2 \leq 24 - \left(\sum_{j=1}^h t_j + \sum_{q=1}^w t_q \right) \\ \text{при } x_1 + x_2 \leq 24 \\ u_1 \geq m_m \\ u_2 \geq m_m \\ u_3 \geq 1 \end{array} \right. ,$$

де ΔN - параметр виконання плану; N_{ip}^{nl} - заплановане число поїздів, які будуть перероблюватися на станції (прибуття, відправлення, формування маршрутів); N_{ip}^{euk} - реальне виконання поїзної роботи станції; i - кількість станцій на дільниці, яка бере участь в оперативному плануванні; p - параметр оперативного плану поїзної роботи, який відповідає обсягу поїзної роботи (кількість відправлених, прибулих поїздів та сформованих маршрутів); x_1 - час до відправлення поїзда зі станції формування (за умови наявності на станції формування вагонів у кількості, необхідній для формування поїзда), год; x_2 - час слідування поїзда від станції формування

до станції розформування (з урахуванням перегінних часів ходу, часів на схрещення, обгони тощо); t_ϕ - час на формування певного поїзда, год; t_j - час слідування поїздів по перегонах ($j = 1, 2, \dots, h$ де h - кількість перегонів), год; t_q - час простою поїздів під схрещеннями, обгонами, через неприймання на станцію ($q = 1, 2, \dots, w$, де w - кількість розмежувальних пунктів, на яких відбувалася затримка поїзда), год; u_1 - наявна кількість вагонів на станції та на підходах до неї для формування відправницького маршруту, ваг; m_m - нормативна довжина маршруту на певному напрямку, ваг; u_2 - наявна вивантажувальна спроможність підприємства, на яке призначено маршрут, ваг; u_3 - кількість технічних станцій на шляху прямування маршруту.

На кожний елемент цільової функції (1) впливає ряд незв'язаних параметрів, згідно з цим задачу формування моделей оперативного планування поїзної роботи доцільно віднести до слабкоструктурованої і вирішувати на основі застосування методів нечіткої логіки.

Згідно з цільовою функцією (1), комплекс моделей щодо оптимального плану поїзної роботи полігона залізниць буде складатися з трьох взаємозалежних моделей.

Таким чином, згідно з поставленою задачею моделювання процесу визначення кількості поїздів, що підлягають прийманню станцією з кожного напрямку визначено трійку лінгвістичних змінних у вигляді [1]: $\langle x_1, T, H \rangle$, $\langle x_2, T, H \rangle$, $\langle x_3, T, H \rangle$. Безпосередньо переходячи до формалізації визначених лінгвістичних змінних, одержуємо:

$$\begin{cases} \langle x_1, T, H \rangle; \\ \langle x_2, T, H \rangle; \\ \langle x_3, T, H \rangle. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \langle \text{"Час до відправлення"}, \{ \text{"в межах доби"}, \text{"за межами доби"} \}, [0, 24] \rangle; \\ \langle \text{"Час слідування"}, \{ \text{"в межах доби"}, \text{"за межами доби"} \}, [0, 24] \rangle; \\ \langle \text{"Час до закінчення доби"}, \{ \text{"не встигне"}, \text{"встигне"} \}, [0, 24] \rangle. \end{cases} \quad (2)$$

де x_1 - лінгвістична змінна "Час до відправлення", яка характеризує час до відправлення поїзда зі станції формування (за умови наявності на станції формування вагонів у кількості необхідній для формування поїзда); x_2 - лінгвістична змінна "Час слідування", яка характеризує час слідування поїзда від станції формування до станції розформування; x_3 - лінгвістична змінна "Час до закінчення доби" - час, який залишився до закінчення планової доби.

В даному випадку побудову функцій приналежності більш доцільно здійснювати на основі нормального розподілу (розподіл Гаусса), який дозволяє описувати значну більшість природних процесів, притаманних життєдіяльності людини, при значній кількості досліджень:

$$\mu_{\alpha_1^{hdv}} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma}} e^{-\frac{[x_1 - \bar{x}_1]^2}{2\sigma^2}}, \quad (3)$$

де c - коефіцієнт зміщення; σ - коефіцієнт масштабу; \bar{x}_1 - математичне очікування часу відправлення поїзда.

З виразу (3) виходить, що розподіл Гаусса залежить від двох параметрів [2] - зміщення та масштабу, тобто з математичної точки зору є не одним розподілом, а цілим їх сімейством. Значення параметрів відповідають значенням середнього (математичного очікування) і розкиду (стандартного відхилення). На рисунку наведено графічну інтерпретацію визначених функцій приналежності.

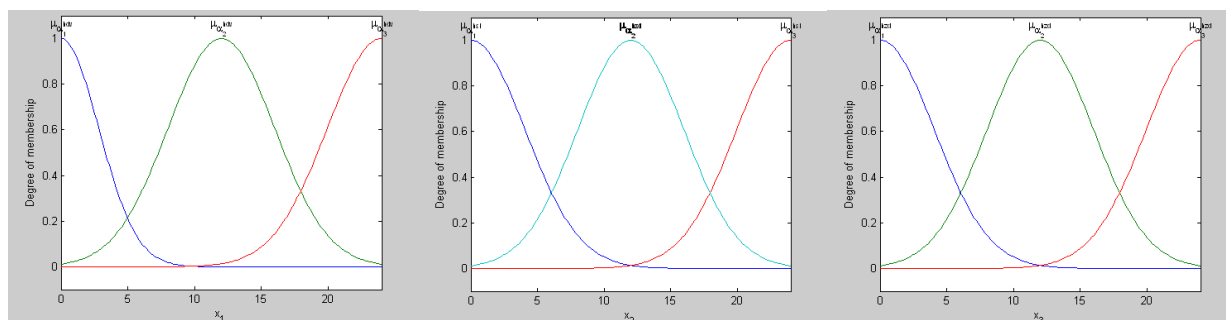


Рис. Графічна інтерпретація функцій приналежності $\mu_{\alpha_1^{hdv}}, \mu_{\alpha_2^{hdv}}, \mu_{\alpha_3^{hdv}}, \mu_{\alpha_1^{hsl}},$

$$\mu_{\alpha_2^{hsl}}, \mu_{\alpha_3^{hsl}}, \mu_{\alpha_1^{hzd}}, \mu_{\alpha_2^{hzd}}, \mu_{\alpha_3^{hzd}}$$

Для вирішення задачі знаходження впевненості у відправленні поїзда зі станції формування в планову добу необхідно визначити такі лінгвістичні змінні у

вигляді: $\langle m, T, V \rangle, \langle f, T, H \rangle$. Безпосередньо переходячи до формалізації визначених лінгвістичних змінних, одержуємо [3]

$$\left\{ \begin{array}{l} \langle m, T, V \rangle; \\ \langle f, T, H \rangle. \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \langle \text{"Кількість вагонів"}, \{ \text{"група вагонів"}, \text{"поїзд"} \}, [0, 50] \rangle; \\ \langle \text{"Час до закінчення формування"}, \{ \text{"не відправить ся"}, \text{"відправить ся"} \}, [0, 24] \rangle. \end{array} \right. \quad (4)$$

Формування правил, побудову відповідних функцій приналежності та логічних висновків буде отримано аналогічно першій моделі.

Формування третьої моделі ґрунтується на визначенні такого комплексу лінгвістичних змінних:

$$\left\{ \begin{array}{l} \langle u_1, T_1, V \rangle; \\ \langle u_2, T_2, H \rangle; \\ \langle u_3, T_3, E \rangle; \\ \langle u_4, T_4, L \rangle \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \langle \text{"\u0414\u0435\u044e\u0439\u043d\u043e\u0443 \u0430\u0430\u0430\u0430\u0430"}, \{ \text{"\u0430\u0434\u043e\u0430\u0430 \u0430\u0430\u0430\u0430\u0430"}, \text{"\u043d\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430"} \}, [0, 50] \rangle; \\ \langle \text{"\u0414\u0435\u0430\u0430\u0430\u0430\u0430\u0430 \u0430\u0430\u0430\u0430 \u043d\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430"}, \{ \text{"\u0430\u0430 \u0430\u0430\u0430\u0430\u0430\u0430\u0430\u0430 \u043d\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430"}, \text{"\u0430\u0430\u0430\u0430\u0430\u0430\u0430\u0430 \u043d\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430"} \}, [0, 50] \rangle; \\ \langle \text{"\u0414\u0435\u044e\u0439\u0439\u043d\u043e\u0443 \u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430 \u043d\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430"}, \{ \text{"\u0430\u0430 \u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430 \u0430\u0430"}, \text{"\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430 \u0430\u0430"} \}, [0, 10] \rangle; \\ \langle \text{"\u0430\u0430 \u0430\u0430 \u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430 \u0430\u0430\u0430\u0430"}, \{ \text{"\u0430\u0430 \u0430\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430"}, \text{"\u0430\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430\u0434\u0430"} \}, [0, 24] \rangle. \end{array} \right. \quad (5)$$

Достовірність функціонування сформованого комплексу моделей перевірено на основі розрахунку середньої відносної помилки. Згідно з цим значення середньої відносної помилки Δ по прибутті поїздів на станцію знаходиться в межах [2.9;5.5] відсотків, а по відправленні поїздів зі станції формування або обробки – в межах [1.7;6.6]. Для поставлених задач експлуатації та отримання параметрів оперативного плану досягнута точність

роботи моделі є достатньою, згідно з чим можливо вважати сформований комплекс моделей визначення параметрів оперативного плану поїзної роботи залізничної станції адекватним.

Висновки. Розрахунок економічного ефекту від впровадження автоматизованої технології оперативного планування та управління поїздопотокami необхідно виконувати відповідно до етапності, яка забезпечить визначення економічних показників щодо реалізації конкретної

задачі комплексу. Таким чином, на першому етапі, який передбачає врахування технологічних параметрів, було визначено,

що в умовах Південної залізниці економія складає 11216333,6 грн/р.

Список літератури

1. Мелехов, А.Н. Ситуационные советующие системы с нечёткой логикой [Текст] / А.Н. Мелехов, Л.С. Бернштейн, С.Я. Коровин. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990.
2. Бутько, Т.В. Планування перевезень вантажу на основі раціональної організації вагонопотоків на залізниці із застосуванням теорії нечітких множин [Текст] / Т.В. Бутько, О.В. Лаврухін // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2004. – Спецвип.7 [1]. – С. 16-19.
3. Данько, М.І. Удосконалення процесу змінно-добового планування на основі застосування інтелектуальних методів [Текст] / М.І. Данько, О.В. Лаврухін, Л.І. Рибальченко, В.О. Романчук // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 119. – С. 7-11.

Ключові слова: оперативне планування, формування моделі, автоматизація процесу, нечітка логіка, залізнична станція, цільова функція, система обмежень.

Анотації

В даній статті приділено увагу формуванню моделі визначення оперативного плану роботи залізничної станції, яка дозволить отримати оптимальний варіант плану роботи лінійного підрозділу.

В данной статье была сформирована модель определения оперативного плана работы железнодорожных станций, которая позволяет определить оптимальный вариант плана работы линейного подразделения.

In this research work is given focus formation models determine the operational plan of the railway station which will allow get the best option plan of the linear unit.

УДК 656.13:656.212

*Канд. техн. наук В.М. Запара,
асист. Я.В. Запара,
Н.В. Дубовська*

АНАЛІЗ СТАНУ РОБОТИ СТАНЦІЇ Д-С ДОНЕЦЬКОЇ ЗАЛІЗНИЦІ В ПЕРІОД СПАДУ ОБСЯГІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

Представив д-р техн. наук, професор О.М. Огар

Вступ. Значне зростання обсягів перевезень залізницями України у 2010-2011 роках не дозволило досягти докризового рівня 2008 року, а в 2012 році

вже намітилась тенденція до спаду: було перевезено 457,5 млн т вантажів, що на 2,5% менше попереднього року [1].

Актуальність. Аналіз структури перевезень залізниць свідчить, що при досить суттєвому зростанні обсягів перевезень імпорتنих (35,0 млн т) та експортних вантажів (140,9 млн т) – на 9,5 та 7,3% відповідно до рівня 2011 року зниження в цілому було допущене за рахунок значного зменшення обсягів перевезення транзитних вантажів (41,9 млн т) – на 17,9% та внутрішніх перевезень вантажів (які є основними в обсягах перевезень – 239,5 млн т) [1] – на 6,1%. На деяких важливих вантажоутворюючих підприємствах відмічаються значні коливання обсягів переробки, особливо на підприємствах вугільного та металургійного комплексів. Нестабільність роботи вкрай негативно впливає на використання рухомого складу.

Для покращення ситуації в цьому секторі вантажних перевезень Укрзалізниця здійснює системні заходи щодо удосконалення взаємодії з клієнтами, нарощування обсягів перевезень та розширення номенклатури вантажів, а також удосконалює вантажну роботу на станціях.

Одним із основних напрямків підвищення ефективності роботи залізничного транспорту є прискорення обігу рухомого складу за рахунок зменшення часу при виконанні технологічних операцій та в їх очікуванні. В теперішній час найбільша частина обігу (понад 40%) припадає на станції з вантажними операціями [2], де операції вантаження і вивантаження переважно виконуються на під'їзних коліях промислових підприємств. Однією з причин незадовільної роботи структурних підрозділів залізниці є невідповідність технології і організації взаємодії між під'їзними коліями і станціями примикання вимогам ринкової економіки.

У 2012 році зросла ефективність використання вагонів Укрзалізниці, про що свідчить прискорення обігу навантаженого вагона до планового завдання на 0,18 доби,

або на 2,9%. Обіг вантажного вагона склав 6,15 доби. Разом з тим зменшено час простою вагона під однією вантажною операцією до планового завдання майже на 1,31 год і його виконання становить 35,63 год.

Простій вагона на одній технічній станції знижено до планового завдання на 0,2 год і його виконання становить 8,25 год. Вантажний рейс вагона у середньому склав 523,6 км, що на 2,2 км більше, ніж у 2011 році [1]. Таким чином, дослідження питань роботи найважливіших станцій залізниць є актуальним, особливо в періоди коливання обсягів переробки.

Аналіз досліджень і публікацій. Удосконаленню різних аспектів роботи станцій традиційно присвячується багато публікацій, в т.ч. і фахівцями України (Ломотько Д.В., Котенко А.М., Ковальов А.О., Чеклов В.Ф. та ін.) [2-4].

Аналіз публікацій вказує на досить широке коло питань, яке в них розглядається як загального характеру, так і таких, що стосуються конкретних технічних, вантажних станцій. Проте урахування особливостей функціонування і взаємодії технічних та вантажних станцій в сучасних умовах інформатизації, змін обсягів роботи стосовно конкретних суб'єктів господарювання, виявлення закономірностей стосовно сучасного періоду потребує подальшого розвитку та конкретизації.

Мета. Метою статті є дослідження зміни показників роботи однієї з найкрупніших технічних станцій Донецької залізниці, яка виконує і місцеву роботу, при коливанні обсягів роботи.

Виклад основного матеріалу. Донецька залізниця є найкрупнішою навантажувальною залізницею в Україні, від її ритмічної роботи багато в чому залежить ситуація і в цілому в залізничній галузі. Як і взагалі по Укрзалізниці, у 2012 році відбувся спад обсягів перевезень вантажів, за 11 місяців 2012 року середньодобове навантаження на

Донецькій залізниці склало 393 тис. тонн, що на 2,2% нижче плану і на 6% менше показників 2011 року. Отже, залізницею недоотримано доходних надходжень у розмірі 426 млн грн, а за підсумками року Донецька залізниця через спад обсягів перевезень недоотримала доходних надходжень у розмірі 0,5 млрд грн [1].

Станція Д-С є однією з найважливіших ланок транспортної інфраструктури Донецької залізниці, за характером роботи – сортувальною та виконує переробку і місцевих вагонів.

За останні два роки (2011 та 2012) обсяги переробки вагонів дещо зросли. На початку 2011 року в середньому за добу приймалось 83-84 поїзди, у грудні 2011 року – 89 поїздів (за рік в середньому за добу – 87 поїздів). Відповідно на початку 2012 року – 87 поїздів, у грудні 2012 року – 82 поїзди (за рік в середньому за добу – 88 поїздів при мінімальному значенні у лютому – 79 поїздів та максимальному у квітні – 93 поїзди).

Подібна ситуація має місце і при середньодобовому відправленні поїздів. На

початку 2011 року в середньому за добу відправлялось зі станції Д-С 77-78 поїздів, у грудні 2011 року – 82 поїзди (за рік в середньому за добу – 81 поїзд). Відповідно на початку 2012 року – 80 поїздів, у грудні 2012 року – 78 поїздів (за рік в середньому за добу – 83 поїзди при мінімальному значенні у лютому – 74 поїзди та максимальному у квітні, червні та серпні – 86 поїздів).

Більш детально обсяги переробки вагонів станцією помісячно в середньому за добу у 2011-12 роках наведені на рис. 1. Як видно з наведеної інформації, у 2011 році коливання середньодобових помісячних обсягів переробки були в цілому не досить суттєвими. Виділяється три періоди зростання переробки: січень-березень (з 3563 до 3689 вагонів, або на 3,54%), квітень-липень (з 3546 до 3755 вагонів, або на 5,89%), серпень-листопад (з 3684 до 3756 вагонів, або на 1,95%). Окремо вирізняється стрімке зростання обсягів у грудні (до 4051 вагона, або на 7,85% від листопада).

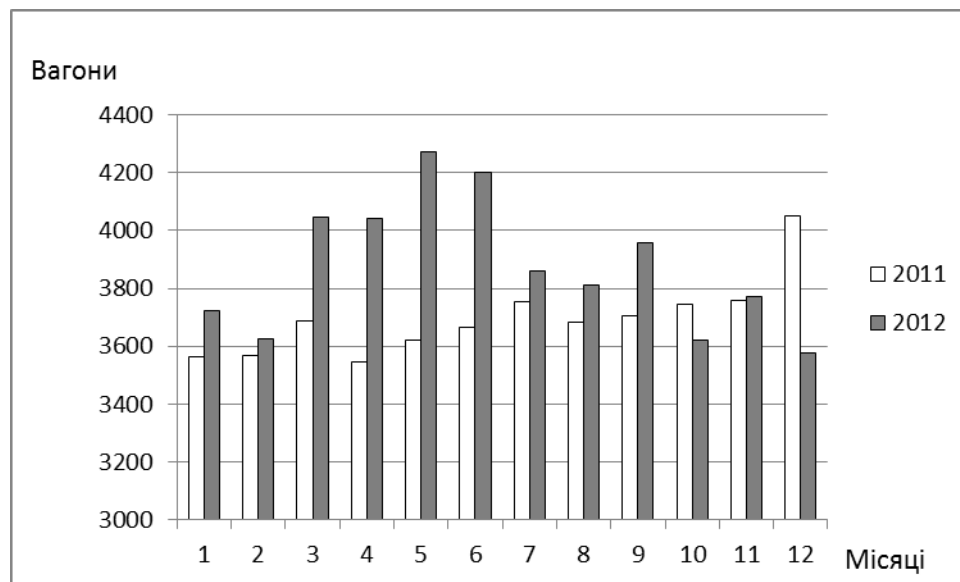


Рис. 1. Середньодобова динаміка переробки вагонів станцією Д за 2011-2012 роки

Як видно, найбільш суттєві зміни в обсягах переробки 2012 року характерні для першого півріччя року, коли відбулося зростання обсягів роботи від 3721 вагонів у січні (з мінімумом у лютому – 3626 вагонів) до 4273 вагонів у травні (максимальне значення показника у 2012 році), або на 14,83%. В подальшому відбувся спад обсягів роботи до 3577 вагонів, тобто на 16,29%. У грудні 2012 року було перероблено на 474 вагони менше в середньому за добу, ніж у грудні 2011 року, або на 11,7%

Такі коливання негативно вплинули на експлуатаційні показники роботи станції. В роботі проведено дослідження таких показників, як час знаходження на станції транзитного вагона без переробки, транзитного вагона з переробкою та місцевого вагона.

У 2012 році планове значення середнього часу знаходження транзитного вагона без переробки на станції мало певні коливання від 2,18 год (мінімум) у січні до 3,95 год (максимум) у листопаді при середньому значенні за рік – 2,93 год (фактичне виконання показника за 2012 рік – 3,37 год, розбіжність з плановим значенням склала 0,44 год, або 15,0%).

Планове значення середнього часу знаходження транзитного вагона з переробкою на станції також змінювалось від 11,5 год (мінімум) у січні до 16,5 год (максимум) у червні, серпні та вересні при середньому значенні за рік – 14,9 год (фактичне виконання показника за 2012 рік – 16,18 год, розбіжність з плановим значенням склала 1,28 год, або 8,59%).

Щодо місцевих вагонів, то невиконання планових завдань часу знаходження таких вагонів на станції (принаймні протягом 2012 року) має хронічний характер та різниться майже в три рази. Планове значення середнього часу знаходження місцевого вагона на станції також змінювалось від 41,0 год

(мінімум) у лютому та жовтні до 60,3 год (максимум) у квітні при середньому значенні за рік – 44,97 год (фактичне виконання показника за 2012 рік – 140,28 год, розбіжність з плановим значенням склала 90,51 год, або 181,86%). Така ситуація вказує, по-перше, на вкрай незадовільну роботу клієнтури станції при виконанні вантажно-розвантажувальних робіт та, по-друге, на недостатній рівень взаємодії в цих питаннях станції примикання та під'їзних колій.

Виходячи з вищенаведеного було проаналізовано перевищення часу знаходження на станції транзитного вагона без переробки, транзитного вагона з переробкою та місцевого вагона по відношенню до запланованих показників за розглянутий період та встановлено, що ці розбіжності підпорядковуються законам Ерланга. На рис. 2 для прикладу наведено експоненціальний закон розподілу перевищення часу знаходження транзитних вагонів без переробки на станції Д-С за 2012 рік. Характеристики основних кількісних показників після їх перевірки на адекватність зведено у таблицю.

Як показує аналіз, стрімке зростання часу знаходження місцевого вагона у 2012 році в порівнянні з 2011 роком (з 95,74 год до 140,28 год) пов'язане також і з значним зменшенням обсягів місцевої роботи на станції (рис. 3). Якщо за 2011 рік станція переробила 2019 вагонів, то за 2012 рік – лише 1574 вагони (зниження на 22,0%), за четвертий квартал відповідно – 627 і 438 вагонів (зниження на 30,1%), за грудень відповідно – 187 та 101 вагон (зниження на 46,0%). Як бачимо, знаходить підтвердження кореляція обсягів переробки і часу знаходження місцевих вагонів на станції: із зменшенням обсягів зростає час знаходження місцевих вагонів.

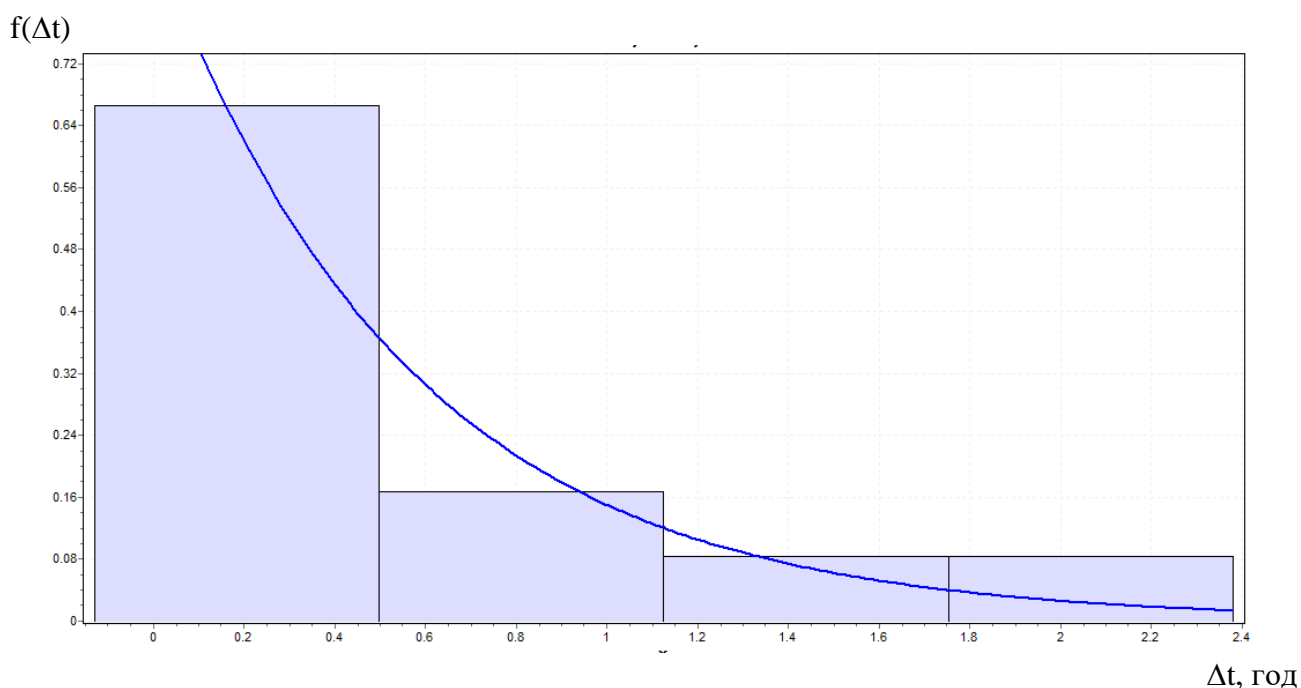


Рис. 2. Експоненціальний закон розподілу перевищення часу знаходження транзитних вагонів без переробки на станції Д-С за 2012 рік

Таблиця

Характеристики законів розподілу перевищення часу знаходження вагонів на станції протягом 2012 року

Характеристика показника	Перевищення часу знаходження вагонів на станції Д-С		
	місцевих	транзит без переробки	транзит з переробкою
Математичне сподівання, год	84,424	0,43249	1,3325
Середньоквадратичне відхилення σ , год ²	49,334	0,56249	1,9925
Коефіцієнт варіації, v	0,58436	1,3006	1,4953
Закон розподілу	Експоненціальний	Експоненціальний	Експоненціальний
Функція щільності розподілу	$f(\Delta t) = 0,02027e^{-0,02027 \cdot \Delta t}$	$f(\Delta t) = 1,7778e^{-1,7778 \cdot \Delta t}$	$f(\Delta t) = 0,50188e^{-0,50188 \cdot \Delta t}$

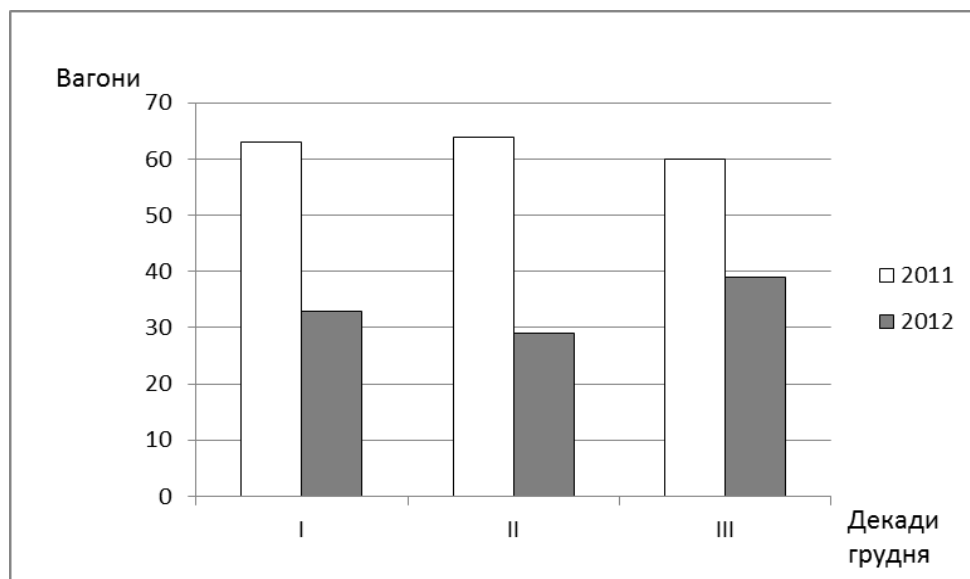


Рис. 3. Подекадна динаміка обсягів місцевої роботи на станції Д-С у грудні 2011 та 2012 років

Висновок. Проведений аналіз стану роботи станції Д-С виявив тенденцію багато в чому не обумовленого об'єктивними причинами зростання часу знаходження транзитного вагона без переробки та з переробкою на станції. При збільшенні переробки транзитних вагонів на станції у 2012 році на 4,6%, знаходження транзитного вагона без переробки та з переробкою зросло відповідно на 46,5% і 32,6% на фоні дефіциту рухомого складу для перевезень.

Значне скорочення обсягів місцевої роботи за розглянутий період (на 22,0%) вкрай негативно позначилось на часі знаходження місцевого вагона на станції (він зріс на 46,5%). Вирішення задачі зменшення простою місцевого вагона можливе в першу чергу за рахунок організації ритмічної роботи вантажних фронтів на під'їзній колії, а також покращення взаємодії станції примикання та під'їзних колій.

Список літератури

1. Офіційний веб-сайт Укрзалізниці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://uz.gov.ua/?lng=uk>.
2. Мілецька, І.М. Дослідження показників вантажної роботи на місцях незагального користування в умовах підприємства Д [Текст] / І.М. Мілецька // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 118. – С. 220-225.
3. Котенко, А. Удосконалення взаємодії під'їзних колій і станцій примикання [Текст] / А. Котенко, А. Ковальов // Зб. наук. праць. – К.: КУЕТТ, 2007. – Вип. 11. – С. 171-174.
4. Чеклов, В.Ф. Аналіз системи взаємодії залізничних станцій з під'їзними коліями вугільних підприємств [Текст] / В.Ф. Чеклов, Г.В. Бобик, А.М. Масалов, Є.Є. Шкуро // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2006. – Вип. 8. – С.84-89.

Ключові слова: переробка вагонів, обсяги перевезень, час знаходження вагона, транзит з переробкою, транзит без переробки, місцевий вагон, станція примикання, під'їзна колія, взаємодія, закон розподілу.

Анотації

Проаналізовано стан роботи станції Д-С за 2011-2012 роки. Встановлені закони розподілу перевищення часу знаходження транзитного вагона без переробки і з переробкою та місцевого над нормативним значенням. Запропоновані заходи з метою скорочення часу простою місцевого вагона.

Проанализировано состояние работы станции Д-С за 2011-2012 годы. Установлены законы распределения превышения времени нахождения транзитного вагона без переработки и с переработкой, а также местного над нормативным значением. Предложены мероприятия с целью сокращения времени простоя местного вагона.

The condition of work station D-C in 2011-2012 has been analyzed. The distributions exceeding the time spent transit car without processing and reprocessing, as well as on the local one with standard value was sorted out. The activities to reduce the downtime of the local car was suggested.

УДК 656.073.235

*Канд. техн. наук Д.С. Лючков,
Н.І. Єременко*

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ КОНТРЕЙЛЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

Представив д-р техн. наук, професор А.М. Котенко

Постановка проблеми. Аналіз стану вітчизняної транспортної системи залізничного транспорту свідчить про те, що її інтеграція в мережу міжнародних транспортних коридорів і подальший розвиток міжнародних залізничних перевезень неможливий без вирішення таких проблем, як залучення додаткових обсягів перевезень на залізничний транспорт, забезпечення екологічно чистих перевезень, перехід від конкуренції до взаємовигідного співробітництва з автомобільним транспортом. Головні тенденції у вантажних перевезеннях на залізницях світу пов'язані з розширеним застосуванням спеціалізованого рухомого складу та збільшенням перевезень за

змішаними схемами (контрейлерні перевезення). Контрейлерні перевезення, за оцінками дослідників, один із найперспективніших напрямків розширення обсягу транспортних послуг. У зв'язку з цим дослідження та пошук методів удосконалення процедури проходження митних операцій на прикордонних залізничних станціях контрейлерних поїздів набуває особливої актуальності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати останніх досліджень щодо питань удосконалення технології обслуговування транспортних засобів на міжнародних залізничних пунктах пропуску у науковій літературі зустрічаються все частіше. Серед усіх

публікацій доцільно відзначити роботи Пасічника В.І., Дьоміна Ю.В., Кирпи Г.М., Пшинько А.М., Савенко А.С., Данько М.І., Альошинського Є.С. та інших авторів.

Невирішена раніше частина загальної проблеми полягає у тому, що на прикордонних станціях не використовуються технології і рішення, які б дозволили зменшити або й зовсім виключити обсяг ручного митного та прикордонного огляду вагонів. Система безпеки, при якій автоматично виявляються незаконно ввезені і вивезені товари, прихована контрабанда, у тому числі вибухові речовини, зброя, наркотики та інше, значно скоротить час огляду контейнерних поїздів.

Мета роботи – визначення впливу новітньої технології на зменшення часу митного та прикордонного контролю контейнерних поїздів.

Для досягнення цієї мети були розглянуті та проаналізовані наукові роботи з цього питання.

Основний матеріал дослідження. Основним сегментом транспортної системи України на сьогодні залишається залізниця. Українська мережа залізниць є однією з найбільш розвинутих серед європейських країн, займає провідне місце за обсягами вантажо- та пасажироперевезень всередині країни та відіграє важливу транзитну роль. Україна межує з Росією, Білоруссю, Молдовою, Польщею, Румунією, Словаччиною та Угорщиною, на кордонах розташовано 40 міжнародних залізничних переходів. За довжиною залізничних колій Україна посідає четверте місце в Європі і тринадцяте – у світі.

Укрзалізницею організовані поїзди комбінованого транспорту, які курсують територією України і в напрямку міжнародних транспортних коридорів. Одним з таких поїздів, який прямує у сполученні Литва (Драугісте – Кяна) – Білорусь (Гудогай – Словечно) – Україна (Бережесть – Іллічівськ-Поромна), є поїзд «Вікінг». Тільки за десять років регулярного

курсання він перевіз 54,9 тис. контейнерів TEU (1 TEU = 1 контейнер довжиною 6,1 м і шириною 2,44 м) і 539 автопоїздів. 6 лютого 2013 року виповнилося десять років із дня запуску першого поїзда комбінованого транспорту «Вікінг».

У складі поїзда «Ярослав», сполученням Польща (Славкув– Хрубешув) – Україна (Ізов – Київ/Луганськ) за перші три роки було переправлено 3,2 тис. автопоїздів. Це обумовлює необхідність постійного вдосконалення організації експортно-імпортних та транзитних перевезень, виконуваних залізницями, оптимізації взаємодії залізниць з митними, прикордонними та іншими державними органами та з іноземними залізницями.

Вже зараз Укрзалізниця впровадила деякі заходи, що дозволили скоротити технологічний час обробки контейнерних поїздів. У митних органів з'явилася можливість заздалегідь, до моменту прибуття поїзда на станцію переходу держкордону, отримувати попередню декларацію в електронному вигляді, що істотно прискорило процес обробки вагонів і вантажів, підвищило точність передачі даних про перевезення. На прикордонній станції Бережесть – пункті пропуску контейнерного поїзда «Вікінг» у дослідну експлуатацію введено автоматизовану систему, яка в електронному вигляді передає митниці усю необхідну інформацію про вантаж, що перевозиться у контейлері. На обробку електронних перевізних документів витрачається у середньому на дві години менше часу, ніж на обробку паперових документів. У 2013 році такі нововведення будуть впроваджені вже на усіх прикордонних станціях, в тому числі на станції Ізов – пункті пропуску контейнерного поїзда «Ярослав». Також перед розробниками автоматизованих систем стоїть завдання налагодити співпрацю з митницею щодо використання цифрового підпису. Це дозволило б оперативно оформлювати документи на вантажі у міжнародному сполученні.

Для посилення контролю над перевезенням вантажів, попередження несанкціонованого доступу до них перспективним є використання електронних замків і пломб з функцією GPS GSM-навігації. За допомогою GPS-пристроїв за декілька хвилин можна отримати інформацію про знаходження будь-якого вантажу, що перевозиться залізничним транспортом, за яким маршрутом він рухається, його статус (чи були відкриті двері контейнера, на якій станції, коли і навіщо). Електронна пломба – це сучасне електронне обладнання, що дозволяє різко скоротити час митного оформлення, оскільки в неї можна внести всі дані, як про вантаж, так і про перевізника. З часом електронна пломба може замінити собою звичний паперовий документ. Це допоможе скоротити час митного огляду.

Висока ймовірність терористичних загроз, а також необхідність планомірної і систематичної протидії незаконному обігу наркотиків і зброї, провозу контрабанди підвищує актуальність використання спеціальних технічних засобів, а саме - доглядових рентгенотелевізійних установок, які найбільш ефективно зарекомендували себе для даних заходів. В Україні відсутні залізничні сканери, є всього декілька рентген-апаратів для сканування вантажів, два з них – стаціонарний і мобільний – знаходяться в Одеському порту.

На прикордонних станціях зарубіжних країн і країн Співдружності для митного контролю залізничних вантажів активно використовують інспекційно-доглядові комплекси, тобто сканери. Спеціально розроблені для огляду залізничних складів системи дозволяють у автоматичному режимі оглядати рухомий склад у міру його просування вздовж сканера зі швидкістю від 12 до 60 км на годину. В залежності від фірми-виробника та статусу вагонів (порожні чи завантажені) у системах використовуються джерела

випромінювання від 3MeV до 9 MeV. Новітнє програмне забезпечення дозволяє звести час інспекції об'єктів до мінімуму і отримувати зображення найвищої якості за декілька секунд. Сканери здатні просвічувати сталевий лист товщиною до 270 мм, що дозволяє виявляти вибухові речовини, зброю, наркотики, контрабанду; перевіряти вміст вагонів і контейнерів на предмет відповідності декларації. Сканер з'єднаний з комп'ютерною системою пункту митного контролю, куди в онлайн-режимі надходять дані про перевірені вантажі. На монітор оператора виводиться зображення ("Вигляд збоку") як вмісту вагонів, так і вбудованих порожнин в ходовій частині. Система дозволяє проводити швидку процедуру інспекції повністю завантажених вантажівок на контрейлерних платформах (шасі, колеса, паливні баки, вантаж і тягач) і одночасно перевіряти митні документи. Інспекційно-доглядові комплекси легко пристосовуються до будь-яких умов, наприклад, можуть працювати від залізничної контактної мережі і без неї. Перевірка проводиться на підставі попереднього інформування митних органів про товари, які прямують через митний пост. Відповідно до отриманих даних митниця проводить аналіз ризиків і на його основі здійснює контроль вагонів.

Поряд з рентгеном митні органи розпочали експлуатацію системи Train Gate, яка дозволяє зчитувати ідентифікаційні дані контейнерів і номери вагонів у разі, якщо вони відповідають європейським стандартам, і перевіряти їх відповідність даним, зазначеним вантажовідправником.

Зробимо короткий огляд сканувальних систем, які експлуатуються на прикордонних станціях зарубіжних країн та країн Співдружності.

У січні 2009 р. на станції Зилупе – прикордонному пункті на латвійсько-російському кордоні встановлено сканер THSCAN RF Series для контролю залізничних вантажів (рис. 1).



Рис. 1. Пристрій сканування вантажів перед ст. Зилупе, Латвія

Загальні технічні показники системи THSCAN RF Series:

- 1) проникність (SP) ≥ 280 мм сталь;
- 2) макс. доза випромінювання $< 0,01$ мкSv / за одну інспекцію;
- 3) швидкість сканування < 30 км / год;
- 4) максимальний розмір об'єкта інспекції – поїзд;
- 5) час експлуатації / рік 5840 годин (16 год щодня);
- 6) електроживлення 220/380V (+10%, -15%) 50Hz ± 1 ;
- 7) кліматичні вимоги -40 ~ 50 С, вологість 10 ~ 95%;
- 8) радіаційний захист - відповідає санітарній нормі і правилам GB4792-84 і GB8703-88.

Митниця Фінляндії почала експлуатувати рентгенівську установку в

порту Вуосаарі, щоб контролювати залізничні перевезення експортних та імпорتنних вантажів.

Митна служба Нідерландів запустила залізничний сканер Eagle R60 (рис. 2). Сканер ефективно сканує близько двохсот тисяч вантажних контейнерів на рік. Rapiscan Eagle R60 забезпечує кращу у своєму класі якість побудови зображення, має надійні стандартні функції і найдосконаліші опції - все це робить її найбільш зручною в користуванні і універсальною серед усіх наявних систем огляду залізничних вагонів. Щоб контролювати процес скринінгу, необхідна лише одна людина. Сканер Eagle R60 безпечний для залізничних бригад та водіїв.



Рис. 2. Пристрій сканування вантажів Eagle R60

У Росії група компанії "Техно" ("Т-огляд") запропонувала використовувати інспекційно-доглядовий комплекс – Heimann Cargo Vision Railroad на базі сканувальної рентгенотелевізійної системи для перевірки залізничних вагонів. Система дозволяє виявляти вибухові речовини, зброю, наркотики, контрабанду; перевіряти вміст вагонів і контейнерів на предмет відповідності декларації. Система функціонує в трьох режимах: 3 МеВ (низький рівень випромінювання) – для перевірки порожніх або малозавантажених вагонів і контейнерів; 4 МеВ (низький рівень випромінювання) – для контролю завантажених вагонів і контейнерів; 6 МеВ (високий рівень випромінювання) – для ретельного контролю повністю завантажених вагонів і контейнерів. Система розроблена спеціально для безконтактного огляду малозавантажених або повністю завантажених залізничних вагонів і контейнерів, що рухаються. Довжина складу не обмежена. Практична продуктивність – більше 60 вагонів на годину (при чотирьох операторах). Можна збільшити продуктивність сканувальної системи до 300 ваг/год при швидкості 12 км/год. Висота контрольованого об'єкта 4,7 – 4,8 м.

Але були і нарікання щодо роботи сканувальних систем у плані їх безпечності для працівників залізничного транспорту, а саме поїзних бригад. Так, 13 та 14 лютого 2009 року на станції Матевці, що у Словаччині, машиністи локомотивів Львівської залізниці отримали додаткове радіаційне опромінення при прослідкуванні рентгенівської сканувальної системи TNSCAN RF6010. Після цього керівництво Львівської залізниці та Головний державний санітарний лікар на Львівській

залізниці поставили вимогу словацькій стороні привести радіаційний захист TNSCAN RF6010 на станції Матевці до безпечного для машиністів локомотивів рівня, навіть припинили відправлення поїздів через перехід Ужгород - Матевці на кордоні зі Словаччиною. Майже рік тривали налагоджувальні роботи словацьких залізничників разом із китайськими розробниками, які доводили сканувальну установку до відповідних норм. Після цього місяця МАГАТЕ визнала роботу сканувальної системи під час проходження через неї вантажних поїздів нешкідливою для машиністів. Українські залізничники погодилися з висновками авторитетної міжнародної місії, та відновили рух на переході Ужгород - Матевці.

Висновки. Для зменшення часу митного та прикордонного контролю контейнерних поїздів раціональними шляхами є:

1. Зміна технології роботи прикордонної, митної та залізничної служб щодо збалансованої роботи їх усіх складових, а також суворе дотримання домовленостей із сусідніми країнами про приймання поїздів.

2. Оснащення пропускних пунктів сканувальним обладнанням. Для цього необхідно близько 250 апаратів, стаціонарний сканер коштує близько 1 млн доларів. Система сканування залізничних вагонів значно прискорить залізничні вантажоперевезення, оскільки немає необхідності розвантажувати вагони для їх перевірки митними органами.

3. Використання електронних замків і пломб з функцією GPS GSM-навігації для пломбування вантажних автомобілів та контейнерів.

Список літератури

1. Урядовий портал. Веб - портал виконавчої влади. У 2012 році залізниці України перевезли 457,5 млн тонн вантажів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kmu.gov.ua/>.

2. Укрзалізниця упростила систему документооборота и расчетов за перевозку транзитных грузов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.interport.com.ua/>.
3. Урядовий портал. Веб-портал виконавчої влади. Для Укрзалізниці 2012-й стане роком технічного прогресу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kmu.gov.ua/>.
4. Андреева, Л. Дзеркало вітчизняної економіки [Текст] / Л. Андреева // Магістраль. – 2013. – 30 січня – 5 лютого. – С.6.
5. Плотникова, А. Юбилей «Викинга» [Текст] / А. Плотникова // Магістраль. – 2013. - 6-12 лютого. – С.5.
6. Rapiscan Eagle R60 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rapiscansystems.com/ru/products/item/rapiscan_eagle_r60/.
7. Рентгеновские установки серии "Rapiscan Eagle R60" и "Rapiscan Eagle R90" для досмотра железнодорожных вагонов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bnti.ru/>.
8. Досмотр грузов в железнодорожных вагонах. Непрерывное автоматическое сканирование – высокая пропускная способность досмотр плотных грузов с помощью мощного источника рентгеновского излучения напряжением 6 МВ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://http://www.rapiscansystems.ru/>.
9. Нидерланды: Rapiscan Systems Запускает Орел R60 – железнодорожный сканер для таможенной службы Нидерландов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://translate.yandex.ua/>.
10. Рентген для контроля ж/д перевозок (15 апреля 2010) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://unitranzit.ru/>.
11. Таможня Финляндии начала эксплуатировать рентгеновскую установку в порту Вуосаари для контроля за экспортными и импортными грузами, перевозимыми по железной дороге [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.logistics-gr.com/>.
12. Стационарные ИДК THSCAN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.destra.ru/>.
13. Про затвердження Технологічної схеми пропуску в міжнародному пункті пропуску для залізничного сполучення "Володимир-Волинський - Хрубешув": наказ Львівського прикордонного загону Яготинської митниці від 21 червня 2005 року № 645/323. – Зареєстрований наказом Львівського обласного управління юстиції від 26 липня 2005 р. за N 49/1102 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.customs.com.ua/>.
14. Поезд "Викинг" оснастили GPS-замком [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cfts.ru/news/40333/>.
15. Дьомін, Ю.В. Технічне забезпечення контрейлерних перевезень міжнародними коридорами України [Текст] / Ю.В. Дьомін, Г.М. Кірта // Залізничний транспорт України. – 1997. - №1. – С. 28-32.
16. Пасічник, В.І. Проблеми ефективного використання основних залізничних напрямків і прикордонних переходів [Текст] / В.І. Пасічник // Залізничний транспорт України. – 1999. - №1(4-5). – С.8-12.
17. Демин, Ю.В. Проблемы бесперегрузочных и комбинированных перевозок [Текст] / Ю.В. Демин, Г. Н. Кирпа, А.Н. Пшинько [и др.] // Залізничний транспорт України. – 1998. - №1 (4-5). – 37-42.
18. Мукмінова, Т.А. Комбінований залізничний транспорт: сучасні виклики [Текст] / Т.А. Мукмінова // Залізничний транспорт України. – 2007. – № 5. – С 24-30.
19. Савенко, А.С. Технология пропуска специализированных поездов в транспортном коридоре Ильичевск – Хутор – Михайловский [Текст] / А.С. Савенко, Г.И. Музыкаина // Залізничний транспорт України. – 2003. - №2. – С. 28-30.

20. Украина ускорит процедуры таможенного контроля на пограничных передаточных станциях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// www.trans-port.com.ua/](http://www.trans-port.com.ua/).

Ключові слова: контрейлерні перевезення, прикордонні передавальні станції, електронні замки і пломби з функцією GPS GSM-навігації, митний та прикордонний контроль, інспекційно - доглядові комплекси.

Анотації

Ця стаття висвітлює питання удосконалення технології обслуговування контрейлерних поїздів на прикордонних передавальних станціях, що в умовах глобалізації зовнішньоекономічних процесів набуває особливої актуальності.

Особлива увага приділяється викликам системи митної та прикордонної безпеки держави, її спроможності діяти в умовах застосування на практиці новітніх технологій і рішень, які направлені на спрощення та прискорення здійснення митних та прикордонних формальностей.

Проаналізовано досвід зарубіжних країн у використанні інспекційно-доглядових комплексів для контролю залізничних вантажів, який матиме значний економічний ефект для розвитку транзитних перевезень та створення позитивного іміджу України як транзитної держави.

Эта статья освещает вопросы совершенствования технологии обслуживания контрейлерных поездов на пограничных передаточных станциях, что в условиях глобализации внешнеэкономических процессов приобретает особую актуальность.

Особое внимание уделяется вызовам системы таможенной и пограничной безопасности государства, ее способности действовать в условиях применения на практике новейших технологий и решений, которые направлены на упрощение и ускорение осуществления таможенных и пограничных формальностей.

Проанализирован опыт зарубежных стран в использовании инспекционно-досмотровых комплексов для контроля железнодорожных грузов, который будет иметь значительный экономический эффект для развития транзитных перевозок и создания позитивного имиджа Украины как транзитного государства.

This article covers the issues of improvement of technology of service piggyback trains at border transfer stations, which in the conditions of globalization of economic processes acquires special relevance.

Special attention is paid to the challenges of the system of customs and border security of the state, its ability to act in the conditions of the practical application of the latest technologies and solutions, which are aimed at simplifying and speeding up the implementation of the customs and border formalities.

We analyzed the experience of foreign countries in the use of inspection and examination complexes for the control of railway cargo, which will have a significant economic impact for the development of transit transportation and the creation of a positive image of Ukraine as a transit state.

УДК 656.223:656.212.5

*В.О. Кирильчук,
канд. техн. наук О.А. Малахова*

УДОСКОНАЛЕННЯ ОПЕРАТИВНОЇ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ВУЗЛА ШЛЯХОМ РАЦІОНАЛІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ВИВІЗНИХ ЛОКОМОТИВІВ

Представив д-р техн. наук, професор Є.С. Альошинський

Після різкого падіння обсягів роботи останніми роками спостерігається деяка стабілізація та навіть незначне зростання перевезень. Тому при оперативному плануванні роботи необхідно постійно звертати увагу на покращення використання транспортних засобів. Багато років ХХ століття наукові дослідження та впровадження передових прийомів праці на станціях були орієнтовані на підвищення переробної спроможності в умовах постійного зростання обсягів перевезень. В теперішній час здійснюється постановка нових завдань і зокрема задач організації роботи залізничних вузлів.

В умовах ринку актуальними стають питання планування експлуатаційної роботи з урахуванням підвищення прибутковості та рентабельності перевезень, скорочення витрат на перевезення вантажів, посилення економічної відповідальності і зацікавленості всіх структурних одиниць в поліпшенні фінансово-економічних результатів, орієнтації на якісне транспортне обслуговування клієнтів.

Стосовно до цих умов діюча система планування експлуатаційної роботи має ряд недоліків. Рух вантажних потягів між станціями залізничного вузла здійснюється, як правило, без дотримання графіка, а нерівномірність просування вагонопотоків породжує нестабільність поїздоутворення на технічних станціях, що в кінцевому рахунку уповільнює доставку вантажів і ускладнює прогноз терміну і дати прибуття вантажів у пункти призначення.

Теоретичні дослідження з питань раціоналізації поїздоутворення викладені у наукових працях таких вчених, як Д.Ю. Левін, В.Л. Павлов, А.В. Харитонов, А.С. Гершвальд. Їх дослідження були спрямовані на зменшення величини простою вагонів і локомотивів в очікуванні відправлення або розформування.

Зробили внесок в розвиток методів планування внесли О.П. Абрамов, О.О. Бакаєв, Т.В. Бутько, М.І. Данько, Н.Д. Іловайський, Б.І. Шафіркін.

Ринкові умови загострили необхідність розвитку системи планування експлуатаційної роботи і організації перевезень. У процесі планування з урахуванням ринкових відносин перевізників і клієнтів повинні знайти відображення основні положення стандарту організації вантажних перевезень [1]:

– підвищення якості послуг, задоволення інтересів клієнтів, як обов'язкова умова виробництва на всіх етапах розробки, створення і реалізації транспортної послуги;

– забезпечення посидання якості експлуатаційної роботи з якістю транспортного обслуговування;

– обслуговування перевізником як «великих», так і «дрібних» клієнтів. В сучасних умовах необхідний перехід до ідеології обслуговування будь-якого замовлення;

– надання клієнту прав вибору рівня якості обслуговування;

– в умовах конкуренції встановити по можливості «конкурсне» розподілення між перевізниками найбільш ефективних «ниток» графіка відповідно до ринкових принципів;

– освоєння всіх конкурентних секторів ринку послуг.

Основним завданням оперативного планування експлуатаційної роботи є освоєння обсягу роботи майбутньої доби (зміни) з урахуванням виконання технічних норм, графіка руху і плану формування поїздів, а також раціонального використання рухомого складу, пропускної спроможності залізничних ліній і станцій.

Метою оперативного планування роботи станції є забезпечення виконання заданих обсягів роботи, завдань з приймання і відправлення поїздів, регульовальних завдань, плану навантаження і вивантаження; виконання плану формування та графіка руху поїздів, плану розформування-формування поїздів і основних якісних вимірників роботи станції. Оперативне планування роботи станції проводиться на добу, зміну і за 4-6-годинними періодами протягом зміни. Добовий план роботи станції розробляється дирекцією залізниці і у вигляді оперативного наказу передається на станцію за три години до початку запланованої доби за такими показниками: загальна кількість поїздів, що підлягають прийманню станцією з кожного напрямку з підрозділенням на транзитні і розбірні; загальна кількість поїздів, які має бути відправлено зі станції на кожен напрямок із зазначенням кількості поїздів свого формування, в тому числі поїздів підвищеної ваги і довжини; завдання по відправленню порожніх вагонів в регулювання з вказівкою напрямку слідування і роду рухомого складу; розміри навантаження, вивантаження з виділенням найважливіших вантажів; завдання на розформування поїздів і вагонів; кількість порожніх вагонів, які повинні відібрати під

навантаження; інші завдання, виходячи з місцевих умов роботи станції.

Чимала роль у виконанні планових завдань належить раціональному плануванню роботи вивізних та маневрових локомотивів.

У зв'язку зі швидким старінням тягового рухомого складу та незначними поставками нових локомотивів в умовах існуючої тенденції до зростання обсягу перевезень виник гострий дефіцит в локомотивному парку. Це вимагає нетрадиційних заходів щодо поліпшення його використання, в т. ч. комплексного підходу до нормування локомотивного парку [2], що передбачає спільне (багатопрфільне) використання локомотивів різних видів руху і робіт.

Застосування комплексного підходу дозволяє зменшити непродуктивні міжопераційні простої локомотивів і веде до скорочення їх загальної потреби. Аналіз показав, що близько 60 % дільниць обороту вивізних та передавальних поїздів обслуговується тією ж серією локомотивів, що і транзитні вантажні поїзди, або взаємозамінними серіями: 100 % електровозів і 68 % тепловозів. Це свідчить про великі можливості організації комплексного підходу при нормуванні локомотивного парку, тому необхідна розробка моделі мінімізації потреби в локомотивах на основі їх багатопрфільного використання.

Досліджено два способи реалізації багатопрфільного використання локомотивів за рахунок:

– спільної ув'язки локомотивів різних видів руху й робіт;

– використання непродуктивних простоїв локомотивів одного виду руху для забезпечення вивезення поїздів іншого роду.

В цілому задача раціоналізації потреби в локомотивах вивізного і передавального руху при багатопрфільному використанні тягових засобів може бути сформульована наступним чином.

Задана потреба в локомотивах, необхідних для роздільного обслуговування вантажного $M_{ван}$, пасажирського $M_{пас}$ вивізного і передавального $M_{вив}$, господарського $M_{госп}$ руху і виконання маневрової роботи $M_{ман}$. Серед множини наборів величин парків локомотивів, які спільно використовуються для різних видів руху і робіт,

$$M_{ек} = \{M_1, M_2, \dots, M_i\}, \quad (1)$$

де M_i – норма експлуатованого парку локомотивів кожного депо. Тоді при заданих множинах

$$M_i = \{L_{ван_1}, L_{пас_1}, L_{вив_1}, L_{госп_1}, L_{ман_1}\} \quad (2)$$

і варіантах спільного використання локомотивів $K_{ван} = \{L_{ван_1}, L_{ван_2}, \dots, L_{ван_j}\}$ – варіантів спільного використання локомотивів вантажного і вивізного або передавального руху; $K_{пас} = \{L_{пас_1}, L_{пас_2}, \dots, L_{пас_j}\}$ – варіантів спільного використання локомотивів пасажирського та вивізного або передавального руху; $K_{госп} = \{L_{госп_1}, L_{госп_2}, \dots, L_{госп_j}\}$ – варіантів спільного використання локомотивів господарського та вивізного або передавального руху; $K_{ман} = \{L_{ман_1}, L_{ман_2}, \dots, L_{ман_j}\}$ – варіантів спільного використання локомотивів у вивізному або передавальному русі і на маневровій роботі, потрібно знайти набір параметрів, при яких їх сума прагне до максимуму, тобто

$$K = \sum K_{ij} \rightarrow \max K. \quad (3)$$

Оскільки складові формули (3) є елементами перетину двох видів руху і (або) робіт, завдання розв'язується шляхом знаходження елемента максимального

значення в кожному з чотирьох множин $K_{ван}$, $K_{пас}$, $K_{госп}$, $K_{ман}$, що веде до мінімізації загальної потреби в локомотивах. Спільне використання магістральних та вивізних або передавальних локомотивів у загальному графіку обороту (спільну ув'язку) можливо здійснити:

- при обслуговуванні транзитних вантажних, вивізних та передаточних поїздів локомотивами однієї або взаємозамінних серій;
- за рахунок використання локомотивів малої потужності, виділених для обслуговування вивізного і передавального руху, в транзитному вантажному русі за умови зниження вагової норми окремих транзитних поїздів;
- за рахунок використання магістральних локомотивів більш потужних серій у вільний від експлуатації час у вивізному і передавальному русі.

У перших двох випадках потреба в локомотивах, з одного боку, зменшується у зв'язку з використанням спільної ув'язки, а з іншого боку, збільшується через недовикористання потужності локомотивів і зростання кількості вантажних поїздів у зв'язку зі зниженням вагової норми. Доцільність спільної ув'язки локомотивів для першого і другого випадків встановлюється на основі техніко-економічного порівняння.

Покращення оперативного планування роботи станцій вузла можливо і за рахунок подальшого удосконалення транспортної інфраструктури. Так, в Одеському вузлі намічений план розвитку припортових станцій, залізничних підходів та напрямків до портів на довгострокову перспективу. До нього входять:

- по станції Ізмаїл-порт-Новий:
 - будівництва вагоноперекидача або підвищеної колії на території порту;
 - проведення днопоглиблювальних робіт в акваторії парку;
 - будівництва залізничної гілки на 85 км р. Дунай;

- будівництва комплексу з переробки хімічних продуктів;
 - по станції Ксенієво:
- будівництва додаткових п'яти місць вивантаження зернових вантажів;
 - будівництво семи ємностей для зберігання зерна;
 - ліквідація переїзду, будівництво автомобільного мосту;
 - будівництво колійнопереробного комплексу;
 - утворення наливних територій в акваторії Одеської затоки;
 - будівництво сучасної портової залізничної станції з приймально-відправним, сортувальним парками та мережею під'їзних колій на вантажних об'єктах утворених територій;
 - по станції Одеса-порт:
 - будівництво залізничного в'їзду в районі ВАТ"Одессільмаш" з примиканням до магістральних колій на ділянці між залізничними станціями Одеса-Сортувальна та Одеса-Пересип;
 - будівництво залізничного парку та під'їзних колій на наливних територіях, що примикатимуть до Карантинного молу;
 - по станції Іллічівськ:

передбачається проведення розмежування адміністративних функцій щодо забезпечення безпеки мореплавства та нагляду (контролю) за безпекою мореплавства та господарської (комерційної) діяльності. Вся господарська діяльність буде передана приватним компаніям-інвесторам на основі договорів

концесії. Всі питання розвитку внутрішньопортових, під'їзних та станційних колій будуть погоджуватись компаніями з Одеською залізницею;

- по станції Берегова:
 - будівництво універсальних та спеціалізованих перевантажувальних комплексів;
 - збільшення причального фронту до 7054 п/м, у тому числі власних причалів порту;
 - будівництво нових виробничих потужностей порту;
 - забезпечення технологічним обладнанням нових перевантажувальних комплексів;
 - реалізація інвестиційних проектів на землях, що прилягають до акваторії порту, за обов'язкової умови будівництва та подальшої експлуатації споруд, що знов збудовані портом.

Висновок. Задача удосконалення оперативної роботи у залізничному вузлі є комплексним завданням, що визначається сукупним впливом критеріїв, склад яких може змінюватися в залежності від поставлених вимог. Але будь – яке експлуатаційне рішення повинно бути спрямоване на зменшення витрат, пов'язаних з організацією руху та обслуговуванням клієнтури та покращенням показників роботи залізничних підрозділів і використання транспортних засобів.

Список літератури

1. Иловайский, Н.Д. Взаимосвязь экономических результатов работы ОАО «РЖД» с организацией перевозочного процесса [Текст] / Н.Д. Иловайский, Б.Б. Когут // Вестник ВНИИЖТ. – 2004. – № 3. – С. 3 – 7.
2. Куанышев, Б.М. Оценка многопрофильного использования локомотивов для тягового обслуживания вывозных и передаточных поездов [Текст] / Б.М. Куанышев, Н.Д. Берикбаев, Г.С. Башарова // Железнодорожный транспорт Казахстана. – 2005. – № 6. – С. 22 – 25.

Ключові слова: вивізні локомотиви, залізничний вузол, оперативне планування.

Анотації

У роботі розглянуті основні принципи планування експлуатаційної роботи при дотриманні умов підвищення прибутковості та рентабельності перевезень, скорочення витрат на перевезення вантажів, посилення економічної відповідальності і зацікавленості всіх структурних одиниць в поліпшенні фінансово-економічних результатів, орієнтації на якісне транспортне обслуговування клієнтів. Запропонований комплексний підхід до нормування локомотивного парку при багатопрофільному використанні локомотивів для різних видів руху та робіт. Проаналізовані основні напрямки розвитку залізничних вузлів на основі інфраструктурних перетворень у одеському вузлі.

В работе рассмотрены основные принципы планирования эксплуатационной работы при соблюдении условий повышения прибыльности и рентабельности перевозок, сокращение расходов на перевозку грузов, усиление экономической ответственности и заинтересованности всех структурных единиц в улучшении финансово-экономических результатов, ориентации на качественное транспортное обслуживание клиентов. Предложен комплексный подход к нормированию локомотивного парка при многопрофильном использовании локомотивов для различных видов движения и работ. Проанализированы основные направления развития железнодорожных узлов на основе инфраструктурных преобразований в одесском узле.

The basic principles of the operational planning work under the terms of increasing profitability and efficiency transportation, reducing the cost of transporting goods, increased economic responsibility and interest of all structural units in improving financial and economic results, focus on customer service quality transport. A combined approach to the valuation of the locomotive fleet of locomotives for multidisciplinary use for different types of motion and works. Analyzed the main directions of development of railway connections on the basis of infrastructure changes in the Odessa site.

УДК 656.212:656.225

*Кандидати техн. наук Д.І. Мкртчян,
О.М. Костенніков,
асп. І.В. Сударська,
С.В. Кобзар*

ОПЕРАТОРСЬКІ КОМПАНІЇ ЯК ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНІ УЧАСНИКИ РИНКУ РУХУ ТОВАРІВ

Представив д-р техн. наук, професор О.М. Озар

Вступ та аналіз попередніх досліджень. Процес руху товару включає значну кількість операцій матеріального і інформаційного характеру, що

виконуються як безпосередньо вантажовласником, так і залученими посередниками. При цьому роль посередників-професіоналів останнім

часом підвищується. У різних країнах становлення транспортних організацій відбувається по-різному, проте спостерігається загальна тенденція в появі транспортних компаній, що виконують схожі функції незалежно від країни, в якій вони працюють [1].

Протягом останніх років багато країн провели реструктуризацію залізничного транспорту з метою підвищення конкурентоспроможності транспортної системи країни в цілому. Реформування залізниць світу триває і залучає все більше країн. Незважаючи на схожість проблем залізниць і основної мети реформ в різних країнах було вибрано різні підходи. Але в усіх країнах прагнули забезпечити недискримінаційний доступ до транспортної інфраструктури для всіх перевізників. У країнах Європи процеси, пов'язані з реформуванням у сфері залізничного транспорту, здійснюються шляхом денаціоналізації залізничних як вантажних, так і пасажирських перевезень. Створюються транспортні компанії, що займають ринкові ніші в перевізній, операторській і експедиторській діяльності. Незважаючи на деякі відмінності окремих країн відносно роздержавлення залізничного транспорту, інтеграційні процеси в об'єднаній Європі призводять до створення транспортних компаній з аналогічними функціями, способами рішення і принципами управління [2].

Залізничні експедитори (Railforwarders) - компанії, що спеціалізуються на відправленні вантажів по залізниці за завданням вантажовідправників. Вони організовують повне відвантаження по залізниці, але не забезпечують обслуговування на залізниці одержання, а укладають транспортні контракти із залізничними перевізниками. У зв'язку з тим, що значна частка вантажів слідує в інші країни, експедитори здійснюють усі операції, пов'язані з оформленням вантажів, що перевозяться в міжнародному сполученні [3].

Виклад основного матеріалу.

Управління транспортним потоком (перевізним процесом) є основним видом виробничої діяльності транспортних підприємств і займає серед численних конкретних (спеціальних) функцій управління на усіх видах транспорту центральне місце. Перевезення не є щось однорідне і безструктурне, воно складається з сукупності елементів і операцій, що тісно пов'язані один з одним і протікають в часі і просторі.

В процесі транспортування відбувається накопичення вантажів, об'єднання їх в укрупнені партії, переміщення по шляхах сполучення, розукрупнення відправок та ін. аж до видачі вантажу одержувачам. Усе це обумовлює необхідність безперервного управління транспортними потоками, що включає планування перевезень, їх раціоналізацію, а також ряд інших управлінських робіт. Управління перевізним процесом стосується усіх елементів перевезення: приймання вантажів до перевезення і видачі; подачі порожнього рухомого складу під вантаження, а завантаженого – під вивантаження; об'єднання пред'явлених до перевезення вантажів в укрупнені партії; їх просторового переміщення з технологічним обслуговуванням на залізниці одержання. Найбільшою складністю відрізняється технологічний процес на залізничному транспорті, найменшою – на трубопроводному.

За видами експлуатаційно-технічної діяльності розрізняють два види операцій: перевізні і початково-кінцеві. Найбільш активною частиною засобів виробництва на транспорті є рухомий склад і значна частка витрат на перевезення пов'язана з використанням раніше усього рухомого складу. Від нього залежать і такі показники, як пропускна і провізна спроможності шляхів сполучення. За допомогою рухомого складу забезпечується

Організація перевезень і управління на транспорті

можливість управляти інтенсивністю перевезень в часі і просторі.

При аналізі перевізного процесу і оціненні його ефективності транспортні потоки розглядаються як в кількісному відношенні (обсяги перевезень, коефіцієнт нерівномірності), так і з якісного боку. Реальні потоки пасажирів і вантажів характеризуються не лише величиною, але і структурою, а також формами організації, що чинять безпосередній вплив на зміст управлінських рішень.

Разом з величиною і структурою потоків їх істотною характеристикою, що впливає на управління перевезеннями, виступають форми організації потоку, що дозволяють пропускати і обробляти його найбільш ефективним способом. На залізницях основними формами організації потоку є спеціалізація (пасажирські або вантажні), план формування і графік руху потягів. На інших видах транспорту організація потоків проявляється в аналогічних формах, хоча і має свої особливості.

Для оперативного керівництва рухом на усіх видах транспорту є спеціальний диспетчерський апарат. Диспетчеризація є

особливою галуззю науки управління, яку можна назвати оперативним регулюванням, безпосередньою організаторською роботою для досягнення поставлених цілей. Диспетчеризація руху є істотною принциповою особливістю транспорту. Завдяки безперервному контролю за переміщенням потягів, літаків, судів, автобусів вдається підтримувати встановлений режим руху, а при необхідності вносити корективи.

Централізація управління є і обов'язковим елементом оптимізації просування матеріального потоку. Відмінність полягає в тому, що управління транспортним потоком є корпоративною діяльністю, а управління матеріальним потоком – процес, здійснюваний транспортними операторами, у тому числі незалежними логістичними центрами на підставі корпоративних систем управління перевізників, а також систем управління пунктів перевалки вантажу. Детальніше питання функціонування логістичних центрів розглянуті в роботі.

Відмінності між диспетчерськими і логістичними центрами подано в таблиці.

Таблиця

Відмінності між диспетчерськими і логістичними центрами

Ознаки	Диспетчерські центри	Логістичні центри
Об'єкт управління	транспортний потік	матеріальний потік
Статус центру	корпоративний	незалежна організація
Мета управління	управління рухом транспортних засобів	організація і контроль просування вантажу по усьому маршруту прямування
Показники функціонування	кількісні і якісні для цього виду транспорту	критерії, що ставляться вантажовласником

Оператор перевезення, інтегруючи транспортну складову в логістичну систему, безпосередньо не впливає на процес управління транспортним потоком, направляючи свої зусилля на координації дій різних ланок (елементів) системи для забезпечення її якісного функціонування.

Значення транспортної логістики полягає в організації переміщення матеріального потоку транспортом загального користування виходячи з пріоритетних критеріїв економічних суб'єктів ринку (вантажовласників). У зв'язку з цим ініціатором логістичного

процесу, а значить, і вибору того або іншого виду транспорту, є саме вантажовласник (як правило, вантажовідправник), що знаходиться на початку логістичного ланцюга (ланцюги постачань) (рисунок).

Таким чином, вантажовласник розуміє під транспортною логістикою в першу чергу можливість вибору того виду транспорту, який задовольняє його з точки зору реалізації критеріїв переваги. Тому

головне завдання перевізника у рамках транспортної логістики – це формування конкурентоспроможних транспортних складових логістичних систем економічних суб'єктів ринку (вантажовласників), що дозволяють задовольняти їх потреби не лише з точки зору можливості переміщення продукції, але і при обов'язковому виконанні вимог, що ставляться до якості перевезення [4].

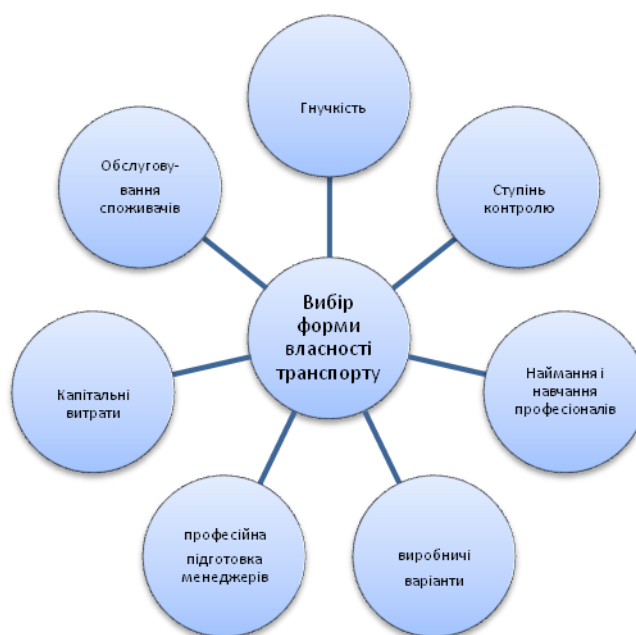


Рис. Основні чинники, що впливають на вибір форми власності транспорту

Сфера діяльності транспортно-експедиторських компаній полягає в наданні комплексу додаткових послуг клієнтам, пов'язаним з організацією перевезення і контролем просування вантажів. Вони не мають власного або орендованого рухомого складу, тому їх діяльність обмежується тільки пунктами вантаження, перевантаження і вивантаження вантажів. Залежно від обсягу послуг, що надаються, транспортно-експедиторське обслуговування може бути частковим або повним, а залежно від місця надання послуги можуть надаватися як на вищеназаних станціях, так і в комплексі на

усьому шляху одержання вантажу. Як правило, такі компанії мають значну кількість клієнтів, до числа яких входять як постійні вантажовласники, так і вантажовідправники, що здійснюють разові перевезення. Напряму розвитку таких фірм - створення мультимодальних транспортно-експедиторських компаній, розташованих у великих транспортних центрах і клієнтів, що забезпечують обслуговування, які перевозять вантажі будь-яким видом транспорту або в змішаному сполученні.

Висновок та перспективи подальших досліджень. Оператори залізничного рухомого складу є власниками власного або

орендованого рухомого складу і працюють на основі договорів з перевізниками в основному з постійними клієнтами, що відправляють значну кількість однорідної продукції. Привабливість таких компаній полягає в індивідуальній роботі з кожним вантажовласником, що дозволяє якнайповніше задовольнити потреби клієнта. Окрім власне перевезення, такі компанії забезпечують здійснення того комплексу транспортно-експедиторських послуг, який потрібний замовникові. В результаті гнучкої цінової політики відносно провізної плати і вартості транспортно-експедиторських послуг такі компанії є серйозними і реальними конкурентами Укрзалізниці.

Відповідно до європейських директив на доступ до використання інфраструктури має право будь-який перевізник. Відкритий доступ до інфраструктури залізниць забезпечить можливість діяльності нових

підприємств, які пропонуватимуть нові і більш якісні послуги. Конкуренція сприятиме поліпшенню діяльності обслуговуючих підприємств. Відкритий доступ дозволить транспортним підприємствам упроваджувати нові послуги, зокрема щодо закордонних перевезень, і знайти нові ринки [4]. Тому для України пріоритетом повинно стати не тільки придбання необхідної кількості одиниць рухомого складу переважно нового покоління, що відповідає європейським технічним нормам щодо залізничного транспорту, а й надання можливості приватним компаніям вийти на ринок перевезень (надати необхідні ліцензії, доступ до залізничних колій та мереж тощо). Умови оплати за використання інфраструктури мають бути однаковими для всіх перевізників, включаючи й Укрзалізницю.

Список літератури

1. Иващук, В. Конкурентный сервис на железнодорожном транспорте Украины [Текст] / В. Иващук // Альманах международного экспедитора. – 2007. – № 1. – С. 187-191.
2. Сирийчик, Т. Транспортна політика України та її наближення до норм Європейського Союзу [Текст] / Т. Сирийчик, А. Фургальські, Ч. Клімкевич [та ін.]; під заг. ред. Марчіна Свенціцькі. – К.: Аналітично-дорадчий центр Блакитної стрічки, 2010. – 102 с.
3. Сханова, С.Е. Транспортно-экспедиционное обслуживание [Текст]: учеб.-метод. пособие / С.Е. Сханова, О.В. Попова, А.Е. Горева. – Москва, Рос-Консульт, 2005. – 432 с.
4. Транспортно-логістичні учасники ринку руху товару [Електронний ресурс] / Логістика для всіх. – Режим доступу: [www.URL: http://fsoler.com/transportne-ta-skladske-zabezpechennya-logstiki/151-transportno-logstichn-uchasniki-rinku-ruxu-tovaru.html](http://fsoler.com/transportne-ta-skladske-zabezpechennya-logstiki/151-transportno-logstichn-uchasniki-rinku-ruxu-tovaru.html) – 10.02.2013 р. – Заг. з екрану.

Ключові слова: диспетчерські центри, транспортний потік, логістичні центри, матеріальний потік, транспортно-експедиторські компанії.

Анотації

Відповідно до європейських директив на доступ до використання інфраструктури має право будь-який перевізник. Відкритий доступ до інфраструктури залізниць забезпечить можливість діяльності нових підприємств, які пропонуватимуть нові і більш якісні послуги. Встановлено, що в результаті гнучкої цінової політики відносно провізної плати і вартості транспортно-експедиторських послуг операторські компанії є серйозними і реальними конкурентами Укрзалізниці.

В соответствии с европейскими директивами доступ к использованию инфраструктуры вправе иметь любой перевозчик. Открытый доступ к инфраструктуре железных дорог обеспечит возможность деятельности новых предприятий, которые будут предлагать новые и более качественные услуги. Установлено, что в результате гибкой ценовой политики в отношении провозной платы и стоимости транспортно-экспедиторских услуг операторские компании являются серьезными и реальными конкурентами Укрзалізничці.

In line with European directives, access to and use of infrastructure may be of any carrier. Open access to the railway infrastructure will enable the operation of new businesses that will offer new and better services. Found that as a result of a flexible pricing policy and cost of the freight forwarding services operating companies are serious and real competitors Ukrzaliznytsya.

УДК 656.072.001.57

*Канд. техн. наук А.В. Прохорченко,
М.В. Кулакова,
С.В. Юсіфов*

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ НА ОСНОВІ НЕЙРО-НЕЧІТКОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Представила д-р техн. наук, професор Т.В. Бутько

Вступ і актуальність теми. В сучасних економічних умовах пасажирському господарству необхідно вирішувати складні проблеми адаптації до роботи в умовах розвитку та удосконалення ринку транспортних послуг, знаходити більш ефективні технології організації процесу перевезення та методи їх реалізації. Згідно з Державною цільовою програмою реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки [1], одним із основних напрямків удосконалення організації пасажирських перевезень є впровадження гнучких технологій поїздоутворення, що забезпечить вирішення проблеми ресурсозбереження.

Аналіз останніх досліджень. Як показує практика, технологія організації пасажиропотоків та поїздоутворення з урахуванням схем та композицій составів має багато серйозних недоліків, головним з яких є недостатня адаптація до умов

транспортного ринку [2]. У зв'язку з цим сьогодні виникає необхідність створення гнучкої технології поїздоутворення на базі системи прогнозування пасажиропотоків, яка дозволить на розрахунковий період оперативно корегувати схеми та композицію составів відповідно до прогнозованої потреби ще на першій стадії розробки плану формування поїздів.

При аналізі поведінки ринку транспортних послуг [2,3] можливо стверджувати, що більш визначеною характеристикою процесів формування пасажиропотоку є природна сезонна нерівномірність та нерівномірність за днями тижня. Окремо слід виділити вплив святкового попиту, який призводить до ефекту збурення системи, що потребує перевірки її на стійкість функціонування. Зміна переваг та бажань пасажирів при виборі варіанта поїздки достатньо зумовлена виникненням випадкових та

свідомих дій та факторів, які відповідно до умов виникнення ситуацій є складними і нечітко визначеними. Отже, все це дозволяє вважати, що невизначеність ситуації впливає на стійкість тенденції до зміни попиту на перевезення. Наслідком порушення закономірності формування пасажиропотоків буде невідповідність запланованої потреби у вагонах до реальної, що призводить до збільшення витрат на здійснення пасажирських перевезень.

Постановка задачі. З метою прогнозування в умовах невизначеності доцільним є використання короткострокового прогнозування параметрів пасажиропотоків. Як було зазначено вище, специфіка прогнозованих параметрів транспортного ринку полягає в їхній швидкій мінливості, тому більш ефективним є використання адаптивних методів, що враховують інформаційну нерівнозначність даних.

Розв'язання задачі. Для вирішення проблеми прогнозування пасажиропотоків у роботі запропоновано використати метод прогнозування на основі нейро-нечіткої мережі типу NEFPROX (англ. – Neuro-Fuzzy function approximator) [4]. Перевагою

такого методу є можливість врахування природно властивої невизначеності даних, що засновані на понятті нечіткості, та можливість в короткі інтервали часу адаптуватися до змінних умов поточного періоду планування.

Система NEFPROX для оперативного прогнозування пасажиропотоків являє собою спеціальний тришаровий нечіткий перцептрон, в якому вхідні нейрони, позначені як x_i , де $i = \overline{1, \dots, M}$, умовно відповідають дням тижня, що передують горизонту прогнозування та моделюють кількість перевезених пасажирів U_i , де $i = \overline{1, \dots, n}$. Нейрони схованого шару R_1, \dots, R_k відповідають за моделювання окремих змінних x_i та визначають результуючі значення w_i , що дозволяють описати складні залежності формування пасажиропотоків у вигляді нечітких правил типу ЯКЩО-ТО. Вихідний шар складається з двох штучних нейронів, де нейрон y_1 моделює лаг прогнозування $t + 1$, відповідно y_2 моделює лаг прогнозування $t + 2$. На рис. 1 подана архітектура мережі NEFPROX.

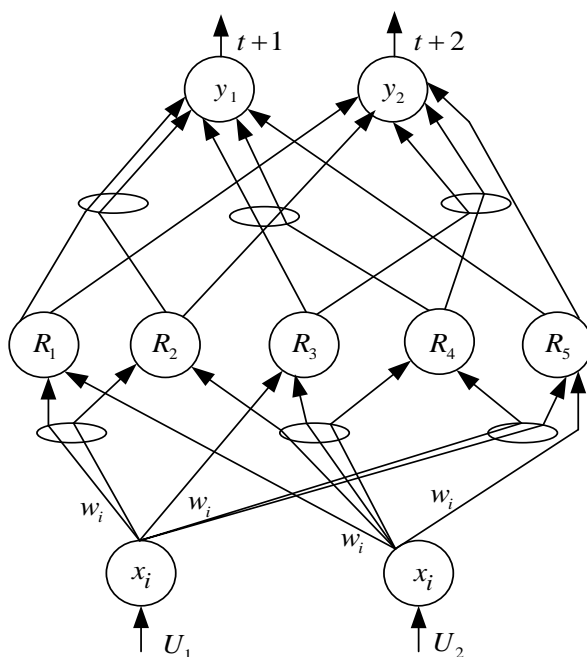


Рис. 1. Архітектура мережі NEFPROX для оперативного прогнозування пасажиропотоків

Попередні значення часового ряду U_i , що відповідають кількості перевезених пасажирів, у моделі прогнозування подано у вигляді нечіткої множини U_i , з

$$\mu: R \rightarrow [0,1], \mu(x) = \begin{cases} (x-a)/(b-a), & \text{якщо } x \in [a,b]; \\ (c-x)/(c-b), & \text{якщо } x \in [b,c]; \\ 0, & \text{інакше.} \end{cases} \quad (1)$$

Використаний тип функцій належності дозволяє описати невизначеність даних щодо кількості перевезених пасажирів, де відхилення загального обсягу пасажиропотоків є однаковим при їх збільшенні або зменшенні, тобто симетричним. Таким чином, згідно з вищенаведеним та фундаментальними результатами доведеної теореми про універсальність нечітких систем щодо апроксимації функцій [4], вибір саме такого типу функцій належності є обґрунтованим та відповідає процесу, що описується.

Ініціалізована початкова нейро-нечітка мережа, на основі даних з АСК ПП УЗ, є початковим рішенням для проведення навчання моделі прогнозування та формування нечітких правил, що описують складні залежності формування пасажиропотоків.

Для навчання нейро-нечіткої моделі прогнозування пасажиропотоків використовується спеціальний алгоритм [4], який дозволяє знайти оптимальну кількість правил, необхідних для подальшого прогнозування пасажиропотоків у реальному режимі часу функціонування АСК ПП УЗ. Алгоритм навчання з учителем для нечітких множин системи NEFPROX реалізується циклічно шляхом навчання на основі навчальної вибірки $L = \{(s_1, t_1), (s_2, t_2), \dots, (s_r, t_r)\}$, що складається з r зразків, кожний з яких

відповідними функціями належності трикутного типу $\mu(x)$, які описуються трьома параметрами: a, b, c .

складається з вхідного зразка $s \in E^{(n)}$, зразка $t \in E^{(n)}$ (мета навчання) та множини обмежень Φ , що накладаються на нечіткі множини: нечітка множина не повинна перетинатися зі своїм сусідом, як праворуч, так і ліворуч під час навчання; асиметричне навчання.

В роботі запропоновано використати даний процес формування моделі для короткострокового виду прогнозу з наступною перевіркою отриманої моделі на точність і адекватність. Адекватність моделі оцінюється шляхом дослідження властивостей залишкового компонента, що являє собою розбіжність між фактичними і прогнозними значеннями, на незалежність рівнів ряду залишків, їхню випадковість і відповідність нормальному закону розподілу за критерієм узгодженості – χ^2 (“хі квадрат”) К. Пірсона.

Як об’єкт прогнозування запропоновано використовувати часовий ряд, що описує динаміку кількості перевезених пасажирів відповідно до кроку прогнозування. Згідно з технічним виконанням короткострокового прогнозу була прийнята структура математичної моделі, що має чотири входи x_i , $i = \overline{1,4}$ на які подаються попередні значення часового ряду в момент часу t , $t-1$, $t-5$, $t-6$ відповідно, та два виходи y_1, y_2 , які подають задачу визначення значення ряду в момент $t+1$ та $t+2$. На основі

запропонованих нейро-нечітких мереж прогнозування, що навчені на вибірці даних окремого типу дня тижня та сезону року, формується комплексна модель прогнозування добового пасажиропотоку з перспективою на п'ять діб.

З метою дослідження роботи моделі прогнозування на короткострокову перспективу за допомогою динаміки

розподілу кількості перевезених пасажирів за днями тижня, отриманої за даними відомостей населеності пасажирських поїздів на напрямку Харків – Феодосія за червень 2011 року, був проведений короткостроковий прогноз пасажиропотоку на 22.06 – 26.06.2011 р., який наведено на рис. 2.

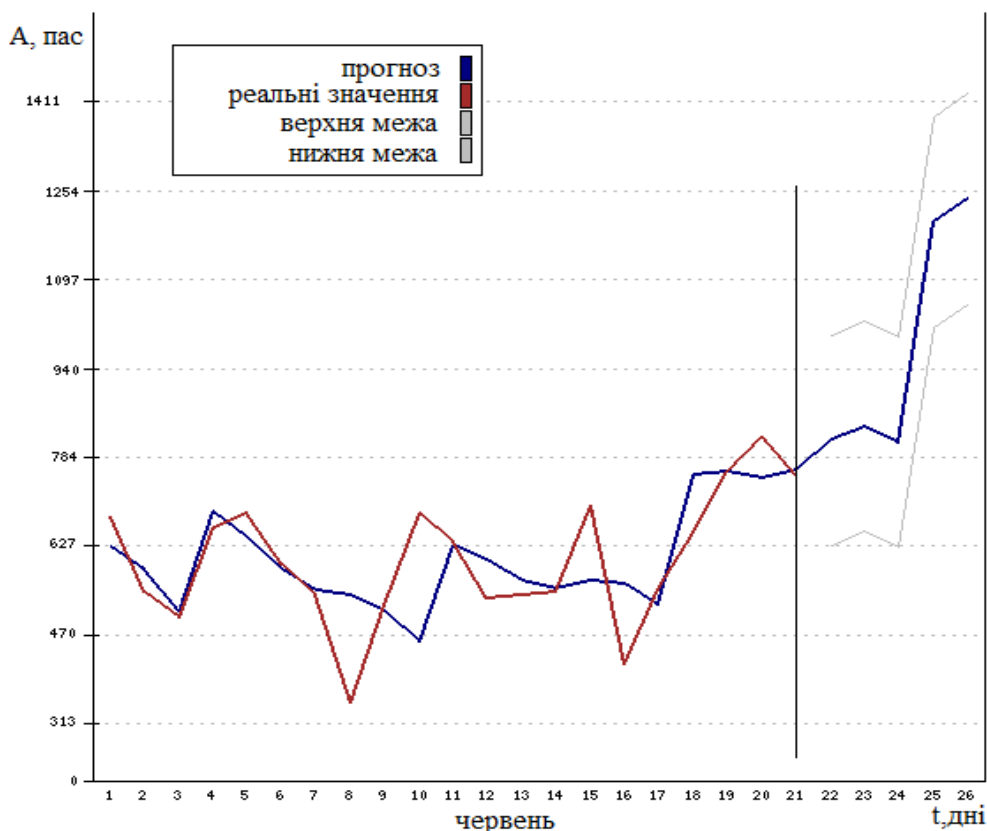


Рис. 2. Прогноз пасажиропотоку на напрямку Харків–Феодосія на період 22.06 – 26.06.2011 року

Висновки та перспективи подальших досліджень. У перспективі на підставі застосування запропонованої моделі прогнозування пасажиропотоку на короткостроковий період можна створити систему підтримки прийняття рішень оперативних працівників пасажирських служб (Л) в межах функціонування АСК ПП УЗ. У результаті це дозволить на тактичному рівні управління пасажирськими перевезеннями виконувати

регулювання композицій пасажирських составів відповідно до потреб на перевезення та оперативно отримувати варіанти відповідних рішень, що забезпечить пасажирському комплексу можливість до адаптації в ринкових умовах і дозволить значно скоротити витрати на здійснення пасажирських перевезень, знизити собівартість останніх та підвищити їх ефективність та конкурентоспроможність.

Список літератури

1. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. №1390 (в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2011 р. №1106) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.uz.gov.ua>.
2. Бутько, Т.В. Прогнозування пасажиропотоків в умовах впровадження денних швидкісних поїздів [Текст] / Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко, Г.О. Голікова // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – Вип. 59. – С. 72-77.
3. Лукашин, Ю.Л. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования [Текст] / Ю.Л. Лукашин. – М.: Статистика, 1979. – 255 с.
4. Nauck D. Designing neuro-fuzzy systems through backpropagation / Detlef Nauck, Rudolf Kruse. // In Witold Pedrycz, editor, Fuzzy Modelling: Paradigms and Practice, Kluwer, Boston, 1996. – P. 203-228.

Ключові слова: прогнозування пасажиропотоків, математична модель, часові ряди, нейро-нечітка мережа.

Анотації

Робота присвячена розв'язанню актуальної задачі удосконалення системи прогнозування пасажиропотоків в умовах планування пасажирських перевезень. Запропоновано комплексну модель прогнозування добового пасажиропотоку з перспективою на п'ять діб на основі нейро-нечітких мереж типу NEFPROX.

Робота посвящена решению актуальной задачи совершенствования системы прогнозирования пассажиропотоков в условиях планирования пассажирских перевозок. Предложена комплексная модель прогнозирования суточного пассажиропотока с перспективой на пять суток на основе нейро-нечетких сетей типа NEFPROX.

The work is dedicated to solving the actual problem improving forecasting passenger traffic in terms of passenger traffic planning. A comprehensive model of forecasting daily passenger traffic with the prospect of five days based on neuro-fuzzy networks such NEFPROX.

УДК 656.212.5

*Канд. техн. наук О.В. Розсоха,
канд. техн. наук М.Ю. Куценко,
Р.С. Лакурін, А.М. Тумачек*

ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ СТРУКТУР ПІРКОВИХ ГОРЛОВИН ДВОСТОРОННЬОЇ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

Представив д-р техн. наук, професор Є.С. Альошинський

Вступ. Підвищення ефективності функціонування засобів транспорту за рахунок зменшення паливно-енергетичних

та інших видів ресурсів при забезпеченні необхідного рівня надійності є однією із актуальних задач залізничного транспорту

України, про що відображено в основних положеннях Транспортної стратегії України на період до 2020 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 20.10.2010 р. №2174-Р). Ефективність функціонування залізниць України значно залежить від функціонування сортувальних станцій, на переробну спроможність яких вагомо впливає конструкція сортувальних гірок (СГ). У [1, 2] авторами виявлено ряд певних недоліків та визначено підходи з удосконалення конструктивних параметрів СГ в умовах експлуатації залізниць України.

Постановка проблеми. Враховуючи зазначене, актуальними є дослідження, спрямовані на підвищення ресурсозбереження СГ та підвищення надійності їх функціонування. Одним із напрямків зазначених досліджень є оцінка надійності сортувальних пристроїв.

Аналіз досліджень і публікацій. Значний внесок у побудову теорії проектування сортувальних пристроїв зробили такі вчені, як: Л.В. Абуладзе, Є.В. Архангельський, К.С. Ахвердієв, С.А. Бессоненко, В.І. Бобровський, В.Я. Болотний, Т.В. Бутько, Б.Н. Вульфсон, М.І. Данько, А.М. Карпов, М.Г. Дашков, О.М. Долаберідзе, Ю.І. Єфіменко, І.В. Жуковицький, В.К. Івашкевич, Д.М. Козаченко, Б.О. Кривошей, М.Н. Луговцов, О.М. Огар, Є.В. Нагорний, В.Я. Негрей, В.М. Образцов, В.Є. Павлов, О.С. Писанко, М.М. Уздін, М.В. Правдін, М.О. Рогінський, І.Є. Савченко, І.І. Страковський та ін.

Наукові підходи стосовно розрахунку параметрів гіркових горловин через інтенсивне зростання обсягів сортувальної роботи в основному були спрямовані на підвищення рівня переробної спроможності сортувального пристрою. Проектування СГ з урахуванням ресурсозберігаючого підходу майже не розглядалось [3].

Формулювання мети (постановка завдання). Метою даних досліджень є

підвищення ефективності сортувального процесу при удосконаленні конструкцій гіркових горловин. Для вибору найбільш ефективної структури горловини авторами запропоновано метод комплексної оцінки з урахуванням витрат на спорудження СГ та показників надійності її функціонування [4-6], визначенню яких присвячені дослідження в даній роботі. Для досягнення мети необхідно, як приклад, виконати оцінку показників надійності СГ двосторонньої сортувальної станції Ясинувата.

Оцінка показників надійності структур гіркових горловин. При визначенні властивостей надійності конструкцій гірок кожної із сортувальних систем зазначеної станції враховано тип, число та структуру розташування вагонних уповільнювачів при скочуванні вагонів від вершини гірки до розрахункової точки [7, 8].

Для визначення показників надійності СГ використано схему з'єднання вагонних уповільнювачів у загальному вигляді (рис. 1), яку можна застосувати для будь-якої СГГ.

Гіркові горловини, що беруться до розгляду, зображено на рис. 2, 3.

Розпуск состава виконується на всі колії сортувального парку. Розрахунок показників надійності СГГ виконано як для відновлюваної системи. Система з прямим пріоритетом обслуговування, тобто при відмові однієї із підсистем ремонтна бригада негайно приступає до її відновлення. Оскільки на мережі залізниць України на кожній СГ працює одна бригада робітників господарства сигналізації та зв'язку, що обслуговують вагонні уповільнювачі, то відновлення для системи є обмеженим.

Остаточні формули для визначення інтенсивностей відмов λ та відновлення μ підсистем, імовірностей безвідмовної роботи та відновлення СГГ виведено та наведено у [7, 8].

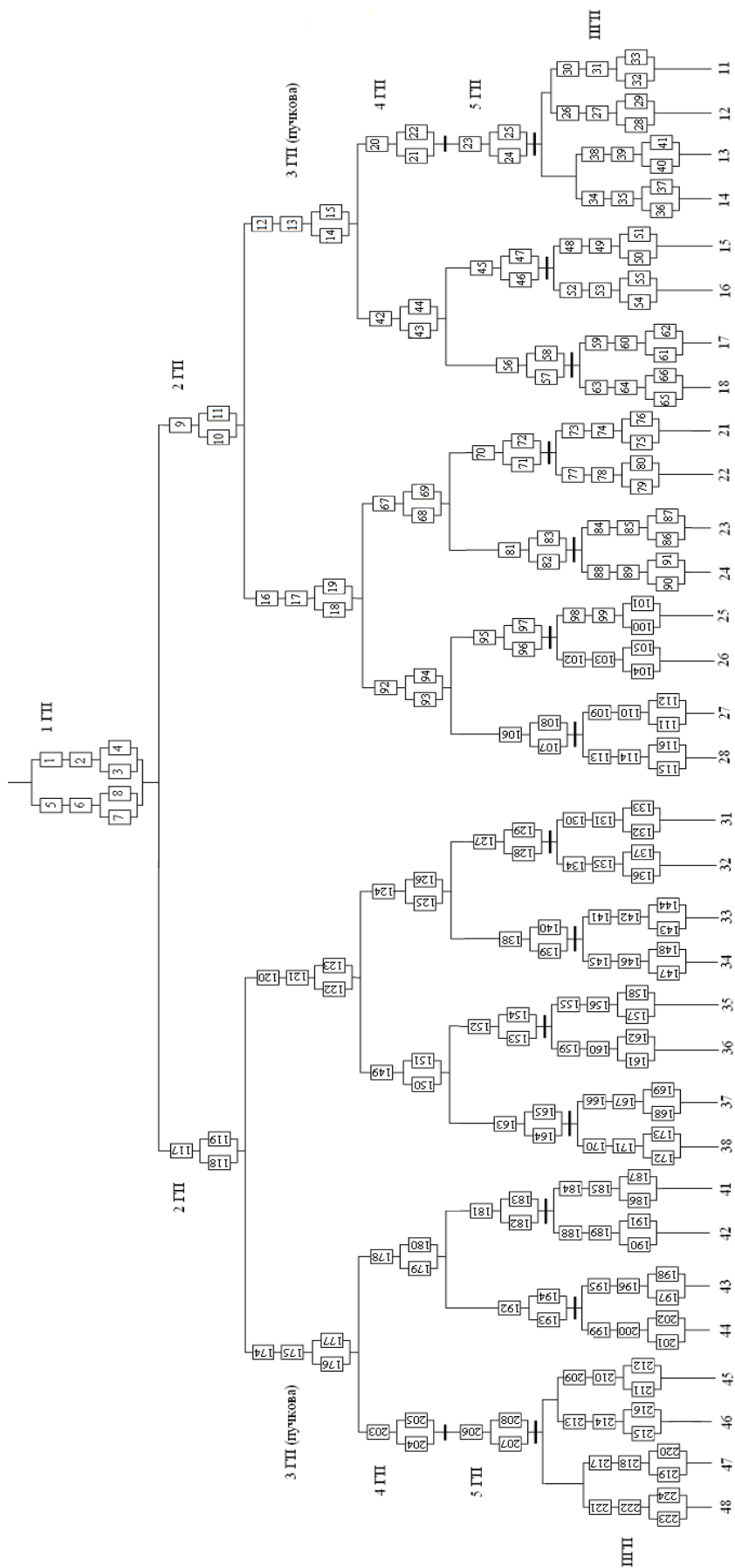


Рис. 1. Загальна схема з'єднання вагонних уповільнювачів для оцінки показників надійності СГГ

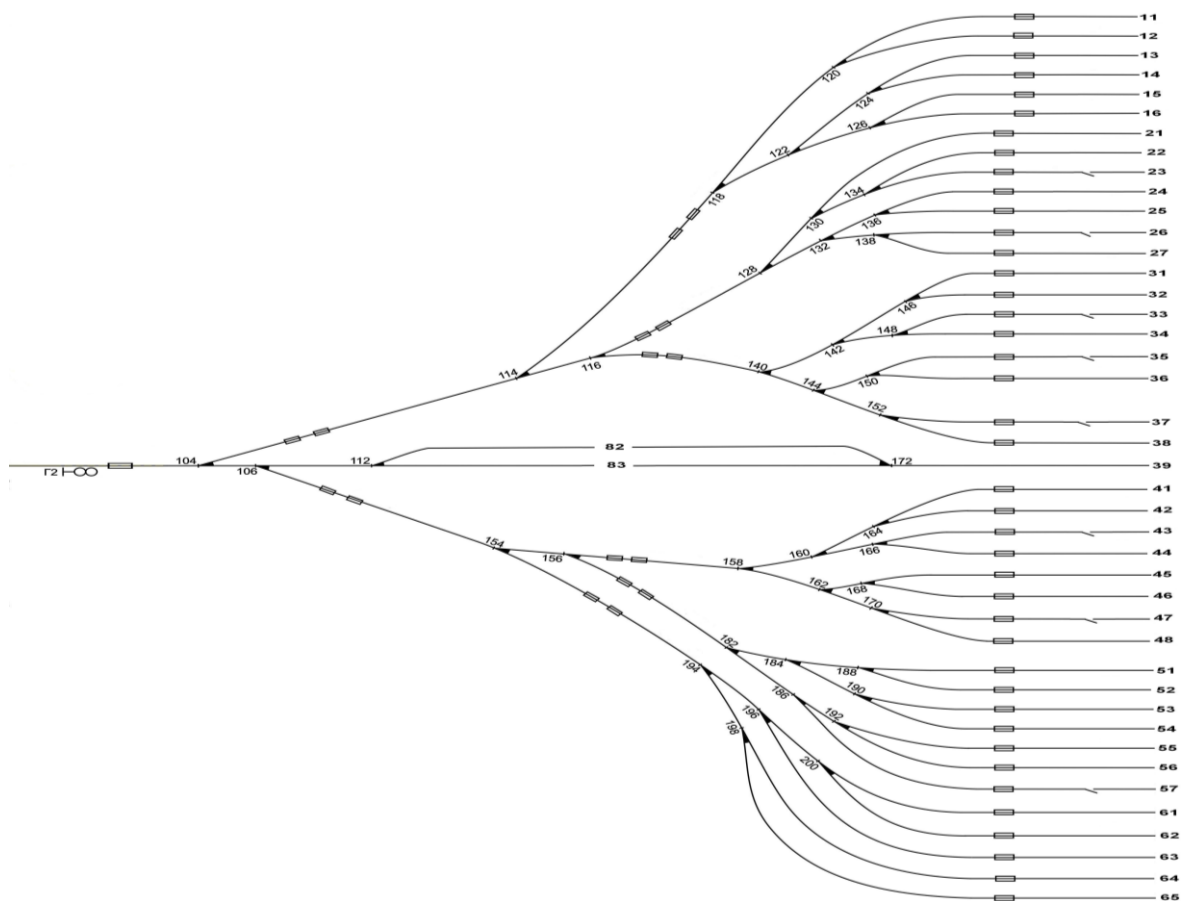


Рис. 2. Схема гіркової горловини Східної сортувальної системи

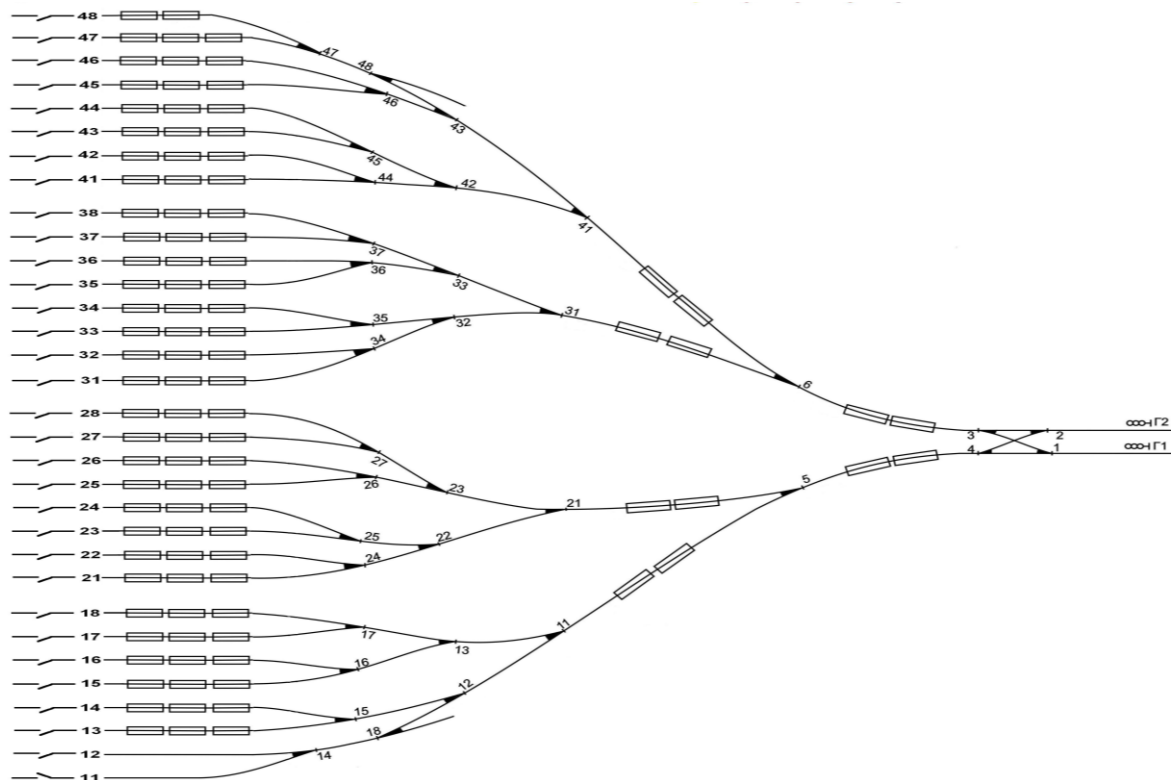


Рис. 3. Схема гіркової горловини Західної сортувальної системи

При розрахунках враховується число вагонних уповільнювачів на гальмових позиціях спускної частини СГ та паркової гальмової позиції, при чому слід правильно визначити місце уповільнювачів на рис.1 з урахуванням резервування.

При розрахунках виділено ряд підсистем, схему з'єднання яких наведено на рис. 4. Вони складаються з певного числа вагонних уповільнювачів. Підсистеми 1 та 3 з'єднані за схемою навантаженого резерву, послідовно до яких з'єднана підсистема 2.

Виділено основні стани системи, в яких вона може перебувати: 0 – підсистеми 1-3 працездатні; 1 – підсистема 1 або 3 непрацездатна; 2 – підсистема 2 непрацездатна; 3 – підсистеми 1 та 3 непрацездатні; 4 – підсистема 2 непрацездатна після відмови підсистем 1 та 3.

При розрахунку показників надійності СГГ використано метод диференціальних рівнянь, який враховує, що тривалість між відмовами підкоряється експоненційному розподілу.

Граф станів системи подано на рис. 5.

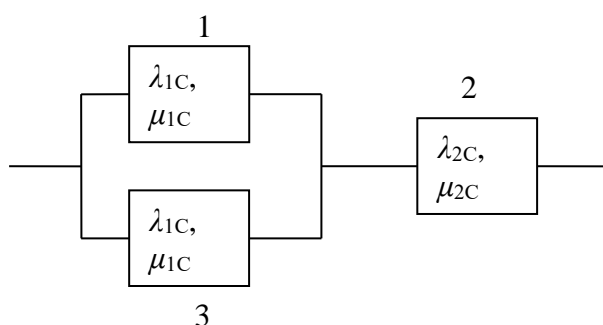


Рис. 4. Логічна схема для визначення показників надійності СГГ

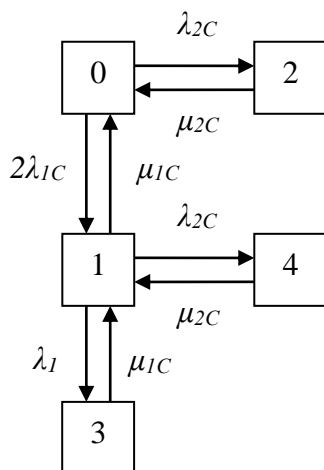


Рис. 5. Граф станів системи

Для оцінки показників надійності СГГ складено та розв'язано систему диференціальних рівнянь для імовірностей станів системи, працездатними з яких є 0 та 1, непрацездатними – 2, 3 та 4. Імовірність безвідмовної роботи СГГ буде складати

суму імовірностей станів 0 та 1:
 $P(t) = P_0(t) + P_1(t)$.

Система диференціальних рівнянь, що відповідає працездатним станам системи, представляє математичну модель функціонування системи

$$\begin{cases} \frac{dP_0(t)}{dt} = -(2\lambda_{1C} + \lambda_{2C})P_0(t) + \mu_{1C}P_1(t); \\ \frac{dP_1(t)}{dt} = 2\lambda_{1C}P_0(t) - (\lambda_{1C} + \lambda_{2C} + \mu_{1C})P_1(t). \end{cases}$$

Імовірність безвідмовної роботи СГГ знаходиться за формулами:

$$P(t) = \frac{(S_1 + A)}{(S_1 - S_2)} \cdot e^{S_1 t} + \frac{(S_2 + A)}{(S_2 - S_1)} \cdot e^{S_2 t},$$

де $A = 3\lambda_{1C} + \lambda_{2C} + \mu_{1C}$; $B = 3\lambda_{1C} + 2\lambda_{2C} + \mu_{1C}$; $C = (2\lambda_{1C} + \lambda_{2C}) \cdot (\lambda_{1C} + \lambda_{2C}) + \lambda_{2C}\mu_{1C}$;
 $s_{1,2} = 0,5 \left(-B \pm \sqrt{B^2 - 4C} \right)$

Похідна по часу імовірності безвідмовної роботи СГГ визначається

$$P'(t) = \frac{(A + S_1)}{(S_1 - S_2)} \cdot S_1 \cdot e^{S_1 t} + \frac{(A + S_2)}{(S_2 - S_1)} \cdot S_2 \cdot e^{S_2 t}.$$

Використовуючи граф станів системи, середня тривалість відновлення СГГ знаходиться за формулою

$$T_B = \frac{2\lambda_{1C}^2\mu_{2C} + \mu_{1C}(2\lambda_{1C}\lambda_{2C} + \lambda_{2C}\mu_{1C})}{\mu_{1C}\mu_{2C}(2\lambda_{1C}^2 + 2\lambda_{1C}\lambda_{2C} + \lambda_{2C}\mu_{1C})}.$$

Імовірність відновлення СГГ знаходиться за формулами

$$P_B = e^{F \cdot T_B};$$

$$F = \frac{\frac{(S_1 + A)}{(S_1 - S_2)} \cdot S_1 \cdot e^{S_1 t} + \frac{(S_2 + A)}{(S_2 - S_1)} \cdot S_2 \cdot e^{S_2 t}}{\frac{(S_1 + A)}{(S_1 - S_2)} \cdot e^{S_1 t} + \frac{(S_2 + A)}{(S_2 - S_1)} \cdot e^{S_2 t}}.$$

При проведенні оцінки показників надійності СГГ використано пакет прикладних програм MATLAB. Закони розподілу випадкової величини (імовірність

безвідмовної роботи СГГ) для гіркових горловин сортувальних систем такі:

1) для західної системи

$$P(t) = 1.0000000238 \cdot \exp(-0.8802576659 \cdot e^{-4 \cdot t}) - 0.2389047306 \cdot e^{-7 \cdot t} \cdot \exp(-1.5390525522 \cdot t);$$

2) для східної системи
 $P(t) = 1.0000003383 \cdot \exp(-0.1872027401 \cdot e^{-3 \cdot t}) - 0.3383223809 \cdot e^{-6 \cdot \exp(-1.0014219252 \cdot t)}$

Висновки. З урахуванням діючих стандартів стосовно розрахунку показників

надійності отримано оцінку показників надійності СГГ сортувальної станції, що розглядається.

Результати досліджень при $t=240$ год наведено в таблиці.

Таблиця

Результати визначення показників надійності СГГ

Горловина	Імовірність безвідмовної роботи СГГ $P(t)$	Імовірність відновлення СГГ P_B
Східна	0,956066	0,999812
Західна	0,979095	0,999942

Імовірність безвідмовної роботи систем (СГГ) перебуває в межах 0,95÷0,98. Високі значення цього показника пояснюються використанням на спускній частині сучасних вагонних уповільнювачів НК-114, КЗ-5 та ЗВУ, які мають високі показники надійності у порівнянні із уповільнювачами колишнього СРСР (КВ-3, КНП-5 та ін.). На показники надійності СГГ значно впливають тип вагонних уповільнювачів та структура їх розташування. Слід зазначити, що західна СГГ має менше значення цього показника, ніж для східної горловини. Це пояснюється тим, що у СГГ західної системи тільки одна

колія насуву та по одному вагонному уповільнювачу на парковій гальмовій позиції, що призводить до зменшення резервування системи.

Імовірність відновлення СГГ у всіх випадках становить більше 99 %, що свідчить про високу їх ремонтпридатність при застосуванні різних типів вагонних уповільнювачів, що позитивно впливає на ефективність функціонування сортувального процесу.

Таким чином, отримані результати дають можливість подальшого дослідження у питаннях удосконалення СГГ двосторонньої сортувальної станції.

Список літератури

1. Огар, О.М. Аналіз і особливості конструкції гіркових горловин вітчизняних сортувальних пристроїв [Текст] / О.М. Огар, О.В. Розсоха, С.М. Светличний // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ. — 2007. – Вип. 85. – С. 57–64.
2. Огар, О.М. Напрямки удосконалення конструкцій гіркових горловин сортувальних пристроїв з позиції ресурсозбереження [Текст] / О.М. Огар, О.В. Розсоха // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2007. – № 5/2(29). – С. 54–58.
3. Огар, О.М. Аналіз існуючих методів оцінки конструкцій гіркових горловин [Текст] / О.М. Огар, В.І. Мойсенко, О.В. Розсоха // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ. – 2009. – Вип. 102. – С. 24–31.
4. Данько, М.І. Розробка методу комплексної оцінки конструкцій гіркових горловин [Текст] / М.І. Данько, О.М. Огар, О.В. Розсоха // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – № 6/3(42). – С. 30–33.
5. Огар, О.М. Розвиток теорії та методів розрахунку конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.20 / О.М. Огар; [Українська державна академія залізничного транспорту]. – Харків, 2011. – 40 с.

6. Розсоха, О.В. Підвищення ефективності функціонування сортувальних гірок шляхом удосконалення структур їх горловин [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / О.В. Розсоха; [Українська державна академія залізничного транспорту]. – Харків, 2010. – 20 с.

7. Огар, О.М. Визначення інтенсивностей відмов та відновлення підсистем сортувальної гірки [Текст] / О.М. Огар, О.В. Розсоха, О.М. Костенніков // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. — 2012. — № 3. — С. 3-12.

8. Розсоха, О.В. Оцінка надійності сортувальної гірки в залежності від структури її колійного розвитку [Текст] / О.В. Розсоха // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 134. – С. 53-60.

Ключові слова: сортувальна гірка, гіркова горловина, надійність.

Анотації

Проведено оцінку показників надійності структури колійного розвитку сортувальних гірок двосторонньої сортувальної станції. Конструкція сортувальних гірок представлена у вигляді відновлюваних системи з окремими підсистемами. Отримано певні висновки для подальшого удосконалення структур горловин з позиції ресурсозбереження.

Проведена оцінка показателів надійності структури путевого розвитку сортировочних горок двосторонньої сортировочної станції. Конструкція сортировочних горок представлена в формі відновлюваних систем з окремими підсистемами. Отримані певні висновки для подальшого удосконалення структур горловин з позиції ресурсозбереження.

The estimation of reliability of structured gridiron marshalling humps bilateral yard. The design of marshalling humps represented as renewable systems with separate subsystems. Obtained some conclusions for the further improvement of structures necks position resource.

УДК 656.222.3

*Д-р техн. наук Т.В.Бутько,
В.М. Михайлик*

ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ АВТОНОМНИХ ЗБІРНИХ ПОЇЗДІВ ДЛЯ ВИКОНАННЯ МІСЦЕВОЇ РОБОТИ

Актуальність. У сучасних умовах технологія виконання місцевої роботи на дирекціях залізничних перевезень (ДН) характеризується значними непродуктивними простоями як рухомого складу на вантажних станціях і на станціях примикання під'їзних колій, так і самого вантажу, що знижує конкурентоспроможність залізничного

транспорту в цілому. Така ситуація обумовлена як коливанням обсягів перевезень на транспортному ринку і відсутністю гнучкої системи планування, так і відсутністю відносної автономності у використанні маршрутних поїздів. Як показує світовий досвід, сучасні підходи до виконання технології місцевої роботи повинні бути спрямованими на

використання автономних збірних поїздів, які мають дві кабіни управління. Спираючись на вищезазначене, тема наукової статті є актуальною.

Постановка наукового завдання.

Впровадження гнучкої автоматизованої технології місцевої роботи, яку засновано на концепції використання автономного збірного поїзда, потребує формалізації процесу перевезень на дирекції залізничних перевезень у вигляді динамічної оптимізаційної задачі, рішенням якої має бути оперативний план заведення-вивезення вантажів зі станцій ДН, який відповідає мінімальним експлуатаційним витратам на виконання перевізного процесу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання вдосконалення місцевої роботи на залізничному транспорті досить широко висвітлювались у публікаціях як вітчизняних, так і зарубіжних вчених (А.А. Аветикян, Т.В. Бутько, А.С. Гершвальд, І.А. Гірьова, М.І. Данько, А.О. Ковальова, Д.В. Ломотько, В.К. Мироненко, А.А. Регер, А.Т. Осьмінін, А.В. Риженіков, М.М. Кузнецов та ін.).

Виклад основного матеріалу.

Впровадження гнучкої автоматизованої технології місцевої роботи, яку засновано на концепції використання автономного збірного поїзда, потребує формалізації процесу перевезень у вузлі або дирекції залізничних перевезень у вигляді динамічної оптимізаційної задачі. Цільову функцію моделі можна подати у двох варіантах:

Перший варіант – цільова функція представляє суму експлуатаційних витрат за період планування і приведених капітальних витрат на закупівлю автономних збірних поїздів.

Другий варіант – цільова функція представляє тільки суму експлуатаційних витрат на виконання місцевої роботи за період планування.

Множину можливих альтернатив в обох випадках доцільно подати як сумісну

систему обмежень на технічні і технологічні параметри процесу перевезень.

Модель, яку сформовано за першим варіантом, є більш універсальною, тому що вона надасть можливість визначати не тільки технологічні параметри місцевої роботи (напрямки курсування автономних збірних поїздів, час їх прибуття та ін.), але й технічні – зокрема оптимальну кількість автономних збірних поїздів для умов конкретного залізничного вузла або дирекції залізничних перевезень. Другу модель можна вважати складовою частиною першої, але при заданій кількості автономних збірних поїздів вона надасть можливість раціонально планувати їх роботу.

Вибір оптимального плану виконання місцевої роботи [1] відповідно до вищезапропонованих моделей в основному залежить від обсягів заведення та вивезення вантажів на станціях примикання і вантажних станціях залізничного вузла або дирекції залізничних перевезень та їх розташування у просторі та часі. Такі умови потребують, з одного боку, дослідження і прогнозування динаміки надходження вантажів [2], враховуючи інерційність системи, а з іншого – дослідження особливостей топології залізничних вузлів або інших підсистем транспортної мережі.

З урахуванням цього представимо залізничний вузол або ДН як зважений граф $G(I, J)$, вершинами якого є залізничні станції, а ребрами – колії, що їх з'єднують. Таким чином, множина $I(i=1, n)$ – це множина вершин, тобто залізничних станцій, а множина $J(j=1, m)$ – це множина ребер, тобто колій, що їх з'єднують. Надамо вагу вершинам і ребрам графа $G(I, J)$. Як функції на вершинах оберемо інтенсивність вантажопотоку $\lambda_i = \lambda(i, t)$, де t – час у межах інтервалу планування. При цьому, якщо величина $\lambda(i, t) > 0$, то станція

Організація перевезень і управління на транспорті

i в момент t виконує операції навантаження і потік надходить у систему, якщо $\lambda(i,t) < 0$, то станція i в момент t виконує операції вивантаження, якщо $\lambda(i,t) = 0$, то станція i або закрита для вантажних операцій, або їх не виконує на момент часу t . Виходячи із сутності

цільових функцій моделей, доцільно у якості ваги ребер обрати довжину колій $S(j)$ та їх пропускну спроможність $r(j)$. Ці величини будемо вважати постійними.

На рисунку подано в загальному вигляді топологію ДН Полтава.

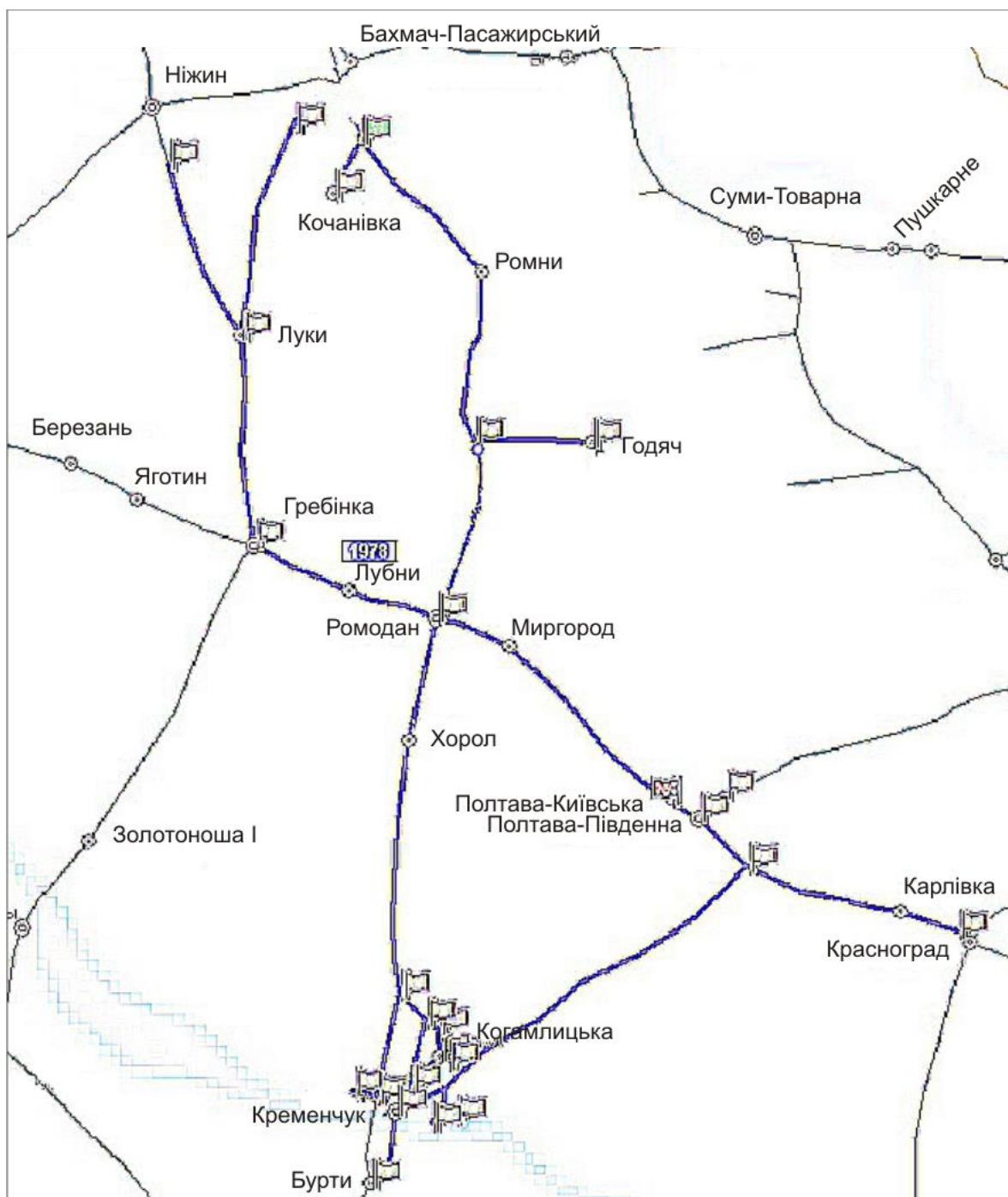


Рис. 1. Загальний вигляд топології ДН Полтава

Спираючись на вищенаведені передумови, цільові функції моделей можна надати у неявному вигляді таким чином:

$$C = f(G(I, J), \lambda(i, t), K) \Rightarrow \min, \quad (1)$$

де K – кількість задіяних автономних збірних поїздів для виконання місцевої роботи у залізничному вузлі або ДН із топологією $G(I, J)$.

Для першого варіанта моделі аргумент K є змінною величиною, для другого варіанта – величина K є параметром моделі. Як обмеження необхідно врахувати такі чинники:

- обмеження по швидкості пересування;

$V_{aj} \leq V_{xj}$, де V_{aj} – швидкість пересування автономного збірного поїзда по j -му ребру, V_{xj} – норма ходової швидкості;

- обмеження по вантажопідйомності автономного збірного поїзда:

$$\sum_{i=1}^P \int_{t_{0i}}^{t_{ki}} \lambda_i(i) dt \leq Q_a, \quad (2)$$

де Q_a – максимальна вантажопідйомність автономного збірного поїзда;

t_{0i} – момент початку вантажних операцій на i -й станції;

t_{ki} – момент закінчення вантажних операцій на i -й станції;

P – кількість станцій у циклі заїзду автономного збірного поїзда;

- обмеження по часовому вікну $2\Delta t$ заїзду автономного збірного поїзда $\nu \in [1, K]$ по i -й станції:

$$t_{iv}^3 \in [t_{iv}^r \pm \Delta t],$$

де t_{iv}^3 – реальний час заїзду ν -го автономного збірного поїзда на i -ту

станцію; t_{iv}^r – розрахунковий час заїзду ν -го поїзда на i -ту станцію.

- обмеження, які пов'язані із часом роботи локомотивної бригади при експлуатації автономного збірного поїзда

$$t_{експл} \leq 12 - \sum_{i=1}^P t_i^B - t_{ПЗ};$$

$$t_{експл} = (\sum_{i=1}^P S_i(j)) / V_\delta, \quad (3)$$

де t_i^B – час на проведення вантажних операцій на i -й станції;

$t_{ПЗ}$ – час на здавання-приймання автономного збірного поїзда локомотивною бригадою (норма прийнята $t_{ПЗ} = 1$ год);

P – кількість станцій у циклі заїзду автономного збірного поїзда;

V_δ – середня дільнична швидкість поїзда;

12 – тривалість роботи локомотивної бригади;

- обмеження, які пов'язані із часом виконання технічного огляду ТО-2 автономним збірним поїздом при їх експлуатації

$$t_{ТО-2} \in [24 - 48], \text{ год};$$

де [24-48], год – період часу, год, в межах якого встановлено проведення технічного огляду ТО-2 в депо, цей період включає час на проведення вантажних операцій t_i^B , час ходу по дільницях, час на заміну локомотивної бригади;

- обмеження, які пов'язані із пропускнуною спроможністю дільниць:

$$\sum_j N_{вант.j}^{наявн} - \sum_j N_{вант.j}^{вик.} \geq \sum_j K_j, \quad (4)$$

де $\sum_j N_{вант.j}^{наявн} = r_j$ – наявна пропускна спроможність j -ї дільниці у поїздах;

$\sum_j N_{\text{вант.}j}^{\text{вик.}}$ – потрібна пропускна спроможність для виконання плану перевезень.

При цьому окремо необхідно враховувати ці обмеження для парного та непарного руху.

Висновок. Таким чином, пропонується формалізувати процес виконання місцевої роботи, що базується на концепції використання автономних збірних поїздів, у вигляді оптимізаційної задачі, рішенням якої буде формування плану виконання перевезень місцевих вантажів.

Список літератури

1. Осьминин, А.Т. О новом подходе к расчету плана формирования местных (внутриузловых) вагонопотоков [Текст] / А.Т. Осьминин // Материалы межвузовской с международным участием научно-практической конференции, посвященной 20-ти летию института «За технический прогресс на железных дорогах». – Самара: СамИИТ, 1993. – Ч. 1. – С. 16.
2. Осьминин, А.Т. Выбор рациональной организации местных вагонопотоков в железнодорожном узле [Текст] / А.Т. Осьминин // Материалы первой международной научно-практической конференции «Инфотранс-96». – С.Пб., 1996. – С. 342-352.

Ключові слова: оптимізаційна задача, місцева робота, автономний збірний поїзд, система планування, математична модель, динаміка надходження вантажів.

Анотації

Запропоновано використання автономних збірних поїздів для перевезень місцевих вантажів. Розроблено оптимальний план виконання місцевої роботи, яка в свою чергу залежить від вантажообігу на станціях примикання та вантажних станціях ДН Полтави. У зв'язку з цим, проаналізовано варіанти топології ДН Полтава, сформовано математичну модель для формалізації технологічного процесу виконання місцевої роботи.

Предложено использование автономных сборных поездов для перевозок местных грузов. Разработан оптимальный план выполнения местной работы, которая в свою очередь зависит от грузооборота на станциях примыкания и грузовых станциях ДН Полтава. В связи с этим, проанализирован вариант топологии ДН Полтава, сформирована математическая модель для формализации технологического процесса выполнения местной работы.

The use of autonomous composite trains for the transportation of local loads is proposed. Is developed optimal plan the fulfillment of local work, which in turn, depends on freight traffic at the stations of contiguity and the cargo stations DN Poltava. In connection with this, is analyzed the version of topology DN Poltava, mathematical model for the formalization of the technological process of fulfilling the local work is formed.

УДК 656.073:681.5

*А.Д. Москаленко, А.М. Майоров,
канд. техн. наук Д.В. Шумик*

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Представив д-р техн. наук, професор Є.С. Альошинський

Вступ. Інформатизація вантажних перевезень вимагає постановки і вирішення низки задач. Розвиток технологій вимагає постійного приведення інформаційного забезпечення транспорту до рівня, який відповідає сучасним тенденціям розвитку, з використанням сучасних інформаційних систем та автоматизованих систем керування, нових ліній зв'язку та устаткування. Отже, існуючі інформаційні системи на залізницях України мають відповідати новітнім вимогам, таким як гнучкість, надійність, ефективність, автоматизація збору даних та безпечність.

Актуальність роботи. У статті досліджуються вже існуючі варіанти удосконалення роботи сортувальної станції шляхом впровадження інформатизації та автоматизованих систем і розробка нових ідей щодо вирішення цього питання. Дослідження цієї теми дає можливість покращення всіх основних показників роботи станції, дирекції та залізниці в цілому.

Мета дослідження. Аналіз рівня інформатизації в різних системах обслуговування вантажних перевезень на залізничних станціях:

- дослідження літературних джерел у галузі інформатизації та автоматизованих систем на залізничному транспорті;

- розгляд попередніх пропозицій щодо впровадження і використання інформатизації і автоматизованих систем на сортувальних станціях колишнього СРСР, станції Ясинувата в тому числі;

- пропозиції щодо покращення організації роботи сортувальної станції.

Виклад основного матеріалу.

Залізничний транспорт України відіграє провідну роль у здійсненні внутрішньодержавних і значну – у зовнішньодержавних економічних зв'язках України. На нього припадає основна частина вантажообігу і перевезень пасажирів. Цей вид транспорту поєднує у собі важливі техніко-економічні показники: регулярність руху і високу швидкість перевезень, велику пропускну і провізну спроможність. Всі ці та інші показники роботи транспорту не є досконалими і потребують постійного та поетапного покращення. Існує безліч шляхів щодо вирішення цієї проблеми, але з огляду на стрімкі та невинні темпи науково-технічного розвитку у світі за останній період, найбільш актуальними у наш час є автоматизація та інформатизація залізничного транспорту. Людина більше не може самостійно обробляти та аналізувати той величезний обсяг інформації, що надходить до неї в процесі функціонування залізничного транспорту. Тому разом із розвитком електронно-обчислювальної техніки змінювалися засоби і методи організації та управління залізничними перевезеннями. Найбільш яскраво помітна ця еволюція на прикладі безпосередньо організації перевезень пасажирів та вантажів. Ця сфера залізничного транспорту в першу чергу потребує постійних змін та нововведень для невинного удосконалення та забезпечення безперебійного процесу перевезень, тому що від неї в більшій мірі залежить конкурентоспроможність

залізниць на ринку транспортних послуг та її доходні надходження.

Якщо аналізувати історію автоматизації та інформатизації технологічних процесів на залізничному транспорті України, то слід зазначити, що приблизним часом впровадження електронно-обчислювальних машин для управління технологічними процесами є 1957 рік. Але офіційні розробки щодо автоматизації технологічних процесів залізничного транспорту ведуться лише починаючи з 1973 року.

Автором перших АСУ на залізничному транспорті було Проектно-конструкторське технологічне бюро з автоматизації систем управління на залізничному транспорті СРСР ПКТБ АСУЖТ. З того часу ці системи неодноразово змінювалися та підлягали модернізації радянськими вченими, але з розпадом СРСР перед Українськими залізницями постало питання розробки Власного програмно-технічного комплексу АСК. Кінцевим результатом розробок українських спеціалістів стала автоматизована система керування вантажними перевезеннями АСК ВП УЗ та її аналог для пасажирських перевезень АСК ПП УЗ [1, 2].

Окрім вищезазначених систем на сьогоднішній день на залізницях діє близько 1000 автоматизованих систем. Наведемо найбільш поширені з них:

- АСБО «ФБОС» – автоматизована система бухгалтерського обліку на підприємствах залізниці;

- АС РОДУЗ НФ – автоматизована система збору та обробки інформації про доходні надходження від вантажних та пасажирських перевезень рівня залізниці;

- АС «Облік централізованих розрахунків ЦФ»;

- АІС «Ведення податкового обліку вантажних перевезень» – автоматизована інформаційна система ведення податкового обліку вантажних перевезень;

- АСУ «Кадри» – автоматизована система управління персоналом, призначена для автоматизації кадрового діловодства і ведення архіву кадрових документів підприємств залізниці;

- АСУ ЄРПВ – система управління експлуатації та ремонту пасажирських вагонів;

- АСУ «ЛОКБРИГ» – автоматизована система управління локомотивним парком і локомотивними бригадами, дозволяє вести оперативний контроль за дислокацією, станом та використанням локомотивного парку залізниці;

- АС ОППЗТ – автоматизована система обслуговування пасажирського приміського залізничного транспорту, до неї входить турнікетний комплекс контролю доступу до поїздів приміського сполучення;

- АС РВМ – автоматизована система резервування вільних місць через мережу Інтернет, завдяки цій системі з'явилася можливість замовляти квитки на пасажирські перевезення з персонального та офісного комп'ютера;

- АС ФПБ – система автоматизації формування поїзних бригад;

- СІДОП – система інформаційного обслуговування пасажирів на вокзалах з наданням довідок про наявність вільних місць в поїздах на базі сенсорного кіоску;

- АЕС «е-квиток» – автоматизована система самообслуговування забезпечує довідкову інформацію та надає можливість виконання Інтернет-замовлень на пасажирські перевезення;

- АС Клієнт УЗ – система з оформлення та обробки перевізних документів на перевезення вантажів залізничним транспортом України вантажовідправниками через мережу Інтернет;

- АСДКБ – автоматична система дистанційного контролю стану букс;

- АСК ЦВР – система автоматичного контролю вантажів та цілісності залізничних вагонів у русі;

- АС «Навігація та Управління» – автоматизована система з використанням супутникової системи, надає можливість точно визначити місце розташування локомотивів, передати навігаційну та оперативну інформацію по каналах зв'язку;

- ГАЛС – гіркова автоматична локомотивна сигналізація;

- АЗШР – система автоматичного задання швидкості розпуску поїздів та інші.

Але, незважаючи на високий професіональний рівень та ступінь розвитку всіх цих програм, вітчизняна промисловість і наука не стоїть на місці та постійно вдосконалює, доповнює вже існуючі програми і розробляє нові. Останньою та найсучаснішою розробкою українських вчених стала програма АСК ВП УЗ - Є – модернізована версія АСК ВП УЗ. Розглянемо, за рахунок чого вона вигідно відрізняється від свого попередника.

АСК ВП УЗ-Є була впроваджена та запрацювала 7 липня 2012 року. Над її створенням три роки працювало близько 150 розробників, всього складено 5 тисяч томів технічної документації, в системі задіяні 40 тисяч комп'ютерних програм. Вражає також середня швидкість обробки документа – менш ніж 1 секунда, загальна кількість повідомлень, що перероблюються за добу – до 1 мільйона [3].

Якщо цю систему зобразити схематично, вона буде мати такий вигляд (див. рисунок).

Виділимо основні переваги АСК ВП УЗ - Є над її попередниками:

- оперативність надходження інформації, яка веде за собою значну економію часу на переробку та аналіз документації;

- надійність безперебійного забезпечення даними. Це стало можливим після придбання та встановлення на базі Головного інформаційно-обчислювального центру в Києві найсучаснішого обладнання в цій галузі;

- економія фінансових коштів, яка досягається завдяки встановленню одного потужного комплексу замість шести окремих для кожної із залізниць;

- можливість надання потрібної інформації не лише безпосереднім учасникам перевізного процесу (службі перевезень) і галузевим господарствам, які забезпечують безпечність та надійність функціонування залізниць (служби локомотивного, колійного, енергетичного господарств та інших), а й самим відправникам і одержувачам вантажів (клієнтам залізниць);

- наявність так званого «штучного інтелекту» системи, тобто можливість не тільки приймати та передавати інформацію, а й аналізувати, осмислювати, узагальнювати її та автоматично формувати довідки. Наприклад, якщо при прийманні вантажів до перевезення документи містять некоректні дані або не відповідають формі, система миттєво знаходить помилки і повертає документи на доопрацювання;

- можливість інтегрування вже розглянутих вище автоматизованих систем для швидкого і точного отримання потрібних даних. На сьогоднішній день налагоджена взаємодія з бухгалтерською системою «ФОБОС» та АС РОДУЗ НФ, в подальшому планується інтегрування в АСК ВП УЗ-Є систем диспетчерської сигналізації, автоматизованої системи управління майновим комплексом та іншими, які будуть з'являтися на залізницях.

Незважаючи на всі переваги розглянутої системи на сьогоднішній день, після її запуску і встановлення, функціонує вона не на всіх станціях залізниці. Впровадження і застосування системи потребує значних коштів та зусиль, які неодмінно дадуть результат. До того ж у процесі розвитку системи АСК ВП УЗ-Є вплив людського фактора буде зменшуватися, а технічного – збільшуватися. А це в свою чергу відобразиться на об'єктивності інформації та безпеці руху.

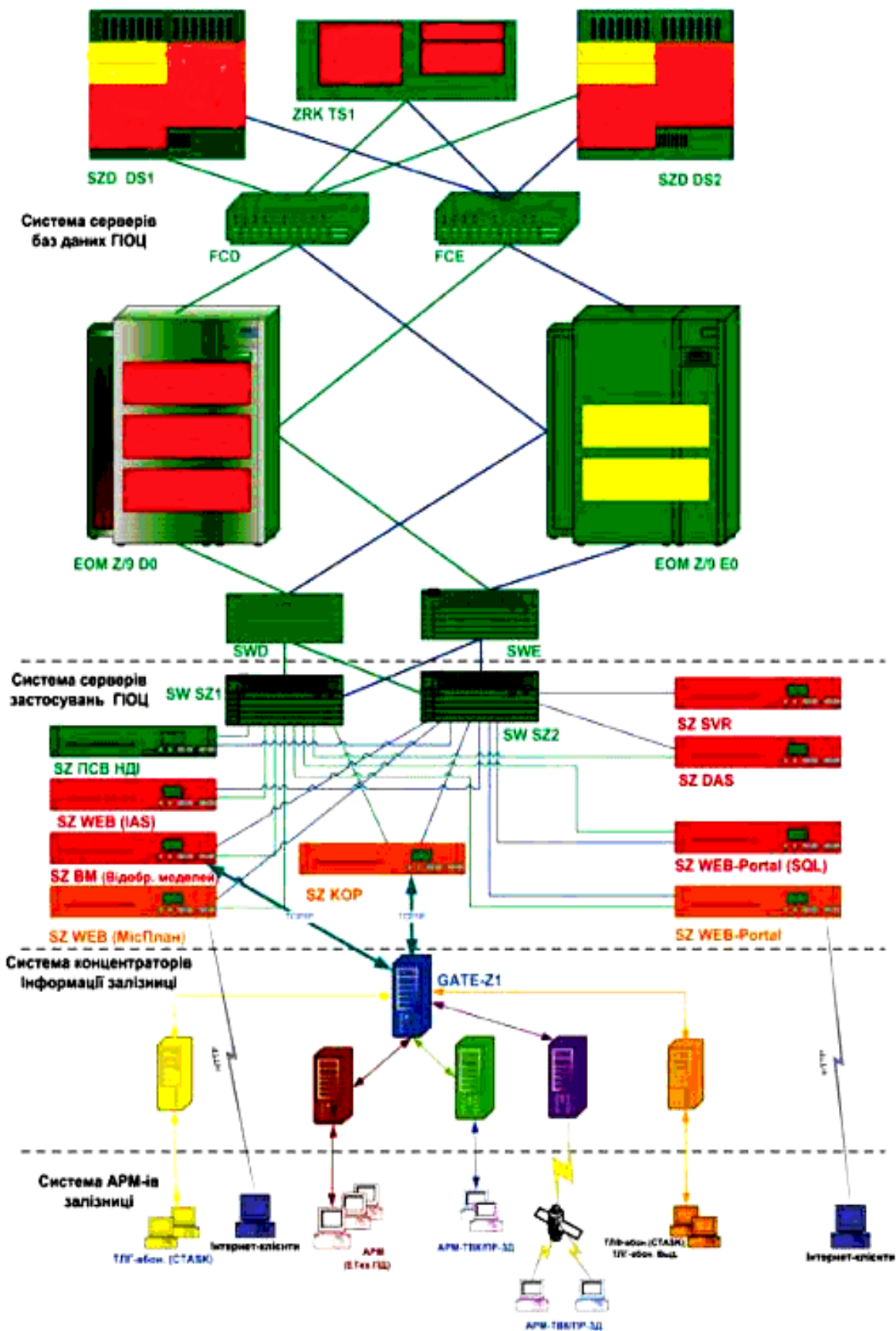


Рис. Функціональна схема єдиної централізованої системи АСК ВП УЗ - Є

Висновок. У результаті розгляду та аналізу існуючих автоматизованих систем на залізничному транспорті, пропонується подальше інтегрування автоматизованих робочих місць залізниць безпосередньо в АСК ВП УЗ-Є та поетапне і послідовне

об'єднання на залізничних станціях та вузлах. Це дасть змогу зекономити значні фінансові кошти при обслуговуванні автоматизованих та інформаційних систем і звільнити працівників від рутинної, вже непотрібної в сучасних умовах праці.

Список літератури

1. Інформаційні системи та технології при управлінні залізничними перевезеннями [Текст]: навч. посіб. / О.В. Лаврухін, П.В. Долгополов, В.В. Петрушов, О.М. Ходаківський. – Харків: Тов. Компанія СМІТ, 2011. – 118 с.
2. Информационные технологии на железнодорожном транспорте: учебн. для вузов ж.-д. трансп. [Текст] / под ред. Э.К. Лецкого, Э.С. Поддавашкина, В.В. Яковлева. – М.: УМК МПС России. – 2000. – 450 с.
3. Укрзалізниця создала не имеющую аналогов систему управления перевозками [Электронный ресурс]: информация / главред. – Режим доступа: <http://glavred.info/archive/2012/07/26/110045-14.html>.

Ключові слова: автоматизована система, інформатизація, технічна документація, інтегрування, модернізація.

Анотації

Статтю присвячено впровадженню нової єдиної автоматизованої системи управління «АСК ВП УЗ-Є», яка узяла під свій контроль всі вантажні перевезення на залізницях України. Система також інтегрує пасажирські і приміські перевезення, рух кожного поїзда, окремого локомотива, вагона, а відповідно і вантажу. «АСК ВП УЗ-Є» дозволяє бачити всю Україну як одне ціле, об'єднує всілякі бази даних, спрощує моніторинг і контроль над перевезеннями.

Статья посвящена внедрению новой единой автоматизированной системы управления «АСК ВП УЗ-Є», которая взяла под свой контроль все грузовые перевозки на железных дорогах Украины. Система также интегрирует пассажирские и пригородные перевозки, движение каждого поезда, отдельного локомотива, вагона, а соответственно и груза. «АСК ВП УЗ-Є» позволяет видеть всю Украину как одно целое, объединяет всевозможные базы данных, упрощает мониторинг и контроль над перевозками.

Work is devoted introduction new automatic system of management which took «ASK VP UZ-E» under the control all freight transportations on the railways of Ukraine. The system integrates passenger and suburban transportations, motion of every train also, separate locomotive, carriage, and accordingly and load. «ASK VP UZ-E» allows to see all Ukraine as one unit, unites various databases, simplifies monitoring and control above transportations.

УДК 656.212.5:338.47

*Канд. техн. наук Г.В. Шаповал,
О.О. Сідельников*

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ДЕННОГО РЕЖИМУ РОБОТИ ТЕХНІЧНОЇ СТАНЦІЇ

Представив д-р техн. наук, професор А.М. Котенко

Вступ. У сучасних умовах, що характеризуються нестабільністю обсягів перевезень, змінами структури і напрямку транспортних потоків, необхідністю скорочення експлуатаційних витрат залізниць, основною метою оптимізації роботи станцій є приведення їх конструкції та технології у відповідність до розмірів руху [1].

Постановка проблеми. Раціональний вибір комплексу можливих заходів для кожної станції являє собою досить складну задачу. Ефективним засобом вирішення задачі пошуку напрямків удосконалення технічного оснащення і технології роботи станцій є аналіз факторів, які впливають на її пропускну та переробну спроможність. Основна мета полягає у виборі такої технології роботи, яка б забезпечувала максимальне ресурсозбереження в усіх ланках технологічного процесу. Для цього необхідно одночасно враховувати можливе скорочення вагоно-годин простою рухомого складу на станції, скорочення обороту вагонів, додаткове вивільнення рухомого складу – вагонів і локомотивів, отриману при цьому економію паливно-енергетичних ресурсів, скорочення експлуатаційного штату [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Більшість рекомендацій попередніх досліджень була розрахована на роботу технічних станцій при стійких та значно більших розмірах вагонопотоків. Основна увага приділялася виключно кількісним показникам роботи, не враховуючи умови ресурсозбереження [3, 4].

У цей час показники роботи не відповідають бажаним вимогам та розмірам перевезень, на які розраховувалися існуючі потужності станційних пристроїв, що призводить до зниження їх завантаженості. Це в свою чергу вимагає пошуку та розробки нових методів роботи з метою раціонального використання пристроїв на основі забезпечення ресурсозбереження [5].

Постановка завдання. Зменшення обсягів роботи станцій потребує удосконалення технології їх роботи. Вибір технології роботи слід здійснювати на основі техніко-економічного обґрунтування розроблених варіантів. Таким чином, для вибору оптимальної технології роботи технічної станції необхідно провести економічне обґрунтування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для порівняння було розглянуто два варіанти зміни технології роботи технічної станції. Сутність варіантів полягає у переведенні технічної станції на денний режим роботи. У першому варіанті запропоновано організувати одну дванадцятигодинну зміну (з 8.00 до 20.00), у другому – дві зміни по вісім годин (8.00-16.00-24.00). Перевагою запропонованих режимів роботи у порівнянні з цілодобовим режимом роботи в умовах значного зменшення обсягів перевезень є те, що відбувається більш інтенсивне накопичення та формування поїздів, що в свою чергу призводить до скорочення простою вагонів, а також зменшення експлуатаційних витрат за рахунок скорочення контингенту та зменшення часу роботи маневрового

локомотива. Переведення станції на денний режим роботи доцільно, якщо завантаженість основних пристроїв не перевищує 50 %. Для технічної станції К завантаженість її пристроїв, за проведеними розрахунками, не перевищує

23 %. Для оцінки економічної ефективності запропонованих режимів роботи проведено порівняння за техніко-економічними показниками.

Середньодобовий робочий парк вагонів [6]

$$P = \left(\frac{P_{тр.б/пер}^{доб} \cdot t_{тр}^{б/пер} + P_{тр.з/пер}^{доб} \cdot t_{тр}^{з/пер} + P_{м}^{доб} \cdot t_{м}}{24} \right), \quad (1)$$

де $P_{тр.б/пер}^{доб}$ – число відправлених вагонів без переробки за добу, ваг/доб;

$t_{тр}^{б/пер}$ – простій транзитних вагонів

без переробки, год;

$P_{тр.з/пер}^{доб}$ – число відправлених вагонів з переробкою за добу, ваг/доб;

$t_{тр}^{з/пер}$ – простій транзитних вагонів з переробкою, год;

$P_{м}^{доб}$ – число відправлених місцевих вагонів за добу, ваг/доб;

$t_{м}$ – простій місцевих вагонів за добу.

Робочий парк діючої станції при цілодобовому режимі роботи складає 245 вагонів. Робочий парк при прогнозованому середньому скороченні простою транзитного вагона з переробкою на 1,36 год становитиме при 12-годинному режимі роботи 230 вагонів. Відповідно при 16-годинному режимі роботи станції, прогнозовано, простій вагона має скорочуватися на меншу кількість годин і в середньому складатиме 1,02 год, при цьому робочий парк буде дорівнювати 234 вагони.

Загальне число відправлених вагонів за рік [6]

$$P_{відн}^{рік} = P_{тр.б/пер} + P_{тр.з/пер} + \frac{P_{м}^{доб} \cdot 365}{1000}, \quad (2)$$

де $P_{тр.б/пер}$ – число відправлених транзитних вагонів без переробки, ваг/р.;

$P_{тр.з/пер}$ – число відправлених транзитних вагонів з переробкою, ваг/р.

Для станції число відправлених вагонів за рік складає 114266 вагонів. Загальне число відправлених вагонів за добу складає 370 вагонів.

Продуктивність праці на станції визначається відношенням числа відправлених вагонів до спискового штату станції [6]

$$P_{пр} = \frac{P_{відн}^{рік}}{Ч_{сн}}. \quad (3)$$

Продуктивність праці діючої станції становить 1758 відправлених вагонів за рік на одну особу.

Організація денного режиму роботи станції дає можливість скоротити число змін складачів поїздів та регулювальників швидкості з п'яти до трьох при 12-годинному варіанті, тобто штат станції скоротиться на 6 осіб. З урахуванням цього продуктивність праці становитиме 1937 відправлених вагонів за рік на одну особу.

При організації 16-годинного режиму продуктивність праці залишиться такою ж, оскільки як у попередньому режимі роботи, даний варіант передбачає скорочення того ж контингенту з однією тільки відмінністю, що зміна триватиме вісім годин.

Економія експлуатаційних витрат при скороченні штату працівників, задіяних у

процесі сортування вагонів, та зменшенні часу роботи маневрового локомотива [6]

$$\Delta E_{\text{екон}} = \Delta E_{\text{ман-год.}} + \Delta Z_{\text{зарп}} + \Delta O_{\text{сс}} + \Delta I, \quad (4)$$

де $\Delta E_{\text{ман-год.}}$ – економія експлуатаційних витрат за рахунок зменшення орендної плати за маневрові локомотиви, грн.

$$\Delta E_{\text{ман.год.}} = t_{\text{роб}} \cdot t_t \cdot e_{\text{ман.год.}}, \quad (5)$$

де $t_{\text{роб}}$ – тривалість періоду доби, коли маневровий локомотив не працює ;

t_t – число днів за рік роботи маневрового локомотива;

$e_{\text{ман.год.}}$ – вартість однієї локомотивогодини роботи.

Економія експлуатаційних витрат за рахунок зменшення орендної плати за маневрові локомотиви складатиме для першого варіанта 1576,8 тис. грн, а для другого – 1051,2 тис. грн.

Економія фонду заробітної плати за рахунок зменшення штату працівників

$$\Delta Z_{\text{зарп}} = \mathcal{C}_{\text{сн}} \cdot Z_{\text{міс}} \cdot 12, \quad (6)$$

де $\mathcal{C}_{\text{сн}}$ – скорочення спискової чисельності складачів та регулювальників;

$Z_{\text{міс}}$ – місячна зарплата з урахуванням усіх доплат

Економія фонду заробітної плати за рахунок зменшення штату працівників складатиме 162,576 тис. грн.

Економія фонду відрахувань на соціальне страхування при зменшенні фонду заробітної плати

$$\Delta O_{\text{сс}} = \Delta Z_{\text{зарп}} \cdot O_{\text{сс}}, \quad (7)$$

де $O_{\text{сс}}$ – відрахування від фонду заробітної плати на соціальне страхування та в пенсійний фонд, 39,5 %.

Економія фонду відрахувань на соцстрах при зменшенні фонду заробітної плати складатиме 64,217 тис. грн. Економія від скорочення інших витрат, що залежать від фонду заробітної плати і числа працюючих, складатиме 11,339 тис. грн.

Таким чином, економія від впровадження денного режиму роботи для першого варіанта 1814,339 тис. грн, для другого варіанта – 1289,331 тис. грн.

Зниження собівартості одного відправленого вагона визначається [6]

$$\Delta C = C^{\text{план}} - \frac{E_{\text{заг}} - \Delta E_{\text{екон}}}{\sum \Pi_{\text{відп.ваг/рік}}}, \quad (8)$$

де $E_{\text{заг}}$ – з урахуванням оренди маневрового локомотива;

$C^{\text{план}}$ – собівартість одного відправленого вагона діючої технічної станції, грн.

Зниження собівартості одного відправленого вагона для першого варіанта 6,5 грн/ваг, для другого варіанта – 1,9 грн/ваг.

Дані базисного варіанта (показники діючої технічної станції) та розрахунки показників рекомендованих варіантів (впровадження нових варіантів організації технології роботи технічної станції) наведено у табл. 1.

Запропоновані варіанти впровадження денного режиму роботи станції дають значний економічний ефект у порівнянні з базисним варіантом. За результатами таблиці 1 більш ефективним є варіант денного режиму роботи станції при одній 12-годинній зміні. Він дозволяє зменшити простій транзитного вагона з переробкою на 1,36 год, скоротити робочий парк вагонів на 15 вагонів, збільшити

Організація перевезень і управління на транспорті

продуктивність праці робітників на 10,2 %, зменшити щорічні експлуатаційні витрати на 1814,9 тис. грн, а також знизити

собівартість одного відправленого вагона на 6,5 грн/ваг та скоротити число маневрових локомотивів з двох до одного.

Таблиця 1

Техніко-економічні показники базисного і рекомендованих варіантів

Найменування показника і вимірювача	Базисний варіант	Одна 12-годинна зміна	Дві 8-годинні зміни	Δ зміна, \pm
1 Техніко-експлуатаційні показники (кількісні і якісні)				
1.1 Транзитний вагонопотік без переробки, ваг/доб	48	48	48	-
1.2 Транзитний вагонопотік із переробкою, ваг/доб	265	265	265	-
1.3 Загальне відправлення вагонів: за добу за рік	370 114266	370 114266	370 114266	- -
1.4 Простій вагонів у годинах: - під 1 вантажною операцією - транзитного без переробки - транзитного з переробкою	23,64 2,44 16,66	23,64 2,44 15,30	23,64 2,44 15,64	- - 1,36/ 1,02
1.5 Робочий парк, ваг	245	230	234	15 / 11
1.6 Число маневрових локомотивів	2	1	2	1 / -
2 Економічні показники				
2.1 Експлуатаційний штат, осіб	65	59	65	6 / 0
2.2 Продуктивність праці	1758	1937	1758	10,2 %/-
2.3 Річні експлуатаційні витрати, тис. грн	7871,03	6056,1	6581,7	1814,9/ 1289,3
2.4 Собівартість, грн/ваг	59,5	53	57,6	6,05 / 1,9

Оскільки основними заходами з удосконалення конструктивних параметрів технічної станції є консервування колій парку приймання, скорочення числа маневрових локомотивів, складачів поїздів та регулювальників швидкості, виникає необхідність у визначенні експлуатаційних витрат.

Витрати на утримання колій у парках приймання можна визначити як [6]

$$E_k = E_k^{pic} \cdot L, \quad (9)$$

де E_k^{pic} – річні витрати на утримання 1 км колії, $E_k^{pic} = 83,64$ тис.грн;

L – довжина колій у парку приймання, $L = 1,65$ км.

Економія витрат на утримання колій у парку приймання складає 138,006 тис. грн.

Витрати на утримання маневрового локомотива [6]

$$E_{ман-год} = 365 \cdot e_{лок-год} \cdot t_{лок}, \quad (10)$$

де $e_{\text{лок-год}}$ – вартість однієї години маневрового тепловоза, $e_{\text{лок-год}} = 215,5$ грн;

$t_{\text{лок}}$ – час роботи локомотива,
 $t_{\text{лок}} = 23$ год.

Економія витрат на утримання маневрового локомотива 1809,122 тис. грн.

Витрати на заробітну плату складача поїздів та регулювальника швидкості [6]

$$E_{\text{од.зн.}} = Z_{\text{зарп}} + O_{\text{сс}}.$$

Для 12-годинного варіанта роботи витрати на заробітну плату складають 226,793 тис. грн. Загальна економія від запропонованих заходів при 12-годинному варіанті роботи технічної станції складатиме 2173,922 тис. грн.

Узагальнюючим критерієм економічної доцільності удосконалення технології роботи технічної станції є оцінка його економічної ефективності [7]. Економічний ефект визначається за весь розрахунковий період (за 2013-2018 рр.).

Сумарний економічний ефект визначається як перевищення вартісної оцінки результатів проекту над вартісною оцінкою витрат на здійснення проекту за розрахунковий період [7]

$$\mathcal{E}_t = \sum_{t=t_n}^{t_k} (P_t - Z_t) \cdot \alpha_t, \quad (12)$$

де P_t – вартісна оцінка результатів заходу в t -му році розрахункового періоду;

Z_t – вартісна оцінка витрат усіх ресурсів у t -му році розрахункового періоду;

α_t – коефіцієнт приведення результатів економічного ефекту різних років до розрахункового року;

t_n, t_k – відповідно початковий та кінцевий рік розрахункового періоду.

При визначенні інтегрального економічного ефекту необхідно здійснити приведення різночасних результатів. Приведення результатів економічного ефекту різних років розрахункового періоду до останнього року здійснюється шляхом коумпандування [7]

$$\alpha_t^k = \left(\frac{1 + E_n}{1 + I + R} \right)^{t_p - t}, \quad (13)$$

де I – очікуваний середньорічний темп інфляції протягом життєвого циклу проекту в частках одиниці, $I = 0,06$;

R – ставка, що враховує ступінь ризику здійснення проекту в частках одиниці, $R = 0,01$;

E_n – річний норматив приведення результатів і витрат різних років до розрахункового року, $E_n = 0,2$;

t_p, t – відповідно порядковий номер останнього року розрахункового періоду та життєвого циклу проекту, що приводиться до розрахункового року.

Результати розрахунку зведені в табл. 2.

Висновки. Протягом розрахункового періоду зниження витрат на утримання колій, які будуть законсервовані на станції, – 138,006 тис.грн, зниження витрат на утримання маневрових локомотивів – 1809,112 тис. грн, зменшення витрат на заробітну плату поїздів – 226,793 тис. грн кожного року. Загальна економія кожного року складатиме – 2173,922 тис. грн. Приріст економічного ефекту наростаючим підсумком з урахуванням приведення результатів розрахункового періоду до останнього року складає 17695,726 тис. грн.

Результати розрахунку економічного ефекту					
2013	2014	2015	2016	2017	2018
1. Зниження витрат на утримання колій в парку приймання, тис. грн					
138,006	138,006	138,006	138,006	138,006	138,006
2. Зниження витрат на утримання маневрових локомотивів, тис. грн					
1809,112	1809,112	1809,112	1809,112	1809,112	1809,112
3. Зниження витрат на заробітну плату, тис. грн					
226,793	226,793	226,793	226,793	226,793	226,793
4. Всього витрат, тис. грн					
2173,922	2173,922	2173,922	2173,922	2173,922	2173,922
5. Коефіцієнт приведення ефекту різних років до останнього року					
1,77	1,58	1,41	1,26	1,12	1,0
6. Вартісна оцінка результатів за розрахунковий період, тис. грн					
3847,842	3434,797	3065,23	2739,142	2434,793	2173,922
7. Приріст економічного ефекту із наростаючим підсумком, тис. грн					
3847,842	7282,639	10347,869	13087,011	15521,804	17695,726

Список літератури

1. Про затвердження Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки [Електронний ресурс]: постанова Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 р. № 1390. – Режим доступу: <http://document.ua>.

2. Кірпа, Г.М. Зв'язки Транс'європейської транспортної мережі і України [Текст] / Г.М. Кірпа // Залізничний транспорт України. – 2004. – № 3. – С. 3-10.

3. Липовець, Н.В. Проблема реорганізації роботи сортувальних станцій [Текст] / Н.В. Липовець // Залізничний транспорт України. – 1999. – № 6. – С. 11-13.

4. Мироненко, В.К. Реорганізація роботи сортувальних станцій та систем підведення вагонопотоків [Текст] / В.К. Мироненко // Залізничний транспорт України. – 2003. – № 2. – С. 6-7.

5. Габа, В.В. Інтенсифікація переробки вагонів та використання технічних засобів на сортувальних станціях шляхом впровадження денного режиму їх роботи [Текст] / В.В. Габа // Зб. наук. праць. – К.: КУЕТТ, 2004. – Вип. 6. – С. 96-101.

6. Позднякова, Л. О. Методичні вказівки до виконання дипломних проєктів для магістрів спеціальності 8.100.403 та студентів спеціальності 7.100.403 „Організація перевезень та управління на транспорті (залізничний транспорт)“ всіх форм навчання [Текст] / Л.О. Позднякова, М.Д. Жердев, В.І. Куделя. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – Ч. 1-3.

7 Балака, Є.І. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проєкти на транспорті [Текст]: навч. посіб. / Є.І. Балака, О.І. Зоріна, Н.М. Колесникова, І.М. Писаревський. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – 210 с.

Ключові слова: технологія роботи, технічна станція, денний режим роботи, експлуатаційні витрати, економічний ефект.

Анотації

Сучасні умови функціонування технічних станцій потребують удосконалення технології їх роботи з метою більш раціонального використання існуючих ресурсів. Вибір

найкращої технології роботи потребує детального техніко-економічного обґрунтування. Для оцінки результатів удосконалення необхідно знати передбачуваний економічний ефект від реалізації запропонованих заходів.

Современные условия функционирования технических станций требуют совершенствования технологии их работы с целью более рационального использования существующих ресурсов. Выбор лучшей технологии работы требует детального технико-экономического обоснования. Для оценки результатов усовершенствования необходимо знать предполагаемый экономический эффект от реализации предложенных мероприятий.

Operating conditions of technical stations are more modern demand improvement of technology of their work for the purpose of more rational use of existing resources. The choice of the best technology of work demands the detailed feasibility study. For an assessment of results of improvement it is necessary to know estimated economic effect of realization of the offered actions.

УДК 656.212:656.225

*Канд. техн. наук В.В. Кулешов,
О.Ю. Толбатов, Т.Р. Чурилик*

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАРКОМ ВАГОНІВ ОПЕРАТОРСЬКИХ КОМПАНІЙ НА СТАНЦІЯХ ВУЗЛА

Представив д-р техн. наук, професор Є.С. Альошинський

Постановка проблеми у загальному вигляді, її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Відповідно до Транспортної стратегії України на період до 2020 року [1] та інших відомчих нормативних документів [2, 3], пріоритетним напрямком технічного реформування залізничного транспорту України є зміна технологій, систем взаємодії з користувачами залізничних послуг. На інфраструктурному просторі відбувається взаємодія великої кількості учасників ринку: залізниць, операторів перевезень, власників рухомого складу, власників вагоно-ремонтних підприємств, що потребує від власника інфраструктури координації всіх учасників перевізного процесу на базі однакових вимог до організації руху.

Завданням ДП «Український транспортно-логістичний центр» (УТЛЦ) є

координація діяльності на зовнішніх ринках з перевізниками та залізничними адміністраціями, пошук попутного завантаження, скорочення порожнього пробігу вагона. У розпорядженні та оперуванні УТЛЦ близько 50 тис. піввагонів – універсального вантажного рухомого складу. Обороти вагонів, що знаходяться під оперуванням УТЛЦ, при проходженні за межами України скоротилися на 40%. Порожній рейс піввагона на залізницях України скорочений на 27,8 км. З метою мінімізації обігу вагонів і зменшення порожнього пробігу вагонів інших операторів можливе запровадження Єдиної системи управління парком вантажних вагонів (ЕСУ ПВВ).

Внаслідок скорочення обсягів перевезень на ряді залізниць частка сортувальних станцій віднесена до дільничних або вантажних. Наприклад,

відповідно до вимог пункту 1.11 «Загального положення про залізничну станцію» № ЦД-0054, затвердженого наказом Укрзалізниці від 30.12.2004 р. №1041-ЦЗ, на Південній залізниці за призначенням і основним характером роботи визначені 11 дільничних станцій та 3 сортувальних станції (Основа, Кременчук, Куп'янськ-Сортувальний). Нераціональний перерозподіл маневрової та сортувальної роботи між основними станціями у залізничних вузлах при формуванні не тільки передаточних, але і інших категорій поїздів з метою забезпечення мінімальних експлуатаційних витрат суттєво впливає на ефективність використання елементів залізничних транспортних систем (ЕЗТС), на що і спрямовані наукові програми Української державної академії залізничного транспорту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В нормативних документах щодо організації перевезень докладно не враховані розвинені інформаційні технології Єдиної автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями Укрзалізниці (АСК ВП УЗ-Є), за допомогою яких можливо забезпечити удосконалення залізничних послуг, особливо у міжнародних перевезеннях залізницями України. У попередніх дослідженнях [4-7] були розглянуті сучасні підходи до автоматизованого обліку стану технічних засобів та прогнозування попиту на вантажні перевезення. Але потребують розв'язання питання удосконалення системи управління парком власних вантажних вагонів, які складають в Україні більше 72 % від загального парку вагонів, на мережі держав СНД і Балтії – 76,9 %, а в Росії – 89,5 %, оскільки показники їх використання погіршені внаслідок застосування неефективних технологій перевезень.

Мета дослідження: удосконалення технології перевезень парком вагонів операторських компаній на станціях вузла в

умовах розвитку інформатизації перевезень у прямому та міжнародному сполученнях.

Основна частина. При структурних змінах і зростанні економіки виникає необхідність адекватно розвивати транспортну систему з тим, щоб вона забезпечувала всі потреби держави і одночасно мала необхідні резерви. Відсутність потужності транспортної системи призводить до дестабілізації виробництва і збільшення транспортних затрат. При цьому виникає питання, які елементи транспортної системи залізничного та інших видів транспорту потребують розвитку і на якому рівні. Комплексний розвиток транспорту можливий при вирішенні методологічної задачі – визначення оптимальних пропорцій у розвитку окремих елементів транспортної системи різних видів транспорту.

За результатами досліджень вхідних вагонопотоків на вантажні фронти сортувальних та вантажних станцій виявлено, що розподіл інтервалів залежить в першу чергу від обсягів переробки та технічного оснащення, числа маневрових локомотивів і рівня їх навантаження, колійного розвитку та особливостей його конструкції, типу сортувальних пристроїв, тривалості подачі вагонів, схеми розташування вантажних фронтів на станції або примикання їх до станції чи до інших вантажних фронтів, а також від перерозподілу сортувальної роботи між технічною та вантажною станціями. Встановлено також, що при обсягах переробки до 25 вагонів на добу у більшості випадків спостерігається експоненційний закон розподілу інтервалів, а при більших обсягах та у випадках примикання вантажних фронтів безпосередньо до витяжних колій чи до групи колій сортувального парку – нормальний закон. На перевантажувальній частині вантажних станцій у технологічних процесах передбачена подавання вагонів за встановленим розкладом, але він постійно

порушується через виникнення міжопераційних перерв при виконанні основних технологічних операцій, особливо при невідповідності числа сортувальних колій числу груп вагонів у передаточних поїздах [7, 8].

Запропонована функціональна модель діяльності сортувального комплексу опорної сортувальної станції має враховувати вказані чинники і є дворівневою. На першому рівні визначається оптимізація обробки добового потоку поїздів і вагонів з метою мінімізації експлуатаційних витрат

$$\begin{aligned}
 F &= F_B - F_\Phi + (F_\Pi + F_\Lambda) \rightarrow \min \\
 F_B &= \sum_{i=1}^k n_k \cdot t_k \cdot C_{\epsilon z} \\
 F_\Phi &= P_\Phi \sum_{V_\Phi=1}^{V_{\Pi\Phi}} \left[(\eta_{V\Phi} + \epsilon_M N_M) (t_{ov} - t_{\Phi V\Phi}) C_{B\Gamma} + \rho_{v\Phi} \eta_{v\Phi} (t_{MV\Phi} - t_{PV\Phi}) (m_V C_{\epsilon z} + G_\eta C_\eta) \right], \\
 F_\Pi &= R_\Pi \sum_{V=1}^{V_{\Pi\Pi}} \eta_v \left[(t_{ov} - t_{\Pi V}) C_{\Pi\Gamma} + \rho_v (t_{PV} - t_{HV}) (C_{\epsilon z} + G_\eta C_T) \right] \\
 F_\Lambda &= R_\Lambda \sum_{V_p=1}^{V_{\Pi\Pi}} \left[(t_{ov_p} - t_{\Phi V_p}) C_{\Lambda\Gamma} + L_{\text{лкм}}^\delta C_{\text{лкм}}^\delta \right]
 \end{aligned} \tag{1}$$

де $F_B, F_\Phi, F_\Pi, F_\Lambda$ – відповідні функціонали, грн/доб, що враховують добові експлуатаційні витрати внаслідок тривалості перебування вагонів на станції; економію при більш ранньому відправленні сформованих поїздів; витрати від затримки поїздів на підходах до станції; витрати на допоміжний пробіг локомотивів з бригадами;

η_v – кількість вагонів ОК у поїзді потоку $V_{i\eta\Pi}$, що прямує до парку приймання (Π), (або транзитного парку за спеціалізацією);

$t_{\Pi V}, t_{HV}$ – відповідно до графіків руху, час прибуття поїзда та час очікування за прогнозом, год;

$C_{\Pi\Gamma}, C_{\epsilon z}, C_\Pi, C_{\Lambda\Gamma}, C_{\text{лкм}}^\delta$ – відповідно грошові еквіваленти однієї поїздо-години, вагоно-години, тони дизпалива, локомотиво-години, локомотиво-кілометра одиночного пробігу, грн;

t_{PV}, t_{HV} – відповідно розрахунковий та нормативний час на розформування составу, год;

$\rho_v, \rho_{v\Phi}$ – відповідно коефіцієнти, що враховують частку составів з додатковою

маневровою роботою при розформуванні на сортувальній гірці та при завершенні формування на витяжній колії;

G – витрати дизельного палива, т (електроенергії, кВт-год);

$\eta_{V\Phi}$ – кількість вагонів у составі потоку $P_{i\eta\Phi}$, що сформовані і виставлені до парку відправлення;

ϵ_M – частка затримки місцевих вагонів;

N_M – кількість місцевих вагонів;

$t_{ov}, t_{\Phi V\Phi}$ – відповідно очікувана (запланована) тривалість відправлення поїзда, год;

$t_{MV\Phi}, t_{PV\Phi}$ – відповідно нормативна та розрахункова тривалість на завершення формування, год;

R_Λ – частка допоміжного пробігу поїзного локомотива з бригадою у потоці;

$L_{\text{лкм}}^\delta$ – відстань допоміжного пробігу, лок.-км;

$t_{ov_p}, t_{\Phi V_p}$ – відповідно очікувана (запланована) тривалість відправлення локомотива з бригадою резервом, год.

Дана функціональна модель враховує нормативи:

$$\left\{ \begin{array}{l} (N_{\text{ДП}}, L_{\text{ДП}}) - \text{кількість і довжина колій у парку приймання}; \\ (N_{\text{жв}}, L_{\text{жв}}) - \text{кількість і довжина колій у парку відправлення}; \\ (N_{\text{жс}}, L_{\text{жс}}, M_{\text{жс}}) - \text{кількість і довжина колій у сортувальному парку, що закріплено за маневровим районом}; \\ (Q_i, L_i) - \text{норми маси і довжини поїздів за призначенням плану формування поїздів}; \\ (T_n, H_n) - \text{тривалість і напрямок проходження поїзда по нитці графіка руху}; \\ C_{\text{вг}}; C_{\text{лг}}; C_{\text{нг}}; C_{\text{лкм}}^{\text{д}}; C_T; G_n - \text{вартість, відповідно: ваг.год, лок.год, поїзд.год, лок.км, 1 т палива (1 кВтгод) та норми витрат.} \end{array} \right.$$

$$\text{При обмеженнях: } \left\{ \begin{array}{l} C_{\text{вг}}^{\text{min}} \leq C_{\text{вг}} \leq C_{\text{вг}}^{\text{max}}; C_{\text{лг}}^{\text{min}} \leq C_{\text{лг}} \leq C_{\text{лг}}^{\text{max}}; \\ C_{\text{нг}}^{\text{min}} \leq C_{\text{нг}} \leq C_{\text{нг}}^{\text{max}}; C_{\text{лкм}}^{\text{min}} \leq C_{\text{лкм}}^{\text{д}} \leq C_{\text{лкм}}^{\text{max}}; \\ G_n^{\text{min}} \leq G_n \leq G_n^{\text{max}}; C_T^{\text{min}} \leq C_T \leq C_T^{\text{max}}. \end{array} \right.$$

На другому рівні визначається оптимальна технологія розвезення у вузлі місцевих вагонів передаточним локомотивом (подавання-забирання місцевих вагонів на станції маневровим локомотивом). Перш за все визначається черговість розвезення, враховуючи тип вагонів (універсальні, спеціалізовані) та собівартості вагоно-годин, локомотиво-годин, локомотиво-кілометрів та ін. Оптимальний варіант черговості подавання-забирання або розвезення вагонів визначається за мінімумом експлуатаційних витрат, грн,

$$F = f(Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6) \rightarrow \min, \quad (2)$$

де Z_1 – витрати на час перебування місцевих вагонів i -типу на сортувальному та вантажному комплексах;

Z_2 – витрати дизельного палива (електроенергії) на поїзні та маневрові переміщення;

Z_3 – витрати на пробіги вивізних і передаточних поїздів;

Z_4 – витрати, що пов'язані з часом перебування локомотивів, включаючи час роботи локомотивних бригад;

Z_5 – витрати на інформаційне забезпечення станційних операцій сортувальної, вантажної роботи, передаточного руху у вузлі;

Z_6 – витрати на допоміжний пробіг маневрових та передаточних локомотивів.

$$\text{При обмеженнях: } \left\{ \begin{array}{l} \text{кількість вагонів } 1 \leq m_c \leq m \\ \text{тривалість роботи сортувальної системи та вантажних фронтів } 12 \leq t_c \leq 24 \\ \text{місткість вантажного фронту } 1 \leq m_c \leq m_{\text{фр}} \\ \text{тривалість роботи маневрових локомотивів } 12 \leq t_n \leq 24 \\ \text{маса передаточного поїзду } Q_{\text{min}} \leq Q_n \leq Q \\ \text{імовірності появи різних типів універсальних та спеціалізованих вагонів у поїзді } P_U + P_C + P_T + P_{\text{II}} = 1 \end{array} \right.$$

У явному зображенні експлуатаційні витрати мають вигляд:

$$\begin{aligned}
 Z = & [(t_{\text{сорм}} + t_{\text{вант}})(e_U P_U + e_T P_T + e_C P_C + e_{\Pi} P_{\Pi}) m_c] + \\
 & + \left[\int_{Q_{\min}}^{Q_{\max}} G(Q_n) dQ_{\text{нал}} 10^{-3} \right] + [Q_{\Pi} L \cdot c_k \cdot 10^{-4}] + [T_{\Pi} \cdot c_{\text{лн}} + T_M \cdot c_{\text{лм}} + T_{\text{б}} \cdot c_{\text{б2}}] + \\
 & + [24 \cdot V_i \cdot c_{\text{м2}}] + [PL_{\text{дон}} c_{\text{ко}} 10^{-4}], \tag{3}
 \end{aligned}$$

В результаті вирішення задачі методом динамічного програмування [9] отримуємо набір стратегій обслуговування вантажних комплексів на опорній сортувальній та вантажних станціях. За безумовно оптимальний варіант обирається варіант на останньому кроці за мінімальними експлуатаційними витратами

$$\begin{aligned}
 Z_{\min} = \min \{Z_i(u)\} \\
 s \in \tilde{S}_0 \tag{4}
 \end{aligned}$$

Першочерговим є подавання, на яке витрачається мінімум часу. Якщо є вагони, що вимагають пріоритетного подавання, то такі вагони подаються в першу чергу. Іноді виникає ситуація, коли вагони не можуть бути завантажені внаслідок нестачі порожніх вагонів, то в першу чергу подаються вагони, що йдуть під здвоєні вантажні операції. Оскільки звітні дані є тільки про час перебування локомотива на подаванні-забиранні та про обіг його, подальші розрахунки проводимо за даним чинником. Доцільно при цьому враховувати за типами вагонів (універсального, спеціалізованого) вартість вагоно-години. Оптимальна послідовність подавань або руху передаточних поїздів може бути визначена з урахуванням у них різних видів вагонів.

Ці розрахунки можливі на базі даних пономерної моделі АСК ВП УЗ-Є за елементами простою вагонів на станціях та дільницях. Доцільно врахувати одночасно тривалість поїзних, сортувальних,

вантажних операцій на кожному з ЕЗТС, вартість вагоно-годин рухомого складу різних власників та, враховуючи більшу ретельність проведення розрахунків часу перебування вагонів між залізницею та вантажовласниками, оптимальна послідовність подавань вагонів на вантажні пункти сприятиме скороченню простою місцевих вагонів на опорній сортувальній станції і на вантажних станціях дирекції залізничних перевезень та скороченню експлуатаційних витрат.

Висновки з дослідження й перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Недотримання термінів доставки призводить до відмовлення користувачів від послуг залізничного транспорту і переходу на інші види транспорту, зокрема – на автотранспорт. У роботі операторів перевезень потрібно зменшення обігу вагона пов'язувати із прискоренням доставки вантажу.

Розробку плану формування вантажних поїздів необхідно проводити з урахуванням закріплення спеціалізації колій у сортувальних парках технічних (сортувальних) станцій, на яких виконується переробка вагонопотоків залежно від зобов'язань залізниці з термінів доставки вантажів і обігу вагонів різних операторів перевезень з урахуванням гнучких технологій поїздоутворення.

Необхідно доповнити існуючу спеціалізацію вантажних поїздів, для чого у кожному регіоні залізниці виділити “Опорну технічну станцію” і мережу “Дільничних технічних станцій”,

враховуючи кореспонденцію вагонопотоків у попутному напрямку між цими станціями і варіантне поїздоутворення на комплексі взаємодіючих об'єктів мережі.

На ДП «Український транспортно-логістичний центр» слід покласти функції Єдиного інформаційно-керуючого логістичного центру, що об'єднує як

залізничну, так і внутрішньопортову логістику з координації роботи з урахуванням гнучких договірних тарифів при згоді користувачів для прискорення просування поїздо- або вагонопотоку, або при прискоренні терміну доставки за вимогою користувача.

Список літератури

1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року [Електронний ресурс]. Схвалено розпорядженням КМУ від 16.12.2009. №1555-р. – Режим доступу: [www/URL: http://www.mintrans.gov.ua/uk/discussion/15621.html/](http://www.mintrans.gov.ua/uk/discussion/15621.html/) 10.12.2009. – Загол. з екрана.

2. Концепція державної програми реформування залізничного транспорту України [Текст] / Схвалено розпорядженням КМУ 27.12.2006. № 651-р. – К.: Магістраль, № 1 (1179). – 10-16 січ. 2007. – 6 с.

3. Програма економічних реформ України на 2010-2014 рр.: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/URL: president.gov.ua/docs/Programa_reform_FINAL_1.pdf](http://www.president.gov.ua/docs/Programa_reform_FINAL_1.pdf). – Загол. з екрана.

4. Данько, М.І. Формування вимог до технології взаємодії залізничних адміністрацій і власників рухомого складу [Текст] / М.І. Данько, Д.В. Ломотько, В.М. Запара, В.В. Кулешов // 36. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 124 – С. 5-11.

5. Данько, М.І. Удосконалення організаційно-технологічної моделі використання вантажних вагонів різної форми власності на залізницях України [Текст] / М.І. Данько, Д.В. Ломотько, В.В. Кулешов // 36. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 129 – С. 5-12.

6. Кулешов, В.В. Удосконалення інформаційної технології роботи з вагонами різних форм власності з метою оптимізації пропускної спроможності залізничних транспортних систем [Текст] / В.В. Кулешов // 36. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 124 – С. 83-90.

7. Кулешов, В.М. Системний аналіз використання технічних засобів залізничних станцій [Текст] / В.М. Кулешов, М.П. Носенко, Ю.А. Рябушка // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. –2007. – 2/6(26). – С. 14-16.

8. Шапкин, А.С. Математические методы и модели исследования операций. [Текст] / А.С. Шапкин, В.А. Шапкин. – 5-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация “Дашков и К”, 2009. – 400 с.

Ключові слова: інформатизація перевезень, обслуговування вантажних комплексів, опорна сортувальна станція, подавання-забирання, технологія розвезення вагонів, експлуатаційні витрати.

Анотації

При структурних змінах і зростанні економіки виникає необхідність адекватно розвивати транспортну систему. Запропонована функціональна модель діяльності сортувального комплексу опорної сортувальної станції. Оптимальний варіант черговості подавання-забирання або розвезення вагонів визначається за мінімумом експлуатаційних витрат.

В результаті вирішення задачі методом динамічного програмування отримуємо набір стратегій обслуговування вантажних комплексів на опорній сортувальній та вантажних станціях. За безумовно оптимальний варіант обирається варіант на останньому кроці за мінімальними експлуатаційними витратами.

При структурных изменениях и росте экономики возникает необходимость адекватно развивать транспортную систему. Предложена функциональная модель деятельности сортировочного комплекса опорной сортировочной станции. Оптимальный вариант очередности подачи-уборки или развоза вагонов определяется по минимуму эксплуатационных расходов.

В результате решения задачи методом динамического программирования получаем набор стратегий обслуживания грузовых комплексов на опорной сортировочной и грузовых станциях. За безусловно оптимальный вариант выбирается вариант на последнем шаге с минимальными эксплуатационными расходами.

Under structured change and growing of the economy appears need adequately to develop the transport system. It is offered functional model to activity of the sorting complex to supporting switchyard. The optimum variant to sequence of the delivery coach is defined on minimum of the working expenses.

As a result of decisions of the problem by method of the dynamic programming get the set service strategy cargo complex on supporting sorting and cargo station. Variant is chosen for certainly optimum variant on the last step with minimum working expenses.

УДК 656.025.2

*Канд. техн. наук Д.В. Константинов,
О.Г. Черваньова*

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ МІЖРЕГІОНАЛЬНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ

Представила д-р техн. наук, професор Т.В. Бутько

Вступ. Розвиток швидкісного руху в Україні – один із пріоритетних напрямків діяльності Укрзалізниці. Географічні та економічні умови в нашій країні надають вирішенню цього завдання важливе соціальне значення.

Вперше питання про створення спеціалізованих швидкісних пасажирських ліній було поставлене в СРСР наприкінці 1960-х років. У 1969-1974 роках за дорученням Міністерства шляхів сполучень галузеві науково-дослідні та проектні

інститути виконали комплекс робіт, на підставі яких були зроблені пропозиції щодо спорудження таких швидкісних ліній:

- Ленінград - Москва - Південь (від Москви на Харків, Лозову і далі гілки на Ростов-на-Дону та Сімферополь);

- Москва - Київ - Львів - Чоп і далі в напрямку країн Східної Європи;

- Москва - Мінськ - Брест і далі в напрямку країн Східної Європи.

В середині 1970-х років виникли труднощі в роботі залізниць СРСР,

пов'язані з необхідністю освоєння збільшених обсягів вантажних перевезень. Це відсувало на другий план питання швидкісного руху, і дослідження з даної тематики були припинені. В кінці 1980-х на початку 1990-х років, у зв'язку зі зміною соціально-політичних обставин і погіршенням економічного становища в країні, фінансування Державної програми розвитку швидкісного руху скоротилося [1].

Актуальність. За прогнозами фахівців, загальна потреба в перевезенні пасажирів залізничним транспортом (крім приміського сполучення) становить близько 60,5 млн осіб на рік. При цьому потенційний обсяг пасажирських перевезень з урахуванням наявного парку пасажирських вагонів без його поновлення та з урахуванням списання зменшиться в 2013 р. на 200 тис. осіб, у 2014 р. – на 4,9 млн осіб, в 2015 р. – на 3,1 млн осіб, в 2016 р. – на 4,3 млн осіб і в 2017 р. – на 1,2 млн осіб.

Таким чином, потенційний обсяг пасажирських перевезень складе: у 2013 р. – 53,8 млн осіб, 2014 р. – 48,9 млн осіб, 2015 р. – 45,8 млн осіб, 2016 р. – 41,5 осіб і 2017 р. – 40,3 млн осіб. На сьогоднішній день з 6887 пасажирських вагонів лише 2985 (43 %) працюють у межах нормативного терміну експлуатації, 3644 (53 %) працюють з продовженим терміном експлуатації і 258 (4 %) є за межами нормативного терміну експлуатації [2].

За останні роки російські залізниці не мають збитків з пасажирських перевезень, а українські залізниці за останні 5 років отримали збитків від пасажирських перевезень близько 30 млрд грн [3], головними причинами чого є старий рухомий склад, низькі швидкості руху, низькі показники населеності та пасажиропотоку, а також високі експлуатаційні витрати. Потрібно шукати нові шляхи для досягнення прибутковості швидкісних пасажирських перевезень.

Аналіз останніх досліджень. Для запровадження швидкісного пасажирського руху проводиться комплекс робіт для

модернізації інфраструктури та подальше розділення залізничних ходів на вантажні та пасажирські. Саме завдяки цьому кроку від вантажних поїздів будуть звільнені транспортні коридори, призначені для швидкісних поїздів. Також, не менш важливе для нормальної експлуатації швидкісної ділянки є і те, що вона розрахована виключно на пасажирські поїзди, а не на важкі вантажні, які негативно впливають на колії. В результаті буде досягнуто необхідне зростання швидкості, відповідно комфортність перевезень та якість обслуговування пасажирів. Розділення пасажирського та вантажного рухів, у цілому, позитивно вплине на якість перевезень пасажирів, які стануть більш комфортні та швидкі. Такі новації нададуть змогу населенню зекономити час на здійсненні поїздок та пожвавити їх ділову активність у всіх сферах.

Система організації пасажирських перевезень перебудовується за європейськими стандартами, серед яких є зменшення збитковості пасажирського сектора та зміна якості надання послуг пасажирам. Зокрема, для покращення обслуговування пасажирів, Укрзалізницею здійснюється низка заходів: запровадження швидкісного пасажирського руху, придбання пасажирського рухомого складу нового покоління (електропоїздів Hyundai і Skoda), покращення сервісу тощо.

В рамках розвитку проекту впровадження високошвидкісного пасажирського руху на залізницях України Укрзалізниця придбала десять нових двосистемних міжрегіональних електропоїздів Hyundai (IC+) у дев'ятивагонній комплектації та два фірмових двоповерхових швидкісних електропоїздів Skoda (IC) у шестивагонній комплектації, що здійснювалось у рамках проекту впровадження в Україні швидкісного пасажирського руху.

Електропоїзд Hyundai призначений для перевезень пасажирів з експлуатаційною швидкістю до 160 км/год

по залізницях України із шириною колії 1520 мм на електрифікованих ділянках колії з постійним струмом напругою 3 кВ та змінним струмом напругою 25 кВ, частотою 50 Гц.

Електропоїзд Skoda призначений для швидкісних перевезень пасажирів у вагонах підвищеної комфортності залізницями України із шириною колії 1520 мм на електрифікованих ділянках з постійним струмом напругою 3 кВ і змінним струмом напругою 25 кВ, частотою 50 Гц і здатний розвивати швидкість до 160 км/год.

Поїзди передали в експлуатацію спеціально створеному дочірньому підприємству – "Українська залізнична швидкісна компанія" (УЗШК). Це робиться для того, щоб створити чітке уявлення про економіку проекту і вивести його на прибутковість.

Зв'язок з державними науковими програмами. Державна адміністрація залізничного транспорту України Укрзалізниця (вітчизняний монополіст у сфері залізничних перевезень) була створена Постановою Кабінету Міністрів України № 356 від 14 грудня 1991 року і є органом управління залізничним транспортом загального користування.

Укрзалізниця реалізувала кілька програм, спрямованих на підвищення ефективності роботи. Серед них:

- Комплексна програма оновлення рухомого складу на 2006-2010 рр. (Модернізація та закупівля локомотивів, пасажирських та вантажних вагонів практично повністю буде здійснена на вітчизняних підприємствах);

- Програма електрифікації залізниць;

- Програма розвитку транспортних коридорів і комплексна програма становлення України як транзитної держави (передбачається пропускання транзитних вантажів, які сьогодні між Азією та Європою переправляються морем, за рахунок гнучкої тарифної політики, удосконалення технології перевезень і т.д.);

- Програма поетапного збільшення пропускної спроможності кримського напрямку (за рахунок модернізації інфраструктури на дистанції "Харків - Люботин - Полтава - Користівка - Долинська - Миколаїв - Херсон - Джанкой");

- Галузева програма енергозбереження та впровадження альтернативних видів палива на 2002-2010 рр.;

- Програма впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів (у зв'язку із проведенням в Україні в 2012 році Чемпіонату Європи з футболу стала ще більш актуальною) [4].

Постановка завдання. На сьогоднішній день на залізницях України швидкісні електропоїзди – найбільш перспективний рухомий склад на шляху розвитку швидкісних пасажирських перевезень, які вимагають набагато більшої уваги, особливо в питанні технології експлуатації. Забезпечення оптимальної системи курсування поїздів "Інтерсіті" та "Інтерсіті+" дозволить знизити їхні експлуатаційні витрати. Для цього необхідно детально дослідити систему експлуатації нового рухомого складу (пасажиропотоки, населеність, маршрути прямування).

Основний матеріал. На сьогодні маршрути прямування швидкісних пасажирських поїздів прокладені між найбільшими містами, які мають добре розвинену інфраструктуру і характеризуються високою щільністю населення. Розглянемо їх.

Поїзд категорії "Інтерсіті +" № 161 сполученням Харків - Київ відправленням о 06 год 50 хв зі станції Харків-Пас. та прибуттям об 11 год 30 хв на станцію Київ-Пас., маючи зупинки на станціях Полтава-К., Миргород, витрачає 4 год 40 хв на проходження маршруту.

Поїзд категорії "Інтерсіті +" № 164 сполученням Київ - Харків відправленням о 18 год 15 хв зі станції Київ-Пас. та прибуттям о 22 год 50 хв на станцію Харків-Пас., маючи зупинки на станціях

Миргород, Полтава-К., витрачає 4 год 35 хв на проходження маршруту.

Поїзд категорії "Інтерсіті +" № 151 сполученням Донецьк - Київ відправленням о 06 год 30 хв зі станції Донецьк та прибуттям о 13 год 10 хв на станцію Київ-Пас., маючи зупинки на станціях Костянтинівка, Краматорськ, Слов'янськ, Полтава-П., Миргород, витрачає 6 год 40 хв на проходження маршруту.

Поїзд категорії "Інтерсіті +" № 152 сполученням Київ - Донецьк відправленням о 16 год 30 хв зі станції Київ-Пас. та прибуттям о 23 год 10 хв на станцію Донецьк, маючи зупинки на станціях Миргород, Полтава-П., Слов'янськ, Краматорськ, Костянтинівка, витрачає 6 год 40 хв на проходження маршруту.

Поїзд категорії "Інтерсіті +" № 153 сполученням Донецьк - Київ відправленням о 16 год 50 хв зі станції Донецьк та прибуттям о 23 год 35 хв на станцію Київ-Пас., маючи зупинки на станціях Костянтинівка, Краматорськ, Слов'янськ, Полтава-П., Миргород, витрачає 6 год 45 хв на проходження маршруту.

Поїзд категорії "Інтерсіті +" № 154 сполученням Київ - Донецьк відправленням о 06 год 05 хв зі станції Київ-Пас. та прибуттям о 12 год 45 хв на станцію Донецьк, маючи зупинки на станціях Миргород, Полтава-П., Слов'янськ, Краматорськ, Костянтинівка, витрачає 6 год 40 хв на проходження маршруту.

Поїзд категорії "Інтерсіті +" № 149 сполученням Донецьк - Київ відправленням о 23 год 12 хв зі станції Донецьк та прибуттям о 05 год 56 хв на станцію Київ-Пас., маючи зупинки на станціях Костянтинівка, Краматорськ, Слов'янськ, Полтава-П., Миргород, витрачає 6 год 44 хв на проходження маршруту.

Поїзд категорії "Інтерсіті +" № 150 сполученням Київ - Донецьк відправленням о 23 год 38 хв зі станції Київ-Пас. та прибуттям о 06 год 27 хв на станцію Донецьк, маючи зупинки на станціях Миргород, Полтава-П., Слов'янськ,

Краматорськ, Костянтинівка, витрачає 6 год 49 хв на проходження маршруту.

Поїзд категорії "Інтерсіті +" № 155 сполученням Харків - Київ відправленням о 18 год 45 хв зі станції Харків-Пас. та прибуттям о 23 год 15 хв на станцію Київ-Пас., маючи зупинки на станціях Полтава-К., Миргород, витрачає 4 год 30 хв на проходження маршруту.

Поїзд категорії "Інтерсіті +" № 156 сполученням Київ - Харків відправленням о 06 год 15 хв зі станції Київ-Пас. та прибуттям о 10 год 43 хв на станцію Харків-Пас., маючи зупинки на станціях Миргород, Полтава-К., витрачає 4 год 28 хв на проходження маршруту.

Поїзд категорії "Інтерсіті" № 157 сполученням Харків - Донецьк відправленням о 06 год 25 хв зі станції Харків-Пас. та прибуттям о 10 год 29 хв на станцію Донецьк, маючи зупинки на станціях Лозова, Слов'янськ, Краматорськ, Костянтинівка, Ясинувата-Пас. витрачає 4 год 04 хв на проходження маршруту.

Поїзд категорії "Інтерсіті" № 158 сполученням Донецьк - Харків відправленням о 19 год 20 хв зі станції Донецьк та прибуттям о 23 год 10 хв на станцію Харків-Пас., маючи зупинки на станціях Костянтинівка, Краматорськ, Слов'янськ, Лозова, витрачає 3 год 50 хв на проходження маршруту.

Поїзд категорії "Інтерсіті" № 169 сполученням Донецьк - Дніпропетровськ відправленням о 11 год 00 хв зі станції Донецьк та прибуттям о 13 год 55 хв на станцію Дніпропетровськ-Гол., маючи зупинки на станціях Красноармійськ, Чаплине, Синельникове-2, витрачає 2 год 55 хв на проходження маршруту.

Поїзд категорії "Інтерсіті" № 170 сполученням Дніпропетровськ - Донецьк відправленням о 06 год 40 хв зі станції Дніпропетровськ-Гол. та прибуттям о 13 год 55 хв на станцію Донецьк, маючи зупинки на станціях Синельникове-2, Чаплине, Красноармійськ, витрачає 2 год 59 хв на проходження маршруту.

Поїзд категорії "Інтерсіті" № 171 сполученням Харків - Донецьк відправленням о 14 год 43 хв зі станції Харків-Пас. та прибуттям о 18 год 57 хв на станцію Донецьк, маючи зупинки на станціях Балаклея, Ізюм, Красний Лиман, Слов'янський Курорт, Краматорськ, Костянтинівка, витрачає 4 год 14 хв на проходження маршруту.

Поїзд категорії "Інтерсіті" № 172 сполученням Донецьк - Харків відправленням о 10 год 00 хв зі станції Донецьк та прибуттям о 14 год 18 хв на станцію Харків-Пас., маючи зупинки на станціях Костянтинівка, Краматорськ, Слов'янський Курорт, Красний Лиман, Ізюм, Балаклея, витрачає 4 год 18 хв на проходження маршруту.

Поїзд категорії "Інтерсіті" № 173 сполученням Донецьк - Дніпропетровськ відправленням о 19 год 35 хв зі станції Донецьк та прибуттям о 22 год 30 хв на станцію Дніпропетровськ-Гол., маючи зупинки на станціях Красноармійськ, Чаплине, Синельникове-2, витрачає 2 год 55 хв на проходження маршруту.

Поїзд категорії "Інтерсіті" № 174 сполученням Дніпропетровськ - Донецьк відправленням о 15 год 47 хв зі станції

Дніпропетровськ-Гол. та прибуттям о 18 год 46 хв на станцію Донецьк, маючи зупинки на станціях Синельникове-2, Чаплине, Красноармійськ, витрачає 2 год 59 хв на проходження маршруту.

Дослідження існуючих маршрутів прямування нових швидкісних міжрегіональних поїздів "Інтерсіті" та "Інтерсіті +" дозволяє підкреслити високу ефективність планування системи курсування цих поїздів, що об'єднує найбільші за розмірами населення і відповідно потребами в перевезеннях мегаполіси східної України. Однак, окрім якості прокладання маршрутів сполучення, окремої уваги потребує дослідження ефективності призначення встановлених композицій міжрегіональних швидкісних поїздів при існуючих розмірах руху. Це можливо визначити шляхом аналізу основних експлуатаційних показників пасажирських перевезень, таких як добові пасажиропотоки та населеність поїздів.

Для аналізу ефективності даних маршрутів візьмемо добові показники пасажиропотоків та населеності швидкісних електропоїздів "Інтерсіті", "Інтерсіті +" (01.01.2013 р.) та зобразимо у вигляді графіків (рис. 1-2).

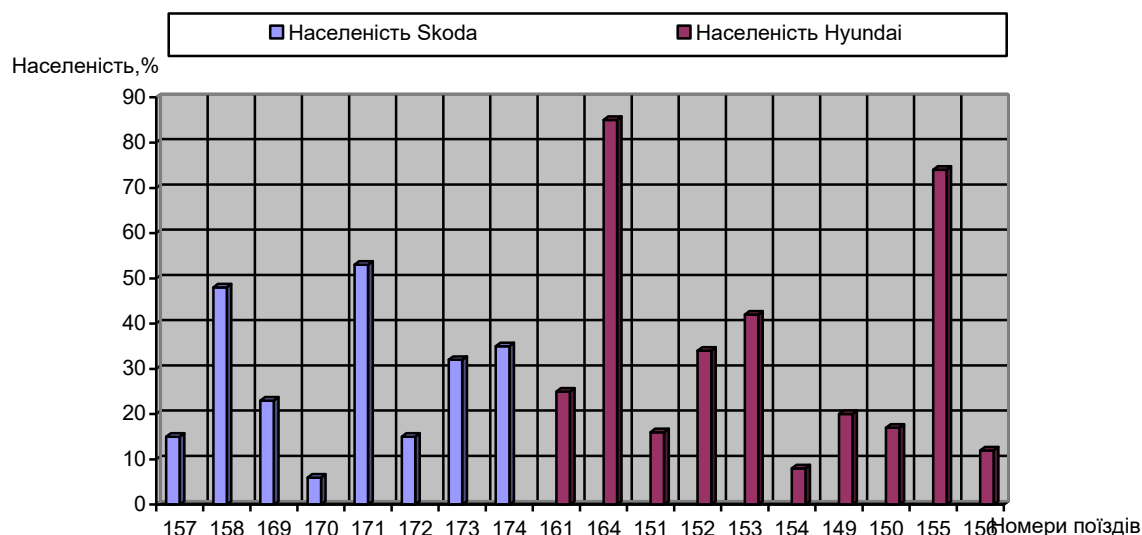


Рис. 1. Графік коливання добової населеності всіх маршрутів міжрегіональних швидкісних поїздів за 01.01.2013 р.

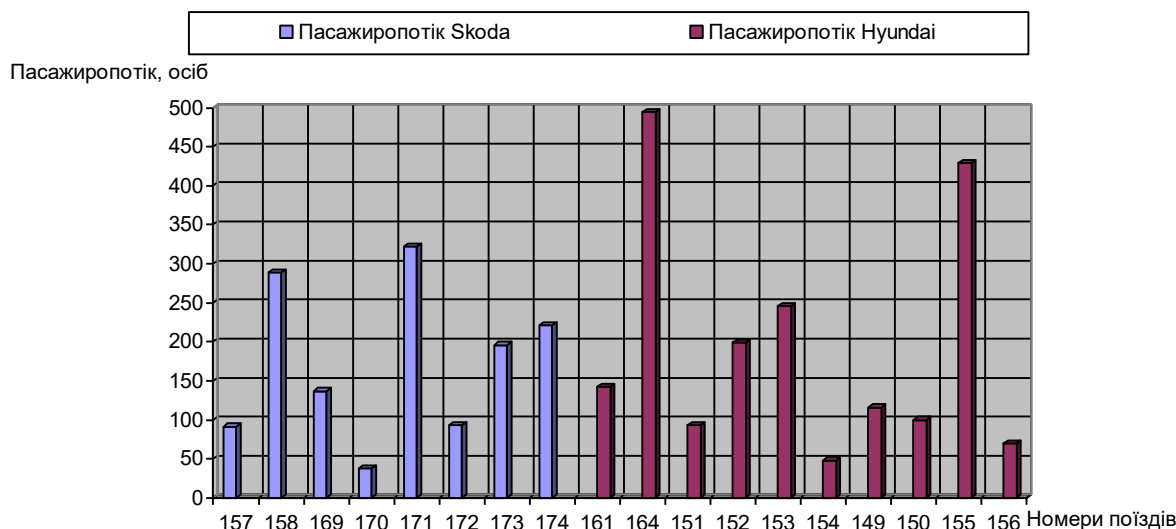


Рис. 2. Графік коливання добового пасажиропотоку всіх маршрутів міжрегіональних швидкісних поїздів за 01.01.2013 р.

Отже, аналіз експлуатаційних показників, поданий на графіках, дає змогу встановити, що рівень населеності і пасажиропотоків не відповідає композиції рухомого складу при заданих розмірах руху. Це підкреслює недостатню ефективність використання нового рухомого складу та недосконалість існуючої системи регулювання їх експлуатації. Внаслідок цього при стабільно високих витратах на експлуатацію нові поїзди "Інтерсіті" та "Інтерсіті+" приносять занадто низькі доходи, що сприяє продовженню терміну окупності.

Для вирішення цієї проблеми доцільними є подальша розробка та впровадження гнучкої адаптивної технології експлуатації електропоїздів Hyundai (IC+) і Skoda (IC) на основі оперативного регулювання композицій в основних пунктах обороту відповідних пасажирських станцій великих мегаполісів. Реалізація оперативної технології потребує надання системі управління адаптації та сприятливості до змін ситуації на ринку перевезень, що обумовлює в умовах сучасного розвитку інформаційних

технологій необхідність розробки та впровадження системи підтримки прийняття рішень (СППР), спрямованої на оптимізацію процесу прийняття оперативних рішень на всіх рівнях управління швидкісним пасажирським комплексом. Тому, з огляду на складність управління швидкісними пасажирськими перевезеннями та наявність при плануванні нечіткої вхідної інформації для розв'язання поставленої науково-прикладної задачі, доцільним є використання сучасного підходу на основі математичного апарату нечіткої логіки та нейронних мереж.

Результати отриманих експериментальних даних у [5] показали ефективність запропонованого методу проектування математичної моделі СППР для оперативного корегування поїздуутворенням у дальньому сполученні. Розробка на принципах [5] нової моделі, пристосованої шляхом навчання та адаптації до особливостей коливань пасажиропотоків міжрегіональних поїздів "Інтерсіті" та "Інтерсіті +", дозволить отримати якісно нову модель СППР оперативного регулювання композиції даних поїздів.

Запропонований метод проектування математичної моделі оперативного регулювання швидкісним пасажирським рухом дозволяє, використовуючи нелінійні принципи, представляти експертні висновки за допомогою правил, а існуюча гібридна технологія адаптивних нейро-нечітких систем висновків ANFIS (Adaptive Network-based Fuzzy Interference System) дає можливість автоматизувати процес настроювання моделі.

Висновок. Отже, подальша реалізація на основі запропонованого підходу СППР оперативного регулювання композицій міжрегіональних пасажирських поїздів "Інтерсіті" та "Інтерсіті+" дозволить забезпечити покращення системи експлуатації нового швидкісного рухомого складу в умовах стабільного руху, що є одним з ключових стратегічних завдань у транспортній галузі.

Список літератури

1. Развитие скоростного и высокоскоростного движения в России: Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 1.
2. Інтернет <http://www.fixygen.ua/news/20121026/ukrzaliznytce.html>
3. Інтернет http://www.lb.ua/tags/9442_ukrzaliznitsya.html
4. Інтернет <http://www.file.liga.net/company/2084/ykrzaliznicya.htm/>
5. Бутько, Т.В., Застосування нейро-нечіткого моделювання в системах підтримки прийняття рішень для оперативного корегування поїздоутворенням пасажирських составів [Текст] / Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2006. – Вип. 1/2(19). – С. 32-36.

Ключові слова: міжрегіональні пасажирські перевезення, пасажиропотоки, населеність, маршрути прямування, технологія експлуатації.

Анотації

У статті розглянуто питання, що стосується удосконалення міжрегіональних пасажирських перевезень. Досліджено існуючу систему експлуатації швидкісного руху. Запропоновано розробку подальшого впровадження гнучкої адаптивної технології експлуатації на основі оперативного регулювання композицій електропоїздів Hyundai (IC+) і Skoda (IC) у пунктах обороту.

В статье рассмотрены вопросы, которые касаются усовершенствования межрегиональных пассажирских перевозок. Исследована существующая система эксплуатации скоростного движения. Предложена разработка дальнейшего внедрения гибкой адаптивной технологии эксплуатации на основе оперативного регулирования композиций электропоездов Hyundai (IC+) и Skoda (IC) в пунктах оборота.

The article deals with issues concerning the improvement of inter-regional passenger traffic. The existing system of exploitation of high-speed traffic. A further application development flexible adaptive technology operating on the basis of operational control compositions electric Hyundai (IC+) and Skoda (IC in paragraphs turnover).

УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Представив д-р техн. наук, професор В.М. Запара

Вступ. Впровадження сучасних енергозберігаючих технологій в роботу сортувальних станцій необхідно у подальшому здійснювати за допомогою використання супутникових глобальних інформаційних систем. Звісно, що енергозбереження – основа побудови ефективної транспортної системи будь-якої залізниці.

Енергоресурси на залізниці використовуються в усіх виробничих процесах. Вони потрібні і для забезпечення перевізного процесу, і для підтримки життєздатності широко розгалуженої залізничної інфраструктури, виробничих і соціальних залізничних об'єктів та ін.

Враховуючи характер і види використовуваних енергоресурсів, основний потенціал енергозбереження на залізниці полягає в оптимізації ресурсозбереження та енергозбереження – споживання дизельного палива (машини і механізми), електроенергії (виробництво, тяга).

Проблему оптимізації ресурсозбереження та енергозбереження необхідно розглядати у рамках використання супутникових інформаційних систем, що дозволяє підвищити прибутки сортувальних станцій за рахунок скорочення непродуктивних витрат усіх технологічних операцій при виконанні експлуатаційної роботи.

Аналіз попередніх досліджень. Зменшення витрат на паливо, електроенергію, шкідливі викиди в атмосферу, а також питання екології в наш час є надзвичайно актуальними. Звісно, що вартість паливно-енергетичних ресурсів має різке коливання, і в свою чергу тягне за

собою збільшення витрат на експлуатаційну та маневрову роботу на сортувальних станціях. З урахуванням цього фактора доцільно впроваджувати енергозберігаючі технології за допомогою супутникових глобальних інформаційних систем, які дозволять найбільш ефективно використовувати дані ресурси при найменших їх витратах.

Найбільш енергоємними залізничними підрозділами є сортувальні станції, на яких застосування енергозберігаючих технологій дозволить підвищити рентабельність цих станцій.

Значну частину витрат, у загальному обсязі роботи сортувальної станції займають витрати палива маневровими локомотивами, під час виконання технологічних операцій [2,3]. Об'єктивний аналіз цих витрат з урахуванням усіх факторів – основний напрямок зменшення збитків у сучасних умовах роботи сортувальних станцій.

Розрахунки норм витрат палива маневровими локомотивами під час виконання технологічних операцій дають лише наближені показники, тому фактичні витрати палива можуть істотно відрізнятись. Причиною цього є те, що дані розрахунків отримані на основі методів математичної статистики, які не в повній мірі враховують швидкозмінювання факторів, впливаючих на рух поїзда, а саме – поєднання різних типів вагонів, їх технічний стан, зношення буксових вузлів, технічний стан локомотива, місцеві кліматичні умови та інше.

Також слід враховувати те, що кожний із факторів має різний ступінь впливу на витрати палива маневровими локомотивами.

Нещодавно розроблена автоматизована система (далі – система) обліку, контролю і аналізу витрат палива маневровими тепловозами „КОНОР” (рис. 1) у локомотивному депо.

Система включає паливо-вимірвальну підсистему вимірювання і

реєстрації параметрів палива та роботи тепловоза, а також стаціонарну підсистему обробки даних, зареєстрованих на змінному модулі пам'яті.

У паливно-вимірвальній підсистемі застосовані датчики, які характеризуються високою точністю вимірювання рівня і щільності палива в широкому діапазоні їх значень, а також задовольняють експлуатаційні вимоги, що ставляться до устаткування тепловозів.

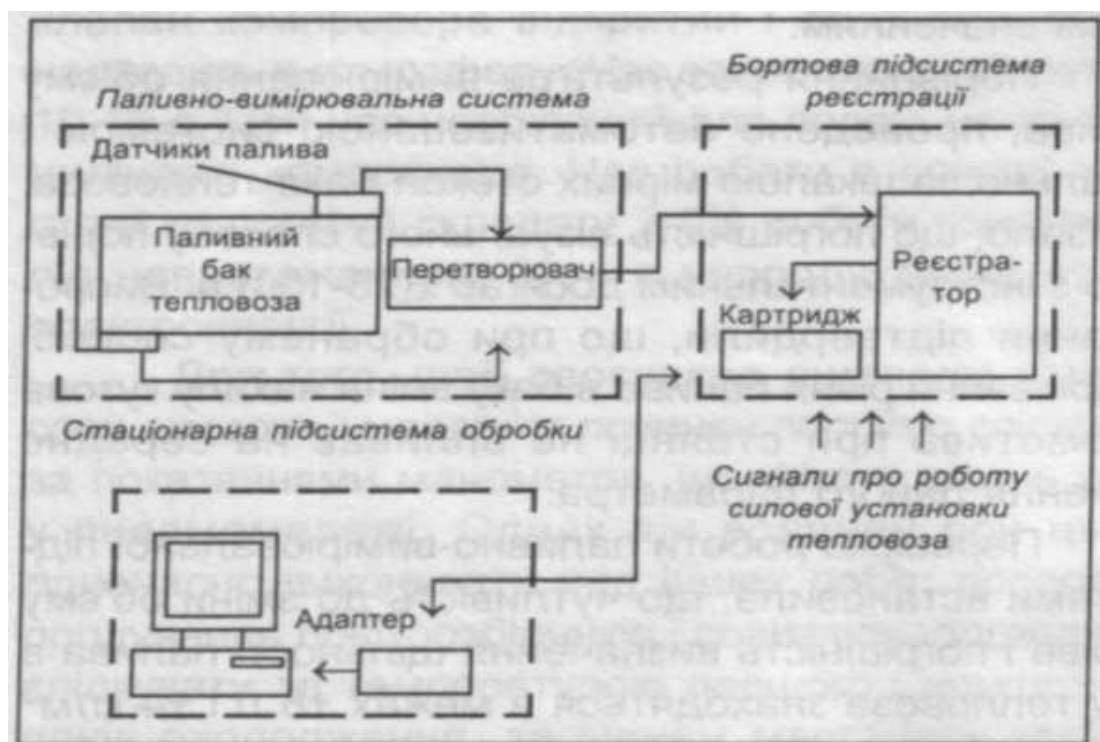


Рис. 1. Функціональна схема автоматизованої системи обліку, контролю і аналізу витрат палива маневровими тепловозами

Для бортової підсистеми вимірювання і реєстрації параметрів роботи тепловоза за основну базу взятий реєстратор параметрів руху.

На тепловозі встановлено таке устаткування системи. Датчики, що вимірюють параметри палива, розміщені на паливному баку. Датчик шляху і швидкості руху локомотива, укріплений на буксі осі колісної пари. Датчики параметрів роботи тягового генератора, розташовані у

високовольтній камері тепловоза, звідси ж подаються дискретні сигнали про режими роботи дизеля. Датчики параметрів роботи дизеля, розміщені на самому двигуні і його системах. Реєстратор встановлений в кабіні машиніста.

Система виконує такі задачі:

- контроль кількості палива на тепловозі в будь-який час;
- облік витрат палива тепловозом за зміну роботи машиніста;

- розрахункове визначення витрат палива тепловозом за зміну роботи машиніста;

- аналіз витрат палива кожним тепловозом і кожним машиністом за заданий період часу.

Облік витрат палива тепловозом за зміну роботи машиніста здійснюється за різницею кількості палива на початку і в кінці зміни. Витрати палива визначаються в одиницях об'єму і маси. Об'єм розраховується за виміряним рівнем палива в баку тепловоза з урахуванням його тарувальної характеристики. При розрахунку маси враховується виміряна щільність палива.

Постановка задачі. Розрахунок витрат палива тепловозом за зміну роботи машиніста виконується з урахуванням витрат палива дизелем на режимах холостого ходу і при роботі під навантаженням. При цьому використовуються зареєстровані дані про час роботи і енергію, вироблену тяговим генератором на цих режимах. Визначення економії або перевитрат палива тепловозом за зміну роботи машиніста необхідно здійснювати методом порівняння фактичних витрат палива з його розрахунковим значенням.

Вирішення задачі. Порівняння результатів вимірювання об'єму палива автоматизованою системою і візуальним методом за шкалою мірних стекол бака тепловоза показало, що погрішність візуального способу, порівняно з інструментальним, досягає $\pm(25-100)$ л. Випробування підтвердили, що при обраному способі вимірювання рівня палива в баку зміна нахилу кузова локомотива при стоянці не впливає на середнє значення даного параметра.

Перевірка роботи паливно-вимірювальної підсистеми встановила, що чутливість до зміни об'єму палива і погрішність визначення щільності палива в баку тепловоза перебувають у межах ± 8 л і ± 4 кг/м³ відповідно в робочому діапазоні зміни вказаних параметрів.

Накопичені дані про режими роботи силових установок тепловозів ЧМЗ-3, обладнаних бортовими системами реєстрації параметрів, дозволяють аналізувати час роботи і витрати палива маневровими локомотивами на різних режимах роботи при виконанні технологічних маневрових операцій на сортувальній станції.

Застосування на маневрових тепловозах розробленої автоматизованої системи тільки за рахунок виконання функції обліку і контролю витрат палива дозволить зменшити витрати палива тепловозами (за рахунок вилучення з роботи локомотивів із систематичними перевитратами палива і виявлення несанкціонованого зливу палива) і знизити трудовитрати інженерно-технічних працівників локомотивного депо (за рахунок автоматизації розрахунків витрат палива). Термін окупності капітальних витрат складе 1,5...2 роки.

Ще одним енергоємним об'єктом на сортувальній станції є компресорна станція. Вона призначена для забезпечення сортувальної станції стисненим повітрям. Компресорна станція – складне підприємство, що включає компресорні установки великої потужності, насоси, вентилятори, системи водяного охолодження.

Управління цим складним обладнанням виконує черговий машиніст вручну або функції чергового машиніста покладені на автоматизовану систему управління компресорною станцією (АУКС).

На мережі залізниць 95 % компресорних станцій обслуговують вручну. Це досить складний і трудомісткий процес, що вимагає від людини напруженої уваги і затрат фізичної енергії протягом усієї робочої зміни.

Як показали досліди, черговий машиніст при ручному обслуговуванні не може забезпечити оптимальний режим роботи компресорної станції відносно витрат електроенергії на роботу компресорів.

Використання системи автоматичного керування (АУКС) дозволяє значно скоротити втрати електроенергії. Ефективність роботи компресорної станції в автоматичному режимі залежить від режиму ввімкнення-вимкнення компресорів керуючим приладом системи.

Тому виникає необхідність дослідити, як впливає режим увімкнення-вимкнення компресорів на роботу компресорної станції і витрати нею електроенергії.

Структурна схема системи повітропостачання сортувальної станції зображена на рис. 2.



Рис. 2. Структурна схема системи повітропостачання сортувальної станції (АУКС)

Споживання стисненого повітря на приведення до дії уповільнювачів на великому інтервалі часу є випадковою величиною з обмеженою амплітудою. Такою ж випадковою величиною є споживання стисненого повітря пневмопоштою і системою обдуву стрілок. Витрати стисненого повітря на витік можна вважати величиною постійною. Таким чином, інтенсивність споживання стисненого повітря можна представити як суму інтенсивностей споживання стисненого повітря сповільнювачами, пневмопоштою, обдувом стрілок і втрат повітря за рахунок його витікання:

$$q_n(t) = q_1(t) + q_2(t) + q_3(t) + q_4(t) . \quad (1)$$

Продуктивність компресорної станції на короткому проміжку часу можна визначити за формулою

$$Q_{кр}(t) = \sum_{i=1}^n Q_i(t) , \quad (2)$$

де Q_i – продуктивність i -го компресора; n – кількість компресорів.

Кількість стисненого повітря, необхідного для забезпечення споживачів,

$$Q = q \Delta T , \quad (3)$$

де q – інтенсивність споживання стисненого повітря за одиницю часу, m^3/c ;

ΔT – інтервал часу, протягом якого відбувається споживання стисненого повітря.

Максимальне значення функції $q_1(t)$, $q_2(t)$, $q_3(t)$ спостерігається при розпуску вагонів, увімкненні пневмопошти і обдуві стрілок. Оскільки ці величини мають випадковий характер і не залежать одна від одної, то в процесі роботи можливі такі ситуації, коли їх максимуми збігатимуться. Компресорна станція повинна мати таку продуктивність, щоб задовольнити вимогу:

$$Q_{кр} = Q_{макс} + Q_{інтенс} , \quad (4)$$

де Q_{\max} – максимальне значення інтенсивності споживання стисненого повітря;

$Q_{\text{інтенс}}$ – інтенсивність витікання стисненого повітря.

У процесі роботи можливі і такі ситуації, коли споживання стисненого повітря дорівнює нулю. В такому випадку компресорна станція повинна мати мінімальну продуктивність.

Для зменшення навантаження на мережу змінного струму вмикання і

вимикання компресорів виконується послідовно.

На рис. 3 відображена залежність продуктивності компресорної станції від часу для одного циклу при автоматичному ввімкненні компресорів.

Інтервал часу від t_1 до t_5 – перехідний процес увімкнення компресорів. Інтервал часу від t_6 до t_{10} – перехідний процес вимкнення компресорів.

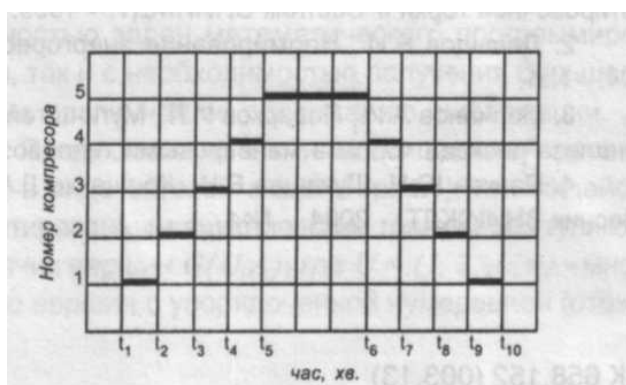


Рис. 3. Графік увімкнення компресорів

Процес увімкнення компресора складається із двох частин: холостого ходу і увімкнення під навантаження. В режимі холостого ходу розвантажувальний клапан компресора відкритий і стиснене повітря надходить в атмосферу. Час холостого ходу складає 10-15 с. Цей час необхідний для подачі мастила до циліндрів компресора. Час роботи в режимі холостого ходу може складати 3-5 % роботи компресора під навантаженням. Це і є непродуктивна втрата електроенергії.

Для того щоб своєчасно вимкнути компресори, черговий машиніст повинен постійно слідкувати за показаннями манометра, що фіксує рівень тиску у пневмережі. Однак він повинен при цьому одночасно виконувати ряд інших робіт: проводити продування повітрязбірників і повітроохолоджувачів, слідкувати за температурою першого і

другого ступенів охолодження, за рівнем мастила у компресорах, виконувати ще ряд функцій при експлуатації компресорної станції. Тому безперервно слідкувати за рівнем тиску повітря у пневмережі оператор не може і не завжди має можливість своєчасно вмикати і вимикати компресори. Отже, при ручному управлінні втрати електроенергії на холостий хід роботи компресорів є неминучими.

В умовах роботи автоматичної системи управління компресорною станцією при досягненні тиску у пневмережі $P=P_{\max}$ подається команда на вимкнення компресорів. Тривалість перехідного процесу вимкнення компресорів має бути такою, щоб тиск у пневмережі не досягав значення $P_{\text{крит}}$, при якому відчиняються захисні клапани розвантаження компресорів. У цьому випадку компресори працюють вхолосту.

Умовою роботи компресорів без втрат електроенергії є таке: загальний час на вимкнення усіх компресорів має бути меншим, ніж час, за який тиск у пневмомережі досягає свого критичного значення $P_{\text{крит}}$.

Отже, можна зробити такі висновки з приводу використання автоматизованої системи управління компресорною станцією:

- в процесі експлуатації компресорів при ручному керуванні компресорною станцією стають неминучими втрати електроенергії. Непродуктивні втрати електроенергії можуть бути ліквідовані лише при використанні системи автоматизованого управління компресорною станцією (АУКС);

- економія електроенергії досягається на оптимальному режимі вимкнення компресорів, тому інтервал між вимкненнями має бути не більше 5-6 с;

- витрати електроенергії компресорною станцією, що обладнана системою АУКС, скорочуються на 30-35 %, а витрати на виготовлення, монтаж і

пусконаладжувальні роботи окупаються не більше ніж за два роки.

Висновки.

1. Застосування автоматизованої системи, встановленої на маневрових локомотивах, тільки за рахунок виконання функції обліку і контролю витрат палива, під час виконання технологічних маневрових операцій, дозволить зменшити витрати палива тепловозами в межах 15-20 % від загальних витрат роботи сортувальної станції.

2. Використання автоматизованого управління компресорною станцією дозволяє знизити непродуктивні втрати електроенергії за рахунок оптимального режиму вимкнення компресорів.

3. Витрати електроенергії компресорною станцією, обладнаною системою АУКС, скорочуються на 30-35 %.

4. Витрати на виготовлення, монтаж і пусконаладжувальні роботи компресорної системи АУКС окупаються не більше ніж за два роки.

Список літератури

1. Панков, Ю.Н. Новые подходы к реализации программы ресурсосбережения [Текст] / Ю.Н. Панков, В.И. Лукашев, Л.А. Крищенко // Вестник ВНИИЖТ. – 2004. – № 4. – С. 18-24.
2. Молчанов, А.И. Автоматизированная система учета, контроля и анализа расхода топлива маневровыми тепловозами [Текст] / А.И. Молчанов, И.Л. Поварков, Л.А. Мугинштейн, К.М. Попов // Вестник ВНИИЖТ. – 2004. – № 2. – С. 25-30.
3. Давыдов, Б.И. Нормирование энергоресурса, расходуемого потоком поездов [Текст] / Б.И. Давыдов // Вестник ВНИИЖТ. – 2004. – № 1. – С. 39-42.

Ключові слова: енергозберігаючі технології, сортувальна станція, автоматизована система, автоматична система, паливо-енергетичні ресурси, датчик, компресор.

Анотації

Оскільки залізничний транспорт є одним з основних великих споживачів паливно-енергетичних ресурсів, то вирішення проблеми енергозбереження зачіпає не лише транспорт, але й економіку країни в цілому. У зв'язку з цим потрібна розробка системного підходу до проблеми, що передбачає як стимулювання оптимізації енергоспоживання, так і впровадження науково-технічних засобів. Найбільше зниження витрат може бути досягнуто

за рахунок впровадження і ресурсозберігаючих технологій. Основною умовою оцінки впровадження ресурсозберігаючих заходів є реальний економічний ефект і економія енергоресурсів.

Поскольку железнодорожный транспорт является одним из основных крупных потребителей топливно-энергетических ресурсов, то решение проблемы энергосбережения затрагивает не только транспорт, но и экономику страны в целом. В связи с этим требуется разработка системного подхода к проблеме, которая предусматривает как стимулирование оптимизации энергопотребления, так и внедрение научно-технических средств. Наибольшее снижение расходов может быть достигнуто за счет внедрения и ресурсосберегающих технологий. Основным условием оценки внедрения ресурсосберегающих мероприятий есть реальный экономический эффект и экономия энергоресурсов.

Since railway transport is a major major consumers of energy resources, energy saving solution affects not only transport, but also the economy as a whole. In this regard need to develop a systematic approach to the problem, which provides an incentive for optimizing energy consumption and the introduction of scientific and technical means. The greatest cost savings can be achieved by introducing saving technologies. The basic condition for the introduction of resource assessment activities are real economic benefits and energy savings.

МЕНЕДЖМЕНТ ОРГАНІЗАЦІЙ

УДК 621.311.003.1:656.2

*Канд. екон. наук О.Л. Васильєв,
Ю.А. Адамус*

**ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ
АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

Представив д-р екон. наук, професор О.Г. Дейнека

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Висока вартість енергоресурсів зумовила останніми роками кардинальну зміну відношення до організації енергообліку на транспорті та в інших енергоємних галузях. Сучасна цивілізована торгівля енергоресурсами заснована на використанні автоматизованого приладового енергообліку, що зводить до мінімуму участь людини на етапі вимірювання, збору і обробки даних і забезпечує достовірний, точний, оперативний і гнучкий, такий, що адаптується до різних тарифних систем, облік як з боку постачальника енергоресурсів, так і з боку споживача. У зв'язку з цим, як для постачальників, так і для споживачів, актуальною є реалізація системи, яка дозволила б об'єднати локальні вузли обліку для створення єдиного вимірювально-інформаційного простору для одноразового, безперервного, автоматичного контролю над технологічними процесами транспортування та споживання енергоресурсів, а також організації комерційних розрахунків за електроенергією.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання, пов'язані із удосконаленням системи обліку електричної енергії, досліджували Гуртовцев А.В., Железко Ю.С., Заборовський В.С., Подгурський Ю.Є., Назаричев А.Н., Андреєв Д.А., Кудрін Б.І. та ін. [1-5]. Вивчення наукових робіт за даним напрямом дозволило дійти висновку про необхідність економічної оцінки доцільності застосування автоматизованих систем комерційного обліку електричної енергії на залізничному транспорті в умовах актуалізації питань енергозбереження.

Метою статті є економічна оцінка доцільності впровадження автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії (АСКОЕ) на залізничному транспорті.

Виклад основного матеріалу дослідження. На залізничному транспорті за безперербійне та якісне забезпечення електричною енергією власних потреб залізниці відповідають дистанції електропостачання, які також можуть постачати електричну енергію стороннім споживачам, що живляться від електромереж дистанції.

В мережі дистанції електропостачання надходить закуплена на оптовому ринку електрична енергія, місячні обсяги якої сягають десятків мільйонів кіловат-годин. У зв'язку з цим актуалізується питання підвищення достовірності обліку електроенергії, адже прилади обліку, які використовуються на даний час, розосереджені територіально і не дозволяють вести моніторинг поточних показників, забезпечити одночасне зняття показань і обробку отриманих даних. У кращому випадку можливий лише щомісячний обхід об'єктів обліку з виконанням напівавтоматичного збору накопичених за звітний період даних, що вимагає невиправданих витрат з боку структурних підрозділів дистанції електропостачання.

Відволікання працівників на виконання таких робіт, не пов'язаних з основною діяльністю, є недопустимим, адже обслуговування пристроїв електропостачання є першочерговим завданням працівників дистанції. Крім того необхідні значні витрати на доставку працівників до місця знаходження засобів обліку.

Застосування автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії дозволяє звести до мінімуму участь людини на етапі вимірювання, збору і обробки даних і забезпечує достовірний, оперативний і гнучкий, адаптований до різних тарифних систем облік енергії.

Метою створення сучасних автоматизованих систем комерційного обліку електричної енергії є:

- забезпечення комерційного обліку електроенергії в кожній точці обліку енергоринку на межі балансової належності електричних мереж його суб'єктів;
- визначення фактичних обсягів електроенергії (активної і реактивної), що надходить у мережі суб'єктів ринку;
- підвищення точності, достовірності і оперативності отримання даних про

вироблення, передачу і споживання електроенергії;

- забезпечення синхронності вимірювань у всіх точках обліку;
- автоматизація процесу збору, передачі та обробки даних приладів обліку;
- визначення та прогнозування всіх складових балансу електроенергії;
- удосконалення розрахунків за відпущену електроенергію.

Рівень енергоспоживання підприємства складається з двох складових: базової та організаційно-технічної.

Базова складова визначається енергоємністю встановленого технологічного обладнання.

Організаційно-технічна складова (ОТС) визначається режимами експлуатації обладнання, які задаються персоналом підприємства, виходячи з виробничих та особистих інтересів і потреб.

Зміна першої базової складової енергоспоживання вимагає заміни застарілих енергоємного обладнання і техпроцесу більш сучасними і менш енергоємними, що пов'язано з модернізацією виробництва і залученням великих інвестицій, що в умовах нашої економіки проблематично [6]. Тому необхідно звернути увагу на можливості мінімізації ОТС рівня енергоспоживання підприємства, яка не вимагає великих грошових витрат, але при реалізації дає швидкий практичний ефект. Зауважимо, що актуальність мінімізації цієї складової зберігається і після скорочення базового енергоспоживання в результаті модернізації виробництва.

ОТС рівня енергоспоживання підприємства, в свою чергу, має принаймні шість основних частин [6]:

- договірна, фіктивна складова, пов'язана з розрахунками за енергоресурси з постачальниками не за фактичними значеннями енергоспоживання, а за договірними і, як правило, істотно завищеними значеннями, що призводить до споживача до фінансових втрат. Ця

складова втрат зводиться до мінімуму (і навіть до нуля) при організації АСКОЕ комерційного обліку;

- тарифна складова, пов'язана з розрахунками за енергоресурси з постачальником за фактичним значенням енергоспоживання, але не за найвигіднішим для споживача тарифом через відсутність обліку, здатного реалізувати цей кращий тариф. Ця складова втрат зводиться до нуля при організації АСКОЕ комерційного обліку, здатної відстежувати будь-які діючі і перспективні тарифи;

- режимно-тарифна складова, пов'язана з можливістю зміни режимів роботи обладнання за часом і величиною енергоспоживання в заданих зонах доби (пікових зонах) з метою мінімізації тарифних платежів у рамках одного і того ж тарифу. Ця складова втрат зводиться до мінімуму при організації АСКОЕ комерційного та технічного обліку з елементами прогнозування і аналізу складу навантажень;

- технологічна складова, пов'язана з порушенням технологічного циклу і неефективним використанням обладнання. Ця складова втрат зводиться до мінімуму при організації АСКОЕ глибокого (до рівня цехів, дільниць і великих енергоустановок) технічного обліку з веденням у госпрозрахунку з енергоресурсів між підрозділами підприємства або норм споживання енергоресурсів підрозділами підприємства;

- особистісна складова, пов'язана з використанням персоналом виробничого обладнання в особистих цілях. Ця складова втрат зводиться до мінімуму при організації АСКОЕ глибокого технічного обліку з розрахунком реальних питомих норм на випуск одиниці продукції;

- безгосподарна складова, пов'язана з незацікавленістю, байдужістю персоналу на робочих місцях до енерговитрат різного виду. Ця складова зводиться до мінімуму при організації АСКОЕ технічного обліку з

введенням внутрішнього госпрозрахунку з енергоресурсів між підрозділами підприємства або норм споживання енергоресурсів підрозділами підприємства при матеріальному стимулюванні працівників за показаннями АСКОЕ за економію енергоресурсів.

На різних підприємствах зазначені складові енерговитрат мають різну питому вагу в рамках ОТС, але в цілому можуть досягати 15-30 і більше відсотків від загального енергоспоживання підприємства. Облік, контроль та мінімізація цих складових можливі тільки при автоматизації енергообліку і є однією з головних цілей створення АСКОЕ на підприємстві та його об'єктах.

Використання АСКОЕ дозволяє отримати такі переваги:

1. При зростанні цін на електроенергію енергозалежні підприємства повинні мати можливість управління енергоспоживанням з тим, щоб планомірно знижувати питому вагу плати за покупку електроенергії. Це можливо тільки при налагодженому комерційному і технічному обліку електроенергії.

2. Діюча на підприємстві АСКОЕ дозволяє отримати точний облік електроенергії і являє собою інструмент вирішення спорів із суміжними ліцензіатами, оскільки дані про споживання електроенергії, що знімаються з лічильників АСКОЕ, надходять в енергопостачальну організацію в режимі реального часу.

3. АСКОЕ з технічним урахуванням електроенергії дозволяє отримати картину енергоспоживання кожного об'єкта в режимі, максимально наближеному до реального часу, і відповідно, планувати підключення своїх об'єктів з максимальною ефективністю.

4. АСКОЕ дозволяє локалізувати втрати і розкрадання електроенергії при її передачі абонентам, а також забезпечити облік переданої електроенергії та послуг на її передачу.

5. Наявність АСКОЕ є однією з невідмінних умов при виході підприємства на оптовий ринок електроенергії, де тарифи нижчі тарифів, що діють усередині регіональної енергосистеми. АСКОЕ, забезпечуючи безперервний моніторинг і аналіз споживання електроенергії, створює якісний облік продукції, що відпускається, та оперативний збір інформації.

Економічна ефективність створення і використання АСКОЕ полягає в постійній економії енергоресурсів і фінансів підприємства при мінімальних початкових грошових витратах. До витрат належать капітальні вкладення на закупівлю та монтаж відповідного обладнання. Поточні витрати на експлуатацію АСКОЕ включають оплату податку на майно. Результатом впровадження АСКОЕ є зниження витрат на оплату електроенергії внаслідок появи можливості переходу за погодженням з постачальником електроенергії на більш вигідний одноставковий зонний тариф, який стимулює оптимізацію добового графіка споживання електричної енергії; повного контролю за процесом електроспоживання, що дозволяє скорочувати непродуктивні

витрати електроенергії; можливості отримання електроенергії з більш вигідного ринку.

Величина економічного ефекту від використання АСКОЕ досягає по підприємствах у середньому 15-30% від річного споживання енергоресурсів, а окупність витрат на створення АСКОЕ відбувається за 2-3 квартали. На сьогоднішній день АСКОЕ підприємства є тим необхідним механізмом, без якого неможливо вирішувати проблеми цивілізованих розрахунків за енергоресурси з їх постачальниками, економії енергоносіїв і зниження частки енерговитрат у собівартості продукції підприємства.

Висновок. Таким чином, впровадження АСКОЕ надає можливість оперативно контролювати та аналізувати режим споживання електроенергії і потужності основними споживачами; збирати і формувати дані на енергооб'єктах; отримувати та передавати на верхній рівень управління інформацію і формувати на цій основі дані для проведення комерційних розрахунків між постачальниками і споживачами електричної енергії.

Список літератури

1. Гуртовцев, А.В. Комплексная автоматизация энергоучета на промышленных предприятиях и хозяйственных объектах [Текст] / А.В. Гуртовцев // СТА. – 1999. – №3. – С. 44-45.
2. Железко, Ю.С. Присоединение потребителей к электрическим сетям общего назначения и договорные условия в части качества электроэнергии [Текст] / Ю.С. Железко // Промышленная энергетика. – 2003. – № 6. – С. 42-49.
3. Заборовский, В.С. Технологии и компоненты передачи данных по линиям электропитания [Текст] / В.С. Заборовский, Ю.Е. Подгурский // Сети. – 1999. – № 10. – С. 38-47.
4. Назарычев, А.Н. Обеспечение эффективности энергоснабжения на основе оценки технического ресурса электрооборудования [Текст] / А.Н. Назарычев, Д.А. Андреев // Энергосбережение и водоподготовка. – 2005. – № 1. – С. 35-41.
5. Кудрин, Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий [Текст]: учеб. для вузов / Б.И. Кудрин. – М.: Интермет Инжиниринг, 2006. – 672 с.
6. АСКУЭ современного предприятия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eu.sama.ru/askue.html>.

Ключові слова: тарифи, ринок електроенергії, економічний ефект, облік електроенергії.

Анотації

Визначено перспективи та економічну доцільність впровадження автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії на залізничному транспорті. Розглянуто сутність базової та організаційно-технічної складової енергоспоживання підприємства. Визначено переваги використання автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії для її постачальників та споживачів.

Определены перспективы и экономическая целесообразность внедрения автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии на железнодорожном транспорте. Рассмотрена сущность базовой и организационно-технической составляющей энергопотребления предприятия. Определены преимущества использования автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии для ее поставщиков и потребителей.

Perspectives and economic abilities of automatic system introduction of commercial revenue metering at the railway transport has been determined. The essence of datum and managerial engineering integral part of enterprise power consumption has been observed. The advantages of automatic systems commercial revenue metering using for its suppliers and consumers have been determined.

УДК 656.2

*Канд. екон. наук О.В. Дикань,
асист. О.Г. Диколенко,
Л.Н. Ганич*

СУЧАСНИЙ СТАН, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Представив д-р екон. наук, професор О.Г. Дейнека

Актуальність теми дослідження. З усіх видів транспорту на сьогоднішній день найбільш перспективним виступає залізничний транспорт, який є основною складовою транспортної системи та базовою галуззю економіки країни. Сьогодні залізничний транспорт України включає розгалужену мережу залізниць, розвинену інфраструктуру і значну кількість рухомого складу. Наявна технічна

озброєність і стабільність роботи залізниць дозволяли їм до останнього часу в цілому задовольняти потреби національної економіки і населення у перевезеннях і залишатися цілком конкурентоспроможним видом транспорту.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблемам розвитку залізничного транспорту України присвячено праці українських учених: А.А. Бакаєва,

Ю.С. Бараша, Л.М. Гаєвської, О.Г. Дейнеки, В.Л. Диканя, В.П. Ільчука, Ю.Ф. Кулаєва, М.В. Макаренка, Л.О. Позднякової, Є.М. Сича, Г.Д. Ейтутиса.

Однак, зважаючи на стан залізничного транспорту сьогодні, невирішеними залишаються проблеми, пов'язані з подальшим успішним функціонуванням галузі. Саме тому **метою даної статті** є аналіз сучасного стану залізниць України, визначення їх основних проблем та перспективи подальшого розвитку.

Виклад основного матеріалу. На сьогоднішній день протяжність залізниць складає 21705 км, 43% з них електрифіковано. У підпорядкуванні Укрзалізниці є 1492 залізничні станції, 129 залізничних вокзалів (з них 31 – першого класу і вище). На підприємствах залізничного транспорту працює більше 385 тис. осіб, які забезпечують його цілодобову роботу.

До підприємств залізничного транспорту, які забезпечують його безперебійну роботу, належать: Дарницький вагоноремонтний завод; Гніванський завод спецзалізобетону; Коростенський завод залізобетонних шпал; Кременчуцький завод залізобетонних шпал; Попаснянський вагоноремонтний завод; Стрийський державний вагоноремонтний завод; Старокостянтинівський завод залізобетонних шпал; Український державний центр залізничних рефрижераторних перевезень; ДП "Укрспецвагон" Український державний

центр з експлуатації спеціалізованих вагонів; ДП Укрзалізничпостач; ДП Вінницятрансприлад; Центральна станція зв'язку Укрзалізниці; Донбасшляхпостач; Головний інформаційно-обчислювальний центр Укрзалізниці; Український Державний розрахунковий центр міжнародних перевезень; УДЦТС Ліски; Державне підприємство Український центр механізації колійних робіт; Український центр по обслуговуванню пасажирів на залізничному транспорті України; ДП Український транспортно-логістичний центр; Укртрансфармація; ДП «Українська залізнична швидкісна компанія» (УЗШК).

Залізниці України є ключовим, а іноді і єдиним способом перевезення вантажів та пасажирів. Значущість та роль залізничного транспорту підтверджується обсягами перевезень, які виконує галузь. Так, у табл. 1 та 2 подані статистичні дані щодо перевезення вантажів та пасажирів мережею залізниць України за період з 2007 по 2011 роки [4].

Як видно з даних, наведених у табл. 1, за останні 5 років всіма видами транспорту було перевезено 4057,2 млн т вантажів. Питома вага залізничного транспорту в загальному обсязі вантажних перевезень становить 56,77%. Важливим є той факт, що питома вага залізничного транспорту в загальній структурі вантажних перевезень має тенденцію до збільшення, що вказує на все більшу значущість підприємств залізничного транспорту для економіки держави.

Таблиця 1

Обсяг перевезеного вантажу залізничним транспортом України, млн т

Роки	Усі види транспорту	Залізничний транспорт	Питома вага залізничних перевезень у загальному обсязі вантажних перевезень, %
2007	902,7	512,5	56,77
2008	891,8	498,8	55,93
2009	695,7	391,2	56,23
2010	755,3	432,5	57,26
2011	811,7	468,4	57,71
Всього	4057,2	2303,4	56,77

Обсяг пасажирських перевезень залізничним транспортом України, млн осіб

Роки	Усі види транспорту	Залізничний транспорт	Питома вага залізничних перевезень у загальному обсязі пасажирських перевезень, %
2007	8835,0	447,4	5,06
2008	8331,2	445,6	5,35
2009	7274,1	425,9	5,86
2010	6837,7	426,6	6,24
2011	6972,9	430,1	6,17
Всього	38250,9	2175,6	5,69

З даних, наведених у табл. 2, видно, що залізничний транспорт, виконуючи соціальну функцію, перевозить від 5 до 6 % від загального обсягу пасажирів. Слід зауважити, що основним конкурентом на ринку пасажирських перевезень для підприємств залізничного транспорту виступає автомобільний транспорт. Однак, незважаючи на це, питома вага у загальній кількості пасажирських перевезень зростає з кожним роком.

Отже, підприємства залізничного транспорту відіграють важливу роль у переміщенні вантажів та пасажирів. Однак поряд із значущістю галузі для транспортної системи України, вона має безліч проблем. Так, як зазначалося раніше, основні фонди залізниць значно зношені. Експлуатація фізично застарілого рухомого складу призвела до підвищення вартості ремонтних робіт і зниження якості та безпеки перевезень.

Слід зазначити, що рухомий склад, який функціонує на залізницях України, не лише зношений, а й морально застарілий. Пасажирські і вантажні вагони та локомотиви не відповідають технічним вимогам сьогодення, тому вони потребують не лише модернізації, а й заміни на більш досконалі та сучасні.

Виходячи з того, що залізничний транспорт є досить фондомістким, він вимагає значної кількості довгострокових інвестицій. Виходячи з того, що власні ресурси залізниць невпинно знижуються, а

можливості держави обмежені, підприємствам залізничного транспорту необхідно шукати додаткові джерела фінансування інвестицій. Найбільш перспективними джерелами інвестиційних вливань у галузь можуть бути кошти вітчизняних та іноземних інвесторів.

Проте, щоб активізувати інвестиційні процеси у галузі, необхідно вирішити низку серйозних проблем, які з часом не лише не вирішуються, але й ускладнюються. Найосновнішими з них є неринковий характер функціонування підприємств залізничного транспорту, недосконалі структура та система управління галуззю.

Міжнародним співтовариством Україну визнано країною з ринковою економікою, проте у цьому середовищі на її залізницях, як і раніше, відсутні умови для розвитку ринкових відносин – конкуренція та прозорість на ринку перевезень. У результаті не вдається забезпечити достатній рівень інвестицій у галузь, без чого неможливий її подальший розвиток.

Отже, ситуація, яка склалася на залізничному транспорті, диктує необхідність прийняття конкретних кроків щодо адаптації галузі до сучасних ринкових умов та її реформування.

До основних передумов реформування залізничного транспорту України можна віднести:

- низький рівень ефективності роботи, пов'язаний з державною монополією на інфраструктуру і перевезення, непрозорістю

організації й управління, а також перехресним субсидуванням пасажирських перевезень за рахунок вантажних;

- поєднання функцій господарської діяльності і державного регулювання в одному галузевому органі державного управління;

- високий ступінь зносу і прогресуюче старіння основних фондів галузі;

- технічне і технологічне відставання України від передових країн світу за рівнем залізничної техніки;

- недостатній рівень забезпечення безпеки функціонування залізничного транспорту, що не відповідає світовим стандартам;

- критична нестача інвестиційних ресурсів;

- скорочення частки українського залізничного транспорту на традиційних і перспективних світових ринках та відсутність умов для зміни цієї тенденції й інтеграції України у світові транспортні ринки.

Основним документом, який визначає етапи проведення реформування залізничного транспорту України, є «Концепція державної програми реформування залізничного транспорту», яка була прийнята у 2006 році [1]. Згідно із зазначеною Концепцією, головною метою реформування є залучення фінансових ресурсів, які необхідні для впровадження інноваційно-інвестиційної моделі розвитку. Особлива увага в Концепції була приділена питанням участі в реформах недержавного сектора економіки, що вказує на можливість роздержавлення і лібералізацію галузі.

Незважаючи на це, у Концепції не була чітко визначена форма власності підприємств залізничного транспорту, можливість адаптації галузі до умов економіки країни, стратегія розвитку конкуренції і т. ін.

З прийняттям 23 лютого 2012 року Закону «Про особливості утворення публічного акціонерного товариства залізничного транспорту загального

користування» було визначено правові, економічні та організаційні особливості утворення публічного акціонерного товариства залізничного транспорту загального користування, 100 відсотків акцій якого належать державі [2].

Після створення публічного акціонерного товариства «Укрзалізниця», ключовими напрямками розвитку залізничного транспорту має бути:

- ринкова трансформація управління залізничним транспортом;

- утворення організаційно-правових та економічних умов для розвитку конкуренції;

- удосконалення фінансово-економічної системи і тарифної політики;

- проведення ефективної соціальної політики.

Також планується завершення оптимізації структури управління галуззю, початок утворення дочірніх підприємств, здатних працювати в конкурентному середовищі, у таких видах діяльності: вантажні перевезення, ремонт колії, рухомого складу, виготовлення запчастин, пасажирські та приміські перевезення. Розпочнуться роботи з технічного переоснащення господарств, скорочення перехресного субсидування пасажирських перевезень.

Таки чином, реалізація завдань і заходів етапів реформування стане підґрунтям для зростання операційної ефективності та оптимізації витрат залізничного транспорту, забезпечить збільшення обсягів перевезень пасажирів та вантажів; скорочення державних субсидій у галузь; активізацію інвестиційної діяльності; підвищення якості надаваних послуг [3].

Вже сьогодні залізничний транспорт перебуває в стані інтенсивних перетворень, спрямованих на підвищення його ефективності. Серед таких перетворень можна зазначити: прокладення нових, у тому числі безстиківих колій, розділення пасажирського і вантажного руху,

впровадження швидкісного пасажирського руху, будівництво і реконструкція вокзальних комплексів, впровадження сучасних інформаційних технологій, електрифікація залізничних колій та ін.

Висновок. Таким чином, резюмуючи все вищесказане, можна зробити висновок, що перед залізничним транспортом України стоїть нелегка задача – приведення основних фондів та структури управління до вимог сьогодення. Реформування економіки України, зокрема суперечливість процесів, що відбуваються в ній, призвели до різкого падіння виробництва та значного зниження вантажних перевезень, що підтвердив проведений вище аналіз. Впродовж років незалежності залізниці

України намагалися самостійно покривати збитки від пасажирських перевезень. Однак, зниження темпів зростання економіки призвело до критичного рівня фінансовий стан підприємств залізничного транспорту, неможливості оновлення основних фондів, зокрема і рухомого складу, і неможливості вдалої реалізації інноваційно-інвестиційних проектів.

Ті процеси, які відбуваються в галузі сьогодні, покликані активізувати інвестиційну діяльність підприємств залізничного транспорту, оновити рухомий склад галузі, оптимізувати структуру управління, підвищити якість надання послуг та конкурентні переваги перед іншими транспортними галузями.

Список літератури

1. Концепція державної програми реформування залізничного транспорту України [Текст] // Відомості міністерства транспорту та зв'язку України. – 2006. – №21-22.
2. Про особливості утворення публічного акціонерного товариства залізничного транспорту загального користування [Електронний ресурс]: Закон України від 23 лютого 2012 р. №4442-VI. – Режим доступу: <http://portal.rada.gov.ua>.
3. Верховною Радою прийняті закони щодо реформування залізничного транспорту України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/297468.
4. Статистичні дані про вантажні та пасажирські перевезення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.ukrstat.gov.ua.

Ключові слова: підприємства залізничного транспорту, реформування, вантажні перевезення, пасажирські перевезення, інвестиції, розвиток.

Анотації

Стаття присвячена аналізу сучасного стану залізничної галузі, висвітленню проблем, які заважають її успішному функціонуванню та перспективам, що з'являться у підприємств залізничного транспорту після проведення структурної реформи.

Статья посвящена анализу современного состояния железнодорожной отрасли, также освещены проблемы, которые мешают ее успешному функционированию и перспективам, которые появятся у предприятий железнодорожного транспорта после проведения структурной реформы.

The article is devoted to the analysis of the modern state of railway industry, to illumination of problems, which interfere with its successful functioning and prospects which will appear at the enterprises of railway transport after carrying out structural reform.

*Канд. екон. наук М.В. Найдюнова,
А.Ю. Кибенко*

ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАСАДИ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ

Представив д-р екон. наук, професор О.Г. Дейнека

Постановка проблеми. На сьогодні галузь транспорту в цілому задовольняє потреби національної економіки та населення у перевезеннях, проте багато показників не відповідають сучасним вимогам. З метою усунення існуючих недоліків Урядом України розпорядженням від 20 жовтня 2010 року № 2174-р схвалено Транспортну стратегію України на період до 2020 року – цілісний системний документ стратегічного характеру щодо подальшого розвитку та функціонування транспортного сектора економіки України, розширення міжнародних зв'язків.

Пріоритетом розвитку залізничного транспорту загального користування виступає оптимізація організаційної структури залізничного транспорту. Одним із основних завдань стане приведення виробничого та кадрового потенціалу галузі у відповідність до обсягів роботи, що виконується. Значне місце займають питання соціальної та кадрової політики щодо утворення додаткових робочих місць на основі диверсифікації виробництва та розширення сфери послуг, перекваліфікації працівників тощо.

Така ситуація вимагає стратегічного підходу до управління персоналом на підприємствах залізничного транспорту та необхідності інтеграції всіх напрямків управління персоналом в процес загального корпоративного планування та стратегії розвитку галузі.

Таким чином, необхідність приведення виробничого та трудового потенціалу галузі у відповідність до обсягів

роботи, що виконується, з одного боку, та необхідність формування розуміння важливості правильної, науково обґрунтованої роботи з людьми, підвищення ефективності використання людського фактора на підприємстві – з іншого, обумовлюють актуальність та важливість дослідження широкого кола питань, пов'язаних із організаційними та правовими проблемами роботи з персоналом на залізницях України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для вітчизняної економічної науки питання, пов'язані з управлінням персоналу та менеджменту як такого, є достатньо новими, але у теоретичному та практичному напрямку отримали висвітлення в достатній кількості робіт. Вагомий внесок у дослідження основних питань науки управління персоналом внесли розробки багатьох учених, у тому числі: Т.Ю. Базарова, Н.А. Волгіна, Б.М. Генкіна, Р.Д. Гетгарда, А.П. Єрошина, Б.Л. Єрьоміна, Д.В. Іванцевичі, В.Г. Ігнатова, О.Я. Кібанова, А.А. Лобанова, Є.В. Масло-ва, Ю.Г. Одегова, А.І. Турчинова та багатьох інших.

Аналізуючи роботи перелічених вище економістів, виявлено, що при широкому висвітленні багатьох питань стосовно управління персоналом кадрова політика висвітлена недостатньо, відсутні єдині підходи до її розуміння і вдосконалення.

Розвинені країни приділяють питанням управління персоналом дуже велику увагу, відносячи їх до числа пріоритетних. Питання кадрової політики

висвітлені в роботах Н.Дж. Аллена, Р.С. Белоуза, Т. Дж. Бергмана, В. Врума, І.Л. Голдштейн, М.М. Греллера, Д.С. Гест, К. Донеллі, Дж.П. Дюберлі, Дж.Н. Клівленда, Дж. Коттер, Дж.С. Кейн, С. Лойда, А.Х. Маслоу, Дж. П. Мейера, Х. Мінсберга, Т.Р. Нітчелла, К.Р. Мерфі, Л.В. Портерра, Р.М. Стірса, Дж. Томсона, М.С. Тейлера, С.Д. Фішера, Дж.П. Фоссум, Р.Л.Хенемана, А. Хогана, Дж. Холенбека та інші.

Незважаючи на це, роботи зарубіжних авторів стосуються проблематики вдосконалення управління персоналом підприємств, які вже перейшли через етап становлення ринкових відносин та функціонують в умовах стабільності економічної сфери, що не є правилом для більшої частини українських підприємств залізничного транспорту.

Мета статті. Метою дослідження є розкриття сутності і пошук недоліків в управлінні персоналом на залізничному транспорті.

Викладення основного матеріалу. Транспорт, на відміну від інших галузей економіки України, належить до комунікаційних виробничих систем з великим рівнем технічного, технологічного, нормативно-правового та оперативного-управлінського поєднання всіх його виробничо-господарських об'єктів (підприємств та організацій). При цьому основна частина цих об'єктів має загальносистемні властивості, специфічні тільки для транспорту, й перебуває в жорсткому багатосторонньому поєднанні з основним виробничим циклом – перевізним процесом. В результаті ці підрозділи є високоспеціалізованими і мають властивості природної монопольності та регіональності, які вимагають обов'язкового державного регулювання та відповідних організаційних форм управління на основі загальнодержавних нормативних актів, положень, кодексів та законів.

Значний вплив на всі сторони управління організацією має структура

управління. Вона є формою здійснення в організації функцій та ефективним механізмом саморегулювання та координації діяльності працівників [1].

Підприємствам залізничного транспорту притаманна бюрократична лінійна організаційна структура управління. У даній структурі кожний підлеглий має лише одного керівника і в кожній ланці виконується весь комплекс робіт, пов'язаних з управлінням об'єктом.

Найвищий ступінь управління – Міністерство інфраструктури України, друга ланка – Укрзалізниця. Основу Укрзалізниці складають управління різних рівнів і відділи, що управляють діяльністю залізничного транспорту.

Другим ступенем в організаційній структурі залізничного транспорту є управління залізниць з апаратом із спеціальних служб і відділів.

Третім ступенем є дирекції залізничних перевезень з апаратом відповідних оперативних служб.

Оперативна робота з управління перевізним процесом у службах базується на диспетчерському командуванні.

Четвертий ступінь складають лінійні підрозділи, а саме: станції всіх категорій, локомотивні депо, вагонні депо, дистанції колій, дільниці електропостачання та інші.

Зміни, що мають місце в умовах реалізації концепції державної програми реформування залізничного транспорту, потребують додаткових досліджень саме з питань управління персоналом на підприємствах залізничного транспорту.

В управлінській системі залізниць України зайнято велику кількість людей, процес управління має бути відповідним чином організований. Все це потребує від керівників всіх рівнів адекватної організації процесу управління, який має забезпечити більш ефективне управління виробництвом при мінімальних витратах.

В умовах становлення сучасної економіки особливе значення мають питання практичного використання

ринкових форм управління персоналом на залізничному транспорті, які мають сприяти підвищенню соціально-економічної ефективності підприємства.

Успіх роботи підприємства залізничного транспорту забезпечує кваліфікований персонал. Сучасна концепція управління підприємством передбачає виділення з величезної кількості функціональних сфер управлінської діяльності тієї, яка пов'язана з управлінням кадровою складовою виробництва – персоналом підприємства [2].

Проте існує ряд проблем, які стають на заваді ефективного розвитку та управління кадровим потенціалом у залізничній галузі. Основною з цих проблем є якість робочої сили та її кваліфікаційний рівень. В умовах ринкової економіки усе більшого значення набувають саме якісні характеристики трудового потенціалу: кваліфікація, професіоналізм, здатність до отримання знань упродовж життя, рівень культури тощо. Крім того, стрімкий розвиток науки і техніки потребує від учасників трудового процесу постійного оновлення знань і навичок [3].

Проблема визначення шляхів підвищення потенціалу персоналу та його якісного складу є актуальною.

До сфери управління Укрзалізниці входять Донецька, Львівська, Одеська, Південна, Південно-Західна та Придніпровська залізниці.

Для забезпечення успішної роботи в зазначених напрямках протягом останніх років удосконалювалася нормативно-правова база забезпечення кадрової політики, розширилися функціональні обов'язки підрозділів, удосконалювалася їх структура. Важливою складовою покращення кадрового забезпечення є добір фахівців та формування кадрового резерву на керівні посади.

З метою удосконалення системи підбору та розстановки кадрів у практику

кадрової роботи впроваджено методи психологічного відбору – тестування.

Укрзалізниця використовує усі засоби для ефективної роботи у сфері управління персоналом. Цей процес передбачає спрямування зусиль для формування кваліфікованого та висококомпетентного персоналу.

З метою впровадження персонального підходу до процесу забезпечення галузі кваліфікованими кадрами, подальшого планування кар'єри молодих спеціалістів, закріплення їх на залізничному транспорті у 2012 році розроблений та затверджений порядок підготовки фахівців за участю підприємств залізничного транспорту на основі двосторонніх договорів, який має стати стартовим проектом переходу на нові принципи забезпечення залізниць кадрами.

Для забезпечення потреб залізниць у кваліфікованих працівниках протягом 2012 року підготовлено майже 4,7 тис. працівників, обсяги перепідготовки склали 7,9 тис. працівників.

Разом з тим існують і проблеми, які затримують розвиток системи з підвищення ефективної роботи персоналу.

Проаналізувавши діяльність залізниць, визначені такі проблеми:

1) потребує змін використання показників для розрахунку продуктивності праці в цілому по залізницях;

2) необхідне удосконалення мотиваційної системи.

За умов вирішення цих проблем керівництво Укрзалізниці може ефективніше управляти кадровим потенціалом та отримувати високі показники роботи підприємства.

Висновки. На підставі вищенаведеного необхідно розробити механізм вдосконалення мотиваційних механізмів в організації заробітної плати по залізницях, для чого розробити та впровадити систему дієвих показників, які мають включати взаємодію як основної, так і додаткової оплати праці працівників усіх категорій.

Показники матеріального стимулювання мають бути спрямовані на вирішення стратегічних завдань підприємств залізничного транспорту, відображати результати праці як окремого працівника, так і підприємства в цілому. Зміцненню такої залежності повинні сприяти зміна порядку й процедури встановлення тарифних ставок, посадових окладів з урахуванням кваліфікації, стажу роботи й результатів праці.

Таким чином, якщо на підприємствах залізничного транспорту створити умови, що відповідають очікуванням працівника, та застосувати запропоновані в роботі методи підвищення рівня мотивації праці, все це підвищить виробничу активність працівника і трансформує його з особи, що пасивно виконує свої службові обов'язки, у творчу активну особистість, що працює на користь єдиної команди і потреби якої збігаються з потребами та інтересами всього підприємства.

Соціальна ефективність проектів виявляється в можливості досягнення позитивних змін на підприємстві та забезпечує такі позитивні зміни:

1) забезпечення персоналу сприятливих умов праці, гідної заробітної плати і необхідних соціальних послуг;

2) реалізація і розвиток індивідуальних здібностей працівників, у тому числі підвищення освітнього і кваліфікаційного рівня;

3) визначений ступінь волі й самостійності (можливість приймати рішення, визначати методику виконання завдань, графік і інтенсивність роботи та інше).

На сьогодні стратегічне управління персоналом стає невід'ємною складовою забезпечення конкурентоспроможності підприємств залізничного транспорту. Впровадження нової техніки, використання новітніх технологій виробництва, інноваційний розвиток підприємств висуває нові вимоги до якості персоналу, зокрема щодо професійної компетенції, мобільності, готовності до професійного розвитку. Персонал підприємства розглядається як його основний стратегічний ресурс, що зумовлює необхідність формування відповідних принципів і методів управління [4].

Стратегічне управління персоналом є багатограним процесом, спрямованим на оптимізацію кадрової політики і забезпечення на цій основі конкурентоспроможності підприємства у довгостроковій перспективі.

Список літератури

1. Новіков, Б.В. Основи адміністративного менеджменту [Текст]: навч. посіб. / Б.В. Новіков, Г.Ф. Сініок, Г.В. Круш. – К., 2004. – 560 с.
2. Грехем, Х.Т. Управление человеческими ресурсами [Текст]: учеб. пособие для вузов / Х.Т. Грехем, Р. Беннет. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 598 с.
3. Ансофф, И. Новая корпоративная стратегия [Текст] / И. Ансофф. – С.Пб.: Питер Ком., 1999. – 416 с.
4. Панов, А.И. Стратегический менеджмент [Текст]: учеб. пособие для вузов / А.И. Панов, И.О. Коробейников. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 285 с.
5. Міщенко, А.П. Стратегічне управління [Текст]: навч. посіб. / А.П. Міщенко. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 336 с.

Ключові слова: персонал, підприємство, організаційна поведінка, управлінські структури.

Анотації

Стаття присвячена питанням вдосконалення системи управління персоналом на залізничному транспорті. Розглядаються особливості галузі та проаналізовано основні проблеми в організаційному механізмі управління персоналом.

Статья посвящена вопросам совершенствования системы управления персоналом на железнодорожном транспорте. Рассматриваются особенности отрасли и проанализированы основные проблемы в организационном механизме управления персоналом.

The article is sanctified to the questions of perfection of control system by a personnel on a railway transport. The features of industry are examined and basic problems are analyzed in the organizational mechanism of management by a personnel.

УДК 331.101:656.2

*С.О. Климко,
канд. екон. наук Ю.О. Крихітіна*

РОЗРОБКА МЕТОДИЧНОГО ПІДХОДУ ДО ОЦІНКИ ЯКОСТІ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ ПІДПРИЄМСТВА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Представив д-р екон. наук, професор О.Г. Дейнека

Постановка проблеми. Для більш глибокого розуміння змісту структурних компонентів управління персоналом підприємств залізничного транспорту вважається за необхідне обґрунтування доцільності застосування методики комплексної оцінки. На основі інтегрального підходу пропонується розробити методичний інструментарій оцінки якісного стану управління персоналом підприємств залізничного транспорту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретико-методологічні аспекти управління персоналом розглянуто в працях таких вітчизняних та зарубіжних учених, як Д. Богиня [1], О. Грішнова [2], В. Компанієць [3], Т. Петухова [4] та ін.

Разом із тим всебічне вивчення та аналіз опублікованих праць, присвячених

дослідженню цієї багатогранної проблеми, засвідчили необхідність подальшого розвитку теоретичних основ управління персоналом.

Постановка цілей. Метою даної статті є розробка методичного підходу до оцінки якості управління персоналом, який базується на системі специфічних показників та дозволяє визначати умови впливу на якість управління персоналом підприємства залізничного транспорту.

Виклад основного матеріалу. Для визначення якісного стану управління персоналом підприємств залізничного транспорту вважаємо доцільним використання методики комплексної оцінки, яка ґрунтується на інтегральному підході. Перевага цього методу полягає в тому, що він дозволяє одержати кількісну характеристику якісного стану системи

управління персоналом підприємств залізничного транспорту у вигляді інтегрального показника, який побудовано з приватних показників, що зручно в прийнятті управлінських рішень.

Отже, необхідно здійснити вибір показників для виміру характеристик структурних елементів кожної групи, тобто здійснити формалізацію критеріїв оцінки.

Група соціальних показників:

- продуктивний вік (питома вага в структурі персоналу підприємства працівників, вік яких не досяг пенсійного);

- здоров'я (ресурси робочого часу, які використані підприємством завдяки стану здоров'я персоналу);

- відпочинок (питома вага реально отриманого працівниками відпочинку у загальному обсязі часу, який відведено на відпочинок за нормами трудового законодавства або колективного договору);

- безпека праці (питома вага в структурі персоналу підприємства працівників, які працюють в умовах відсутності ризику, захищеності від природних умов, беззмінному режимі, не отримують підвищені фізичні або нервово-емоційні навантаження, не працюють на рухомому складі або в шумі та вібрації тощо (умовах, що не відхиляються від санітарно-гігієнічної норми)).

Група ціннісно-поведінкових показників:

- задоволеність працею (рівень задоволення працівниками працею та створеними умовами на підприємстві);

- сприятливе середовище (питома вага тих працівників, відносно яких не вчинено порушення умов КЗППУ, КД або Галузевої угоди);

- лояльність (кількість працівників, які планують працювати на підприємстві в найближчі три роки).

Група виробничо-кваліфікаційних показників:

- насиченість персоналу;

- збереження ключових працівників (втрата працівників за відповідний період з

ключових посад або тих, що мають дефіцитні професії);

- витрати на освіту (питома вага витрат на навчання, перепідготовку, підвищення кваліфікації у фонді оплати праці);

- підвищення освіченості (питома вага працівників, які пройшли навчання, перепідготовку, підвищення кваліфікації у середньосписковій чисельності в еквіваленті повної зайнятості);

- спеціальні знання (фаховий рівень в управлінні персоналом);

- інноваційна активність (питома вага тих працівників, які подали раціоналізаторські пропозиції, виконали наукові розробки (за умови, що це не є виконанням службових обов'язків));

- якість праці (питома вага тих працівників, які за відповідний період якісно виконували свою роботу (не заподіяли браку, порушення, матеріальної шкоди тощо));

- інтенсивність використання робочого часу (ресурси робочого часу, які використані підприємством завдяки стану трудової дисципліни персоналу);

- резервний (питома вага працівників кадрового резерву та студентів, які навчаються за цільовими напрямками).

Як вихідні характеристики, які описують кожен компонент поданої структури якості управління персоналом підприємств залізничного транспорту, застосовано параметри, економічний зміст яких відповідає саме характеристикам системи управління персоналом окремого підприємства.

Відбір показників, що були включені до комплексної оцінки якісного стану управління персоналом підприємств залізничного транспорту здійснювався за допомогою 13 експертів, склад яких налічував: психолога, чотирьох економістів, одного бухгалтера, двох керівників структурних підрозділів залізниці, п'ятерох вчених-економістів. Отримана в результаті аналізу система

показників оцінки якісного стану управління персоналом підприємств залізничного транспорту була перевірена на повну мультиколінеарність методом найменших квадратів. Подолання часткової мультиколінеарності, з урахуванням коефіцієнтів парної кореляції, дозволило залишити в моделі найбільш змістовні показники та максимально звільнити її від дублюючих показників за економічним змістом.

Підвищення ефективності управління персоналом підприємств залізничного транспорту є найважливішим завданням розвитку факторів виробництва, вирішення якого, головним чином, залежить від витрат в управління персоналом та обґрунтованості їх спрямованості за його компонентами та їх структурними елементами.

Перш ніж пропонувати заходи та інструменти, що спрямовані на формування, ефективність та розвиток управління персоналом підприємств залізничного транспорту, необхідно визначити напрями підвищення рівня ефективності функціонування і цінності управління персоналом підприємств залізничного транспорту та оптимізації операційних витрат діяльності. З цією метою пропонуємо методику, яка побудована на застосуванні кореляційно-регресійного аналізу.

Виконання кореляційно-регресійного аналізу лінійної залежності методом покрокового вилучення найменш впливових факторів дозволило виявити показники, які здійснюють вагомий вплив.

Шляхом розрахунку стандартизованих коефіцієнтів регресії

(бета-коефіцієнтів) визначено значущість впливу факторів на якість управління персоналом підприємств залізничного транспорту.

Встановлено, що для забезпечення або досягнення більш високого рівня ефективності управління персоналом, необхідно особливу увагу приділяти факторам, які складають показники «Здоров'я», «Насиченість персоналу», «Якість праці», «Сприятливе середовище», «Спеціальні знання», «Задоволеність працею».

Використання запропонованої моделі рівняння множинної регресії допоможе визначати прогнозне значення результативного показника, задаючи різні значення факторів, що надає можливість використати отримані результати з метою активного впливу на процес прийняття управлінських рішень.

Висновки. Таким чином, результати проведеного дослідження свідчать про те, що простежується зв'язок ефективності та якісного стану управління персоналом. Тобто структурні елементи кожного компонента впливають на ефективність управління персоналом підприємств залізничного транспорту. Але варто зазначити, що вплив елементів, як і їх структура, за кожною категорією працівників буде мати свою специфіку. Наприклад, у вищого управлінського персоналу найбільший вплив будуть здійснювати ціннісно-поведінкові активи, а у робітників – соціальні та виробничо-кваліфікаційні компоненти управління персоналом.

Список літератури

1. Богиня, Д.П. Основи економіки праці [Текст]: навч. посіб. / Д.П. Богиня, О.А. Грішнова. – К. : Знання-Прес, 2000. – 313 с.
2. Грішнова, О.А. Розвиток персоналу на підприємствах : вітчизняні проблеми та шляхи їх розв'язання [Текст] / О.А. Грішнова // Вісник Київського національного університету ім. Т. Шевченка. Сер. Економіка. – 2002. – Вип. 58. – С. 30-38.

3. Компанієць, В.В. Система якості управління (менеджменту) на залізничному транспорті : концептуальні підходи та методика оцінки «людської складової» [Текст] / В.В. Компанієць //Залізничний транспорт України. – 2009. – № 3. – С. 42–47.

4. Петухова, Т.О. Теоретичні аспекти формування системи оцінки людського капіталу на підприємствах залізничного транспорту [Текст] / Т.О. Петухова //Торгівля, комерція, підприємництво: зб. наук. праць. – Львів: Львівська комерційна академія. – 2010. – № 11. – С. 221-225.

Ключові слова: управління персоналом, оцінка, підприємства залізничного транспорту, якісний стан управління персоналом, ефективність управління персоналом.

Анотації

Обґрунтовано доцільність застосування методики комплексної оцінки якості управління персоналом підприємств залізничного транспорту. Запропоновано методичний підхід до оцінки якості управління персоналом, який базується на системі специфічних показників та дозволяє визначати умови впливу на якість управління персоналом підприємства залізничного транспорту.

Обоснована целесообразность применения методики комплексной оценки качества управления персоналом предприятий железнодорожного транспорта. Предложен методический подход к оценке качества управления персоналом, который базируется на системе специфических показателей и позволяет определять условия влияния на качество управления персоналом предприятия железнодорожного транспорта.

The expediency of applying the procedure of the integrated assessment of the quality of control of personnel of the enterprises of rail transport is substantiated. Is proposed systematic approach to the estimation of the quality of control of personnel, which is based on the system of specific indices and it makes it possible to determine the conditions of influence on the quality of control of personnel of the enterprise of rail transport.

УДК 656.07

*Д-р екон. наук О.Г. Дейнека,
асист. К.А. Руссова,
А.В. Михалко*

ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ

Актуальність теми дослідження. У ринкових умовах суттєво підвищується роль управління витратами підприємства. Актуальність зазначеного пояснюється, поперше, необхідністю адаптації підприємств

до нових умов господарювання, а по-друге, очікуваною появою конкуренції та можливістю позиціонування їх у рамках конкурентного середовища. Таким чином, постає питання визначення сутності

управління як процесу на підприємствах та підрозділах залізничного транспорту в умовах його реформування.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження виступають економічні процеси, які зумовлюють визначення сутності управління як процесу в контексті теоретичного та методичного надбання.

Предмет дослідження. Предметом дослідження виступають теоретико-методичні заходи, підходи, методи та механізми впливу управління на організацію.

Метою дослідження є систематизація сучасних наукових підходів та положень щодо формування управлінських процесів на підприємствах залізничного транспорту.

Постановка проблеми. Локомотивне депо «Жовтень» є важливою складовою Південної залізниці, яка виконує значний обсяг перевезень пасажирів і вантажів. Застаріла система управління процесом обслуговування рухомого складу депо «Жовтень» вступає у протиріччя із програмою реформування і реструктуризації залізничного транспорту. Розробка сучасного механізму удосконалення діяльності депо потребує згрупування, узагальнення та обґрунтованості ринкових підходів до функціонування зазначеного підрозділу та виявлення сутності взаємовідносин у процесі управління виробництвом.

Виклад основного матеріалу. Щоб забезпечити функціонування організації, нею необхідно управляти. Поняття «управління організаціями» неоднозначно трактується у зарубіжній та вітчизняній літературі. Більшість фахівців погоджуються, що воно означає «робити що-небудь за допомогою людей з людьми». Окремі фахівці поширюють це визначення на будь-які групи людей, навіть на всі види міжособистісних стосунків. Американський дослідник, професор Каліфорнійського університету в Лос-Анджелесі, президент Міжнародної Академії управління Гарольд Кунц і американський фахівець-практик у

галузі управління Сирол О'Доніл тлумачать поняття «управління» як «створення ефективного середовища для людей, які діють у формальних організаціях» [2]. А професори Майкл Мескон, Майкл Альберт, Франклін Хедоурі, автори підручника «Основи менеджменту», стверджують, що «управління – це процес планування, організації, мотивації і контролю, необхідний для того, щоб сформувати і досягти цілей організації» [2]. Отже, управлінням вони вважають чітко окреслений комплекс функцій менеджменту (планування, організація, мотивація, контроль), залишаючи поза його межами цілі організації. Професор Нью-Йоркського університету Пітер Дракер вважає управління особливим видом діяльності, «що перетворює неорганізований натовп в ефективну цілеспрямовану і продуктивну групу» [3].

Управління в узагальненому вигляді трактується як процес впливу суб'єкта управління на об'єкт, який змінює режим існування системи, в якій вони діють.

Люди пізнають і використовують закони природи й суспільства у процесі виробництва, розподілу, обміну та споживання матеріальних благ, продукують необхідні для цього технічні системи, застосовують створені природою, біологічні. У зв'язку з високою складністю управління людьми виокремлюють типи управління: політичне, економічне та соціальне. Політичне управління здійснюють на рівні суспільства, виявляється у функціонуванні держави, її органів та атрибутів. Економічне управління є системою заходів, спрямованих на задоволення економічних потреб людей, суспільства завдяки створенню робочих місць, виготовленню і розподілу товарів і послуг. Соціальне управління полягає у реалізації заходів для узгодженої діяльності індивідів, трудових колективів, територіальних, соціальних, етнічних та інших спільнот [1].

Управління виробництвом поєднує процеси економічного та соціального управління національною економікою, галузями, регіонами, виробничо-господарськими організаціями (підприємствами).

Виробничо-господарські організації – це соціотехноеконімічні системи, цілеспрямовано орієнтовані на виробництво товарів або послуг. Функціонування їх можна зобразити схематично (див. рис. 1).

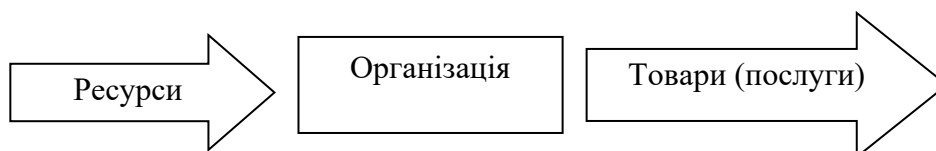


Рис. 1. Схема функціонування виробничо-господарської організації

Особливість організації як системи полягає в тому, що організація являє собою штучну систему, створену людиною заради її власних інтересів, перш за все отримання вигоди.

Будь-яка організація, як правило, – це відкрита система, яка може існувати лише за умов активної взаємодії з навколишнім середовищем.

Управління організаціями – здійснюваний індивідом або групою осіб процес з метою координування діяльності інших осіб, спрямований на досягнення результатів, недосяжних для жодної з цих осіб окремо [3].

Управління не можна ототожнювати з керівництвом, яке за своєю сутністю є широким поняттям. Керівництво організаціями – це процеси мотивування, регулювання і наставництва щодо методів і способів виконання робіт підлеглими [4].

Розглянемо принцип керування підприємства на окремому випадку, тобто на досліджуваному об'єкті – локомотивному депо «Жовтень» Південної залізниці.

Основними напрямками діяльності депо є: забезпечення надійного обслуговування рухомого складу (локомотивів) з метою їх безаварійного функціонування при організації перевізного процесу.

Керівництво депо здійснює начальник, який призначається на посаду

начальником ДП «Південна залізниця». Начальник депо самостійно вирішує питання основної і допоміжної виробничо-господарської діяльності підрозділу, направленої на збільшення його прибутковості.

Відповідно до організаційної структури депо формуються органи управління окремих підрозділів. Одночасно з цим поділ праці у сфері управління зумовлює відокремлення відповідних робіт за функціями управління та зосередження цих робіт по підрозділах апарату управління. Отже, управлінський персонал депо поділяється на лінійний та функціональний (штабний, апаратний). Лінійний персонал забезпечує безпосереднє керівництво виробництвом. Функціональний персонал допомагає лінійним керівникам виконувати функції управління своїми підрозділами. Між лінійними керівниками та посадовими особами апарату управління виникають певні організаційні відносини. Сукупність лінійних етапів управління між ними утворюють систему управління підприємством.

Створення цілісної ефективною системи управління підприємством може бути забезпечене лише за умови тісної взаємодії всіх (загальних) функцій управління, які мають доповнювати одна одну при правильному поєднанні

централізованих і демократичних засад в управлінні. Це вимагає перерозподілу функцій між різними органами управління, розширення одних функцій, звуження інших тощо [4].

Взагалі процес управління виробництвом забезпечують через взаємодію суб'єкта і об'єкта управління (рис. 2).



Рис. 2. Взаємовідносини у процесі управління виробництвом

Між елементами організації як системи існують зв'язки, за допомогою яких вони впливають одне на одне.

Для характеристики управління часто використовується поняття «система управління», виділяючи в ній керуючу і керовану підсистеми.

Керуюча підсистема є частиною соціальної складової організації, яка впливає на інші складові. Її елементами виступають індивіди, які управляють працівниками виробництва, розпоряджаються задіяними у виробництві технічними та економічними ресурсами, працюючи безпосередньо у виробничих та забезпечуючих підрозділах організації. Керуюча підсистема виконує функції управління керованою. Структура системи управління організацією подана на рис. 3.

Керованою підсистемою є задіяні у виробництві та інших сферах діяльності ресурси організації – людські, матеріальні, фінансові.

На систему управління впливає також навколишнє середовище, оскільки на її входи подається інформація про трудові, матеріальні, фінансові, екологічні та інші ресурси виробництва.

Входи системи управління – це елементи системи управління, через які інформація із навколишнього середовища надходить до неї.

Кожна система управління здійснює вплив на навколишнє середовище, подаючи на свої виходи інформацію та продукт функціонування виробничо-господарської системи (товари, послуги, фінанси та ін.).



Рис. 3. Структура системи управління організацією

Виходи системи управління – це елементи системи управління, через які інформація та продукт функціонування виробничо-господарської організації надходять у навколишнє середовище.

Сучасні системи управління не виникли з нічого, не зародилися спонтанно, а є наслідком тривалої еволюції в процесі історичного розвитку суспільного виробництва.

Висновки дослідження. Таким чином, для здійснення управління

підприємством необхідно використовувати нові методи управління і сучасні технічні засоби побудови різноманітних систем. Тому основними завданнями при проведенні реформування залізничного транспорту мають бути підходи, які в певний термін часу забезпечили європейським країнам науково-технологічний прорив у галузі з подальшим підвищенням ефективності перевізного процесу.

Список літератури

1. Гизатулина, В.Г. Анализ производственно-финансовой деятельности железной дороги [Текст]: учеб. пособие / В.Г.Гизатулина, О.И. Пустоход, О.Г. Быченко, И.Г. Бойко – Минск: Выш. шк., 1989. – 141 с.

2. Кунц, Г. Управление: системный и ситуационный анализ управленческих функций [Текст]: в 2-х т.; пер. с англ. / Г. Кунц, С. О'Доннел. – М.: Прогресс, 1981. – Т. 1. – 520 с.
3. Мескон, М.Х. Основы менеджмента [Текст]: пер. с англ. / М.Х. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури. – М.: Дело, 1992. – 350 с.
4. Томилова, В.В. Менеджмент [Текст]: учеб. пособие / под ред. В.В. Томилова. – М.: Юрайт-Издат, 2003. – 591 с.
5. Гончаров, І.Ю. Системний факторний аналіз економічних процесів на транспорті [Текст]: підручник / І.Ю. Гончаров. – К.: Лога, 1999. – 423 с.
6. Ложачевська, О.Л. Характеристика транспортної галузі України [Текст] / О.Л. Ложачевська // Економіст. – 2002. – № 10. – С. 42-45.
7. Витченко, М.Н. Анализ финансово-хозяйственной деятельности предприятий ж.-д. транспорта [Текст]: учеб. пособие / М. Н. Витченко. – М.: Маршрут, 2003. – 450 с.
8. Бромвич, М. Анализ экономической эффективности капитальных вложений [Текст]: пер. с англ. / М. Бромвич. – М.: ИНФРА-М, 1996. – 283 с.

Ключові слова: управління підприємством, реформування, реструктуризація, організаційна структура.

Анотації

У статті розглянуті особливості процесів управління на підприємствах залізничної галузі. Актуальність теми обґрунтована нагальною потребою реформування та реструктуризації залізничного транспорту.

В статье рассмотрены особенности процессов управления на предприятиях железнодорожной отрасли. Актуальность темы обусловлена настоятельной необходимостью реформирования и реструктуризации железнодорожного транспорта.

In the article describes the features of management processes in rail industries enterprises. Relevance of the topic due to the urgent need to reform and restructuring of the railways.

УДК 331.101

*О.Р. Рижко,
канд. екон. наук І.В. Паламарчук*

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ АДАПТАЦІЇ ПРАЦІВНИКІВ ДО УМОВ СЬОГОДЕННЯ

Представив д-р екон. наук, професор О.Г. Дейнека

Постановка проблеми. Адаптація персоналу в організації є необхідною ланкою кадрового менеджменту. Дійсно, стаючи працівником конкретного підприємства, новачок опиняється перед

необхідністю прийняти організаційні вимоги: режим праці та відпочинку, положення, посадові інструкції, накази, розпорядження адміністрації і т.д. Він приймає також сукупність соціально-

економічних умов, які надаються йому підприємством. Він змушений по-новому оцінити свої погляди, звички, співвіднести їх з прийнятими в колективі нормами і правилами поведінки, закріпленими традиціями, виробити відповідну лінію поведінки.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Проблема адаптації персоналу на підприємстві та її вплив на ефективність роботи персоналу в різних аспектах розглядалася в наукових публікаціях Архипова Н.І., Базарова Т.Ю., Веснина В.Р., Воліна В.А., Дятлова В.А., Єр'оміна Б.Л., Ігнат'єва А.В., Кибанова А.Я., Коханова Є.Ф., Кузнецова Ю.В., Маслова Є.В., Мескона М.Х., Одегова Ю.Г., Галявіни І.Ю., Підлісного В.І., Самігіна С.І., Сульдїна Г.А., Столяренко Л.Д., Травіна В.В., Хедоурі Ф. та інших авторів.

Постановка цілей. Мета даної статті полягає в дослідженні процесу адаптації персоналу організації та управління ним, а також розробці рекомендацій щодо його удосконалення.

Виклад основного матеріалу. До числа основних факторів, що впливають на адаптацію молодих спеціалістів, належать: відповідність роботи отриманій у ВНЗ спеціальності; можливість урізноманітнити працю фахівця, зробити її більш привабливою; створення умов для внутрішньоорганізаційної мобільності, творчої роботи і професійного просування; впровадження наукової організації праці на робочому місці; мікроклімат у колективі; соціально-побутове забезпечення, організація вільного часу.

Процес адаптації молодих фахівців складається з шести етапів. Перший етап. Служба управління персоналом інформує про колектив в цілому, про майбутню роботу. Другий етап. Розширюється коло знайомих, обраних за спільністю інтересів, з якими встановлюються нормальні ділові взаємини. Третій етап. Молодий спеціаліст швидко вловлює загальний настрій, сам налаштований доброзичливо по

відношенню до колективу. Четвертий етап. Молодий фахівець бере участь у суспільному житті, нововведеннях, пропонує нові ідеї. П'ятий етап. Всі успіхи і невдачі колективу сприймає як особисті. Шостий етап. Демонструє якісну роботу за фахом.

Процес адаптації включає в себе такі п'ять етапів: введення в посаду, розробка плану становлення нового працівника, контроль процесу адаптації, проведення коригувальних заходів, оцінка працівника.

Важливість заходів щодо адаптації працівників у нашій країні недостатньо серйозно сприймається кадровими службами протягом довгого періоду. До цих пір багато державних підприємств і комерційні організації не мають навіть базових програм адаптації. Між тим, в умовах введення нового механізму господарювання, переходу на госпрозрахунок, самофінансування та самоокупність, що супроводжується значним вивільненням і, отже, перерозподілом робочої сили, збільшенням числа працівників, змушених або освоювати нові професії, або міняти своє робоче місце і колектив, важливість проблеми адаптації ще більше зростає.

Впровадження системи управління адаптацією в підприємствах являє собою досить складне завдання, але від неї залежить вирішення таких важливих завдань для підприємства, як зменшення стартових витрат, зменшення плинності кадрів; можливо більш швидке досягнення робочих показників, прийнятних для організації-роботодавця; входження працівника в робочий колектив, у його неформальну структуру і відчуття себе членом команди; зниження тривожності і невпевненості, які долаються новим працівником. Тривога і невпевненість у даному випадку означають боязнь провалів у роботі та неповну орієнтацію в робочій ситуації. Це нормальний страх перед новим та невідомим, економія часу безпосереднього керівника і рядових

працівників, розвиток у нового працівника задоволеності роботою, позитивного ставлення до роботи і реалізму в очікуваннях. Система адаптації покликана вирішувати перелічені вище проблеми. У зв'язку з цим є актуальним визначення сутності адаптації, опис її як системи, визначення напрямів, етапів, вивчення показників оцінки стану роботи з адаптації, розробка програм адаптації.

Висновки. Для підвищення ефективності не тільки процесу управління, а й адаптації необхідно провести такий ряд заходів: виділення з працівників підприємства одного працівника, на якого б поклали функції, які пов'язані із системою

адаптації. Цей працівник повинен мати повне уявлення про адаптацію і мати спеціальну освіту, виконувати і відповідати: за розробку і впровадження за участю функціональних служб управління заходів щодо скорочення несприятливих наслідків від роботи неадаптованого працівника, щодо стабілізації трудового колективу, зростання трудової віддачі працівників, підвищення задоволеності працею, координації діяльності всіх ланок підприємства, що мають відношення до адаптації, до здійснення конкретних заходів, зміни параметрів зовнішнього середовища тощо.

Список літератури

1. Бабошин, Е.Б. Формирование методических подходов к определению эффектов от реализации инновационных проектов в области информатизации [Текст] / Е.Б. Бабошин, О.В. Ефимова // Экономика железных дорог. – 2008. – № 5. – С. 23-29.
2. Сидорова, А. Процессные инновации в системе управления развитием предприятий [Текст] / А. Сидорова, О. Курносова // Економіст. – 2008. – № 1. – С. 28-32.
3. Экономика труда и социально-трудовые отношения [Текст]/ под ред. Г.Г. Меликьяна и Р.П. Колосовой. — М.: МГУ, 2006.
4. Эренберг Р.Дж. Современная экономика труда. Теория и государственная политика [Текст] / Р.Дж. Эренберг, Р.С. Смит. — М.: МГУ, 2006/

Ключові слова: адаптація, управління персоналом, підприємства, мотивація.

Анотація

Досліджено процес адаптації персоналу організації та управління ним, а також розроблено рекомендації щодо його удосконалення. Запропоновано впроваджувати етапи адаптації для нових працівників на основі модернізованих програм.

Исследован процесс адаптации персонала организации и управления им, а также разработаны рекомендации относительно его усовершенствования. Предложено внедрять этапы адаптации для новых работников на основе модернизированных программ.

The process of personal organization adaptation and managing it was researched, recommendation to its improvement were worked aut. Introduction of adaptation stages for new workers on the basis of modernized programs were offered.

*Д-р екон. наук О.Г. Дейнека,
асп. Жозіан Ліонель Вердикт Чимба Мікендзо,
А.Ф. Савостьянова*

ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ ІНВЕСТИЦІЯМИ В ОРГАНІЗАЦІЇ

Актуальність теми дослідження. Економічні та практичні питання управління інвестиційними процесами на підприємстві залишаються актуальними в контексті трансформації форм власності та реформування і реконструкції. Актуальності набуває зазначене питання у зв'язку з тим, що підприємства і підрозділи залізничного транспорту в умовах нестабільної кон'юнктури ринку відчують негайну потребу в терміновій заміні основних виробничих фондів. Адже залізничний транспорт має надзвичайно застарілу техніку і обладнання, яке не гарантує йому позиціонування на ринку перевезень. В умовах, коли визначено пріоритети щодо формування конкурентного середовища, коли майже визначено перелік структурних підрозділів галузі, які конкретно складуть це середовище, гостро постає питання розроблення економічного механізму управління інвестиціями. Саме зазначеній проблемі і присвячена публікація.

Об'єктом дослідження виступають економічні підходи до механізму впливу інвестицій на ефективність підприємства залізничного транспорту.

Метою дослідження є систематизація сучасних наукових підходів і положень до управління інвестиціями на підприємствах залізничного транспорту.

Постановка проблеми. Локомотивне депо Основа Південної залізниці виконує значний обсяг робіт, пов'язаних з технічним обслуговуванням і поточним ремонтом рухомого складу. Виконання зазначеного комплексу робіт передбачає

необхідність залучення сучасних технологій. Реалізація процесу залучення цих технологій унеможливується відсутністю необхідного фінансування. Лише зміна форми власності, а можливо, і приватизація підприємства, обумовить можливість придбання та реалізації інвестиційних проектів.

Виклад основного матеріалу. Процес реального інвестування здійснюється на основі інвестиційного проекту, а інвестиційна діяльність — на основі збігу інвестиційного попиту та пропозиції. Суб'єкти інвестиційної діяльності реалізують інвестиційний попит і пропозицію, вступаючи до певних економічних відносин через інвестиційний ринок [1].

Головні цілі інвестиційного проекту — максимізація обсягу виробництва або мінімізація витрат, технічна ефективність проекту (максимальний прибуток) та оптимізація технічних і економічних аспектів, які повинні бути метою стратегічного планування бізнесу [1].

Як зазначають М.І. Книш, Б.А. Перекатов, Ю.П. Тютиков, інвестиційний проект — це система організаційно-правових і розрахунково-фінансових документів, необхідних для виконання дій, щодо впровадження різних форм реального інвестування [2].

Інвестиційний проект — це основний документ, що визначає необхідність здійснення реального інвестування, в якому в загально визначеній послідовності його розділів подаються основні характеристики проекту та фінансові показники, пов'язані з

його реалізацією [4]. Інвестиційний проект дає змогу підприємству та потенційним інвесторам всебічно і комплексно оцінити його та обґрунтувати доцільність здійснення конкретних реальних інвестицій [5].

Інвестиційний проект може бути представлений як система, тобто як група елементів (люди, технічні елементи), організованих таким чином, що вони діють як одне ціле для досягнення визначеної мети (див. рисунок).

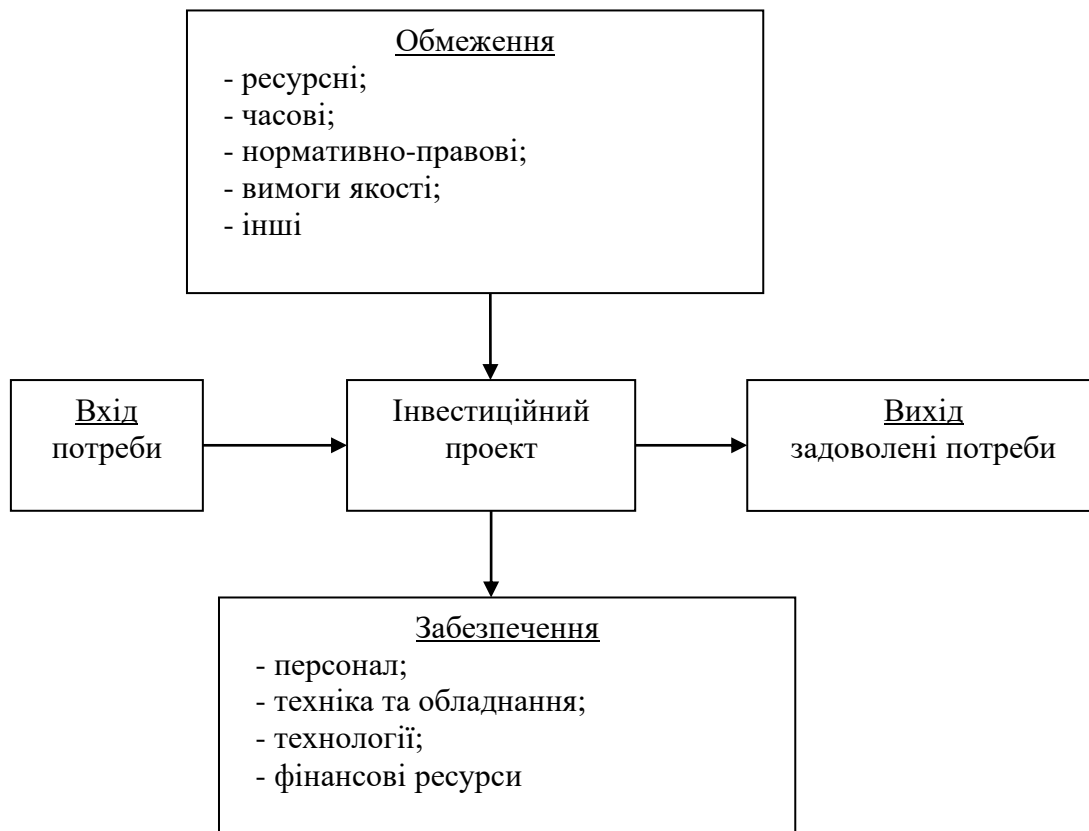


Рис. Інвестиційний проект як система

Мета інвестиційного проекту – це бажаний і доведений результат, досягнутий у межах певного строку при заданих умовах реалізації проекту [1].

Досягнення поставленої мети вимагає вирішення певних завдань:

- визначити можливі результати проекту (прогнозування);
- надати кількісну оцінку цим результатам;
- обґрунтувати можливість досягнення цих результатів і їх ефективність;
- визначити умови, за яких ці результати мають бути досягнуті.

Контекст проекту – це зовнішнє та внутрішнє середовище, в якому планується та здійснюється проект [6].

Зовнішнє середовище проекту включає такі фактори [3-4, 7]:

- фізичні (місце розташування, клімат, географічні особливості);
- економічні (внутрішні та міжнародні);
- культурні, соціальні, політичні, у тому числі підтримка з боку сторонніх організацій;
- технологічні (можливості і тип змін).

Внутрішнє середовище, в основному, визначається взаємодією між такими учасниками та зацікавленими сторонами проекту [3-4, 7]:

- власник, яким може бути уряд, рада директорів, акціонери, приватна особа;

- користувач, ринок, покупець, клієнт, чий потреби та бажання необхідно врахувати та з'ясовувати;

- головна організація, якою може бути міністерство або корпорація, відповідальна за роботи по проекту;

- команда з управління проектом, включаючи штатних працівників і консультантів;

- постачальники, оптові фірми, підрядники, що забезпечують матеріалами та послугами.

Крім названих факторів, на контекст проекту впливають ірраціональні фактори, які важко підлягають формальному визначенню, але можуть впливати як позитивно, так і негативно на проект, наприклад фактори соціальної системи (премії та якість життя); політичні фактори (влада, обмежені ресурси, ідеологія); індивідуальні реакції на премію, владу, якість життя.

Реальні інвестиційні проекти підприємства класифікуються за такими ознаками.

За обсягом необхідних інвестиційних ресурсів інвестиційні проекти поділяються на невеликі (до 100 тис. дол.), середні (від 100 тис. до 1 млн дол.) і крупні (більше 1 млн дол.) [1, 7].

За типом передбачуваних доходів виділяють інвестиційні проекти, що забезпечують скорочення витрат; розширення асортименту продукції; зниження ризику виробництва та збуту; вихід на нові ринки збуту; експансію в нові сфери бізнесу; соціальний ефект та ін. [1, 7-8].

За передбачуваною схемою фінансування інвестиційні проекти поділяються на ті, що фінансуються за рахунок внутрішніх джерел, акціонерного

капіталу, кредитних ресурсів, змішаних джерел фінансування [1, 7].

За ступенем ризику виділяють проекти з невеликим ступенем ризику (за державним замовленням); найбільш ризиковані проекти, пов'язані зі створенням нових виробництв і технологій [1].

За типом відносин інвестиційні проекти поділяються на незалежні; альтернативні (взаємовиключні); проекти, пов'язані між собою відносинами компліментарності та заміщення [1, 7].

За типом грошового потоку виділяють інвестиційні проекти з ординарними та неординарними грошовими потоками [1].

Грошовий потік називається ординарним, якщо він складається з вихідної інвестиції, зробленої одноразово або протягом декількох послідовних базових періодів, і наступних припливів грошових коштів; якщо припливи грошових коштів чергуються в будь-якій послідовності з їх відпливами, потік називається неординарним.

Виділення ординарних і неординарних потоків має велике значення при виборі того чи іншого критерію оцінки ефективності інвестицій, оскільки не всі критерії справляються з ситуаціями, коли необхідно аналізувати проекти з неординарними грошовими потоками.

За складністю проекти поділяються на монопроекти, мультипроекти та мегапроекти [7].

У деяких галузях об'єкти є настільки складними, що робота щодо цих об'єктів здійснюється шляхом реалізації декількох проектів. Група проектів, управління якими для отримання прибутків здійснюється в комплексі, називається програмою.

Проекти часто поділяють на підпроекти чи компоненти, що краще піддаються управлінню. Підпроекти часто передають для управління в зовнішні організації або в інший функціональний підрозділ організації, яка виконує проект. Проте, з точки зору організації, яка виконує

проект, підпроект слід розглядати як послугу, а не як продукт.

За якістю проекти поділяються на проекти звичайної якості та бездефектні [7]. Бездефектні проекти – такі проекти, в яких домінуючим фактором є якість (наприклад, будівництво електростанцій).

Життєвий цикл проекту (ЦП) – це час від першої затрати до останньої вигоди проекту. Він відображає розвиток проекту, роботи, які проводяться на різних стадіях підготовки, реалізації та експлуатації проекту. До поняття ЦП входить визначення різних стадій розроблення й реалізації проекту [1, 6-8].

У літературі з аналізу та управління проектами використовуються різні підходи при поділі реалізації проекту на фази. Так, у Німеччині переважає підхід, що ґрунтується на основній діяльності – аналізі проблем, розробленні концепції та детальному поданні проекту, використанні результатів його реалізації, ліквідації об'єктів проекту [7], а програмою промислового розвитку ООН (UNIDO) запропоновано своє бачення проекту як

циклу, що складається з трьох окремих фаз – передінвестиційної, інвестиційної та експлуатаційної [7].

Висновки. Загальні властивості фаз життєвого циклу полягають у такому [6-7]:

1) матеріальні витрати і кількість залученого до проекту персоналу спочатку низькі, згодом зростають і швидко йдуть угору, коли проект наближається до завершення;

2) імовірність успішного завершення проекту є найменшою, а ризик і невизначеність відповідно найвищими на початку проекту. Імовірність успішного завершення проекту поступово зростає в міру виконання проекту;

3) здатність зацікавлених осіб впливати на остаточні властивості продукту проекту і на остаточну вартість проекту найвища на початку виконання проекту, але з часом поступово стає нижчою. Основною причиною є те, що витрати на зміни й виправлення помилок загалом зростають у міру виконання проекту.

Список літератури

1. Белов, І.В. Транспорт Росії: основні завдання та перспективи [Текст] / І.В. Белов, В.А. Персіанов / Залізничний транспорт. – 1992. – № 12. – С. 12-23.
2. Коттон, Н. Інвестиції та розвиток залізничного транспорту [Текст] / Н. Коттон // Залізниця світу. – 2001. – № 12 – С. 28-35.
3. Потетюєва, М.В. Особливості управління витратами на залізничному транспорті [Текст] / М.В. Потетюєва // Залізничний транспорт України. – 2006. – №2. – С. 76-78.
4. Андреева, М.В. Актуальність створення проектів управління витратами залізничного транспорту [Текст] / М.В. Андреева // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – 2002. – Вып. 37. – С. 146-149.
5. Гончаров, І.Ю. Системний факторний аналіз економічних процесів на транспорті [Текст]: підручник / І.Ю. Гончаров. – К.: Лога, 1999. – 423 с.
6. Ложачевська, О.Л. Характеристика транспортної галузі України [Текст] / О.Л. Ложачевська // Економіст. – 2002. – № 10. – С.42-45.
7. Витченко, М.Н. Анализ финансово-хозяйственной деятельности предприятий железнодорожного транспорта [Текст]: учеб. пособие / М.Н. Витченко. – М.: Маршрут, 2003. – 450 с.
8. Бромвич, М. Анализ экономической эффективности капитальных вложений [Текст]: пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 1996. – 283 с.

Ключові слова: інвестиції, структурні підрозділи, управління організацією, інвестиційний проект.

Анотації

Стаття присвячена аналізу важливості інвестиційної діяльності в роботі залізничного транспорту. Актуальність теми підтверджується низьким рівнем економіко-експлуатаційних показників, що характеризують стан роботи галузі.

Статья посвящена анализу важности инвестиционной деятельности в работе железнодорожного транспорта. Актуальность темы подтверждается низким уровнем экономико-эксплуатационных показателей, которые характеризуют состояние работы сферы.

This article analyzes the importance of investment in rail transport. Relevance of the topic confirmed by low economic performance indicators, which describe the state of the field.

УДК 656: 316

*Д-р екон. наук Л.О. Позднякова,
Т.О. Ханчич*

ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ СОБІВАРТОСТІ ЗА РАХУНОК ЗМІНИ ФОРМИ ВЛАСНОСТІ

Актуальність теми дослідження. В умовах ринкових відносин суспільство зазнає корінних перетворень. Відбувається становлення нової економічної системи, змінюються економічні відносини. Однією з характерних рис забезпечення розвитку економіки є корінна зміна державного регулювання підприємствами.

Це зумовлюється низькою ефективністю виробництва, значними структурними диспропорціями, підривом фінансово-економічних інститутів, неефективною системою управління, планування і регулювання народним господарством у цілому та залізничним транспортом. Це визначає необхідність вироблення наукових уявлень про майбутню модель державного управління, контролю і регулювання економічних процесів, які виникають у галузі. Актуальність теми дослідження

обумовлена тим, що з наукових позицій доцільно оцінити об'єктивну необхідність трансформації відносин власності, яка зумовлює перш за все зміну ролі держави в економіці за рахунок роздержавлення. На підставі зробленого аналізу узагальнено та промодельовано теорію приватизації Центральної та Східної Європи, країн з розвинутою економікою та окремо обраних держав: Велика Британія, Франція, Канада. Представляють інтерес моделі приватизації Великої Британії та країн з розвинутою економікою, що дає підстави для позичення окремих її елементів в Україні. Дослідженням встановлено, що здійснення приватизації передбачає такі основні етапи: передприватизаційна підготовка об'єктів; підготовка об'єктів до продажу, продаж об'єктів відповідно до плану приватизації або плану розміщення акцій ВАТ, створених шляхом корпоратизації.

Таким чином, доведено, що все різноманіття форм роздержавлення економіки України можна класифікувати за трьома підставами: родом, типом і видом. Теоретично обґрунтовано напрямки сучасного приватизаційного процесу та ефективну стратегію реструктуризації.

Визначено передумови здійснення приватизації окремих підприємств залізничного транспорту зі зміною власника шляхом перетворення державної власності в недержавну та роздержавлення другого роду, яке не пов'язане зі зміною типу власності. На підставі досвіду здійснення приватизації було сформульовано принципи, за якими вона здійснюється.

Викладення основного матеріалу.

Особливо важливим фактором підвищення ефективності виробництва вважається інтенсифікація транспорту, яка реалізується за рахунок впровадження інтенсифікації.

Сутність інтенсифікації транспорту полягає в оптимально напруженому (за потужністю і часом) і раціональному використанні транспортних ресурсів на всіх стадіях транспортування для своєчасного і якісного задоволення потреб країни в перевезеннях.

У дослідженнях обґрунтовується актуальність інтенсифікації перевізного процесу й в умовах спаду перевезень. Правомірність такої позиції підтверджується досвідом залізниць України з водіння великовагових поїздів при спаді перевезень. Про це говорить і досвід роботи залізниць США, де при нестабільному вантажообігу і вантажонапруженості в 5,4 разу нижче, ніж на залізницях України, застосовується вага потяга майже в 1,5 разу більша, ніж на залізницях України.

Особливе значення інтенсифікації перевезень на залізничному транспорті пояснюється насамперед його високою фондомісткістю і роллю в задоволенні потреб населення і народного господарства в перевезеннях.

При вивченні можливостей інтенсифікації розглядають шляхи удосконалювання організації і технології перевезень, а також здатності господарського механізму стимулювати краще використання ресурсів, які є в залізничного транспорту України.

Кількісна оцінка впливу інтенсифікації залізничного транспорту на прискорення соціально-економічного розвитку народного господарства здійснюється виходячи з залежності тривалості обороту обігових коштів суспільно-господарського комплексу від тривалості доставки вантажів і пасажирів.

Відомо, що тривалість доставки, будучи істотною частиною часу обороту, визначається відстанню перевезення і швидкістю доставки. Швидкість доставки – це один з найважливіших показників інтенсивності використання транспортних ресурсів у часі.

Використання категорії «продуктивна сила систем» (ПСС) правомірно як на мікро-, так і на макрорівні.

У зв'язку з цим спрощується збалансування систем і підсистем по вертикалі; порівняння продуктивних сил транспортних (і не тільки транспортних) підсистем, залучених у єдиній технології товароруку; формування господарського механізму, в основі якого лежить інтерес до поліпшення, зокрема до підвищення ефективності використання ресурсів.

Продуктивна сила систем як економічна категорія надзвичайно сприйнятлива до ринків праці, капіталу, товару. Практичне застосування категорії ПСС дозволяє сформулювати основні правила керування витратами на перевезення і виробництво; кількісно вимірювати НТП, об'єднавши численні розрізнені науково-технічні програми в єдину комплексну програму підвищення ефективності НТП; вирішити проблему конкурентоспроможності не тільки окремих видів техніки, але і товарів узагалі, а також видів діяльності. Категорія ПСС

застосовна і до проблеми ефективності перевезень в умовах нестабільного на них попиту. Тенденція падіння обсягів виробництва і перевезень не може продовжуватися тривалий час без серйозних наслідків для суспільства. Тому для забезпечення інтенсивності роботи транспорту потрібно вже зараз вирішувати проблеми розвитку залізниць і забезпечення високої ефективності їхньої роботи.

Для зниження вартості перевезень масових вантажів необхідно не розпоршувати потік по рівнобіжних лініях, а навпаки – за принципом великомасштабного виробництва провести максимальну його концентрацію на найважливіших лініях, підсилюючи цю концентрацію вантажопотоку системою залізничних ліній, побудованих перпендикулярно до них; цілеспрямовано вивчити проблему створення «кістяка» надмагістралей на найважливіших напрямках шляхом будівництва третьої колії, використання могутнього рухомого складу з великими навантаженнями, високими швидкостями, реконструкції і розвитку технічних станцій. Такі надмагістралі дозволять спеціалізувати рух потягів, пропускати за умов необхідності тільки маршрутні потяги підвищених вагових параметрів. Це допоможе знизити собівартість перевезень, особливо масових вантажів, у 2,5-3 рази і підвищити швидкість до 600-800 км/год, що призведе до економічного зближення районів. Слід мати на увазі, що зазначена проблема давня і неоднозначна.

У країнах з великою територією, таких як Росія, Китай, США й ін., варіанту розвитку мережі шляхом створення

«кістяка» багатоколієних ліній майже завжди протистоїть варіант розвитку шляхом будівництва одноколієних піонерних ліній. Перевагам надмагістралей (дешевизні перевезень, високій швидкості доставки, інтенсифікації залізничних транспортних процесів взагалі) піонерні одноколієнки протипоставляють можливість включення до економічного обороту нових природних ресурсів неосвоєних територій із усіма наступними вигодами, що випливають з цього. Не є випадковим те, що в названих країнах питома вага двоколієних (і більше) магістралей складає від 13% у США до 1/3 у Росії, тоді як у країнах Західної Європи частка таких ліній складає від 1/3 до 2/3 експлуатаційної довжини залізничної мережі.

Висновки. Для оптимального вирішення питання розвитку і роботи залізничного транспорту необхідно вивчати транспортний процес в цілому від пункту зародження до пункту його призначення чи споживання. У зв'язку з цим особливу роль відіграють маркетингові дослідження районів тяжіння, що дозволяє прогнозувати обсяги і напрямки вантажопотоків і пасажиропотоків.

При виборі критерію для обґрунтування етапів розвитку мережі залізниць необхідно враховувати нормативи якості транспортної продукції (безпека, швидкість доставки, регулярність, схоронність та ін.). Такий підхід дозволить розробити єдиний комплексний технологічний процес, у якому буде ув'язана робота пункту зародження, робота технічних станцій і ділянок колій проходження, а також робота пункту призначення.

Список літератури

1. Потетюєва, М.В. Особливості управління витратами на залізничному транспорті [Текст] / М.В. Потетюєва // Залізничний транспорт України. – 2006. – №2. – С. 76-78.
2. Андрєєва, М.В. Актуальність створення проектів управління витратами залізничного транспорту [Текст] / М.В. Андрєєва // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – 2002. – Вып. 37. – С. 146-149.

3. Гончаров, І.Ю. Системний факторний аналіз економічних процесів на транспорті [Текст]: підручник / І.Ю. Гончаров. – К.: Лога, 1999. – 423 с.
4. Ложачевська, О.Л. Характеристика транспортної галузі України [Текст] / О.Л. Ложачевська // Економіст. – 2002. – № 10. – С. 42-45.
5. Полишко, Т.В. Задачі оптимізації витрат залізничного транспорту [Текст] / Т.В. Полишко // Мат. 1-ї наук.-практ. конф. «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління». – К., 2003. – С.110-111.
6. Лоза, С.П. Сучасний стан і перспективи розвитку залізниць України [Текст] / С.П. Лоза // Актуальні проблеми економіки. – 2006. – № 11. – С. 22-38.
7. Сорока, Н.В. Основні напрямки зниження експлуатаційних витрат залізниць [Текст] // Проблеми економіки і управління на залізничному транспорті: зб. наук. статей / за ред. Є.І. Сичова. – К.: КУЕТТ, 2006. – С. 111-114.
8. Савицкая, Г.В. Управление затратами предприятия [Текст]: учебник / Г.В Савицкая. – Минск: ИП Экоперспектива, 1999. – 372 с.
9. Пути и методы реструктуризации железных дорог [Текст] // Железные дороги мира. – 1998. – №4. – С. 32-38.

Ключові слова: собівартість, приватизація, форма власності, масові перевезення.

Анотації

Розглянуто теоретичні та практичні підходи до проблеми зниження собівартості на вітчизняних і зарубіжних залізницях. Зроблено акцент на зміну форми власності з метою зниження витрат.

Рассмотрены теоретические и практические подходы к проблеме снижения себестоимости на отечественных и зарубежных железных дорогах. Сделан акцент на изменение формы собственности с целью снижения издержек.

Describe theoretical and practical approaches to cost reduction in domestic and foreign railways. Focuses on the change of ownership in order to reduce costs.

**АВТОМАТИКА ТА КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
РУХОМ ПОЇЗДІВ**

УДК 681.586.782

*Д-р техн. наук М.М. Бабаев,
асп. В.Ю. Гребенюк*

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПУТЕВОГО
УЧАСТКА С ПОМОЩЬЮ ИНДУКТИВНО-ПРОВОДНОГО ДАТЧИКА
НА БАЗЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Введение. В процессе регулирования движением поездов возникает необходимость в определении наличия или отсутствия транспортного средства в контролируемой зоне, анализируя данные, поступающие с путевых датчиков. В связи с этим появляется проблема обработки информации и принятия правильных решений в различных условиях. Перспективной вычислительной технологией, обеспечивающей новые подходы к исследованию разнообразных динамических задач, а также позволяющей моделировать различные процессы путем накопления знаний и предоставления их для последующей обработки, является нейросетевое моделирование. С появлением нейронных сетей (НС), способных решать информационно-планирующие задачи, возникли предпосылки для создания модернизированных систем автоматизированного управления объектами во многих областях, в частности на железнодорожном транспорте.

Ввиду широкого применения индуктивно-проводных датчиков (ИПД) в системах железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) в качестве элементов, способных контролировать состояние путевых участков, целесообразным является их дальнейшее исследование и усовершенствование. С целью повышения эффективности использования данных

датчиков и расширения их функциональных возможностей уместным будет применение НС, которые гарантируют большие прикладные возможности благодаря их модификации с помощью повторного обучения на вновь обновленной базе данных [1]. Найденное НС решение в большинстве случаев оказывается более совершенным по сравнению с программным выполнением данной задачи. Класс приложений НС используют в случае, когда обычные вычисления трудоемки, нерациональны или малоэффективны.

Анализ публикаций и постановка задачи исследования. Прогнозное нейросетевое моделирование находит применение в области автоматического управления транспортными средствами [2]. Подходы к использованию НС в диагностике технического состояния железнодорожных объектов приведены в работе [3]. Учитывая тот факт, что нейросетевые технологии приобрели огромное практическое применение во многих областях науки и успешно набирают обороты в железнодорожной отрасли, в системах ЖАТ, моделирования с их помощью почти не проводилось. В связи с тем, что ИПД предотвращают возникновение аварийных ситуаций на железнодорожных объектах, тем самым повышая безопасность движения поездов и

выполнения маневровых работ, расширение функциональных возможностей данных путевых датчиков путем их дальнейшего исследования более чем актуально. Поэтому целью данной статьи является формирование модели контроля состояния путевого участка с помощью ИПД на базе нейросетевых технологий.

По сравнению с человеческими возможностями нейросетевое моделирование позволяет обеспечить более высокий уровень реакции на изменение среды, быстрее проанализировать смену ситуации и выбрать наиболее оптимальный вариант решения конкретного задания, что и является основными требованиями к выполнению поставленной задачи.

Основная часть. В практических приложениях любая НС выступает как самостоятельная составляющая представления знаний, в основном в качестве одного из компонентов системы управления или принятия решений, передающих результат на другие элементы [4]. К преимуществам НС относят способность адаптироваться к изменениям окружающей среды, когда обученные НС

могут быть легко переучены для работы в других условиях; повышение продуктивности НС за счет увеличения достоверности принимаемого решения; высокую отказоустойчивость; масштабируемость. Отличительным свойством НС является возможность самообучаться и параллельно обрабатывать данные, что позволяет вырабатывать желаемый результат путем обобщения накопленных сведений. Качество работы НС напрямую зависит от предоставляемого набора учебных данных. Процесс обучения предполагает поступление стимулов из внешней среды, в результате чего изменяются внешние параметры НС, а после изменения внутренней структуры НС реагирует на возбуждения уже по-другому. Такая последовательность действий и является алгоритмом обучения НС [5]. Алгоритм обучения – это набор средств, позволяющих по вектору ошибки вычислить необходимые поправки для весов сети (рис. 1). Т. е. при наличии базы данных, которая содержит примеры, необходимо найти верный искомый ответ путем расчета ошибки и подстройки весов.

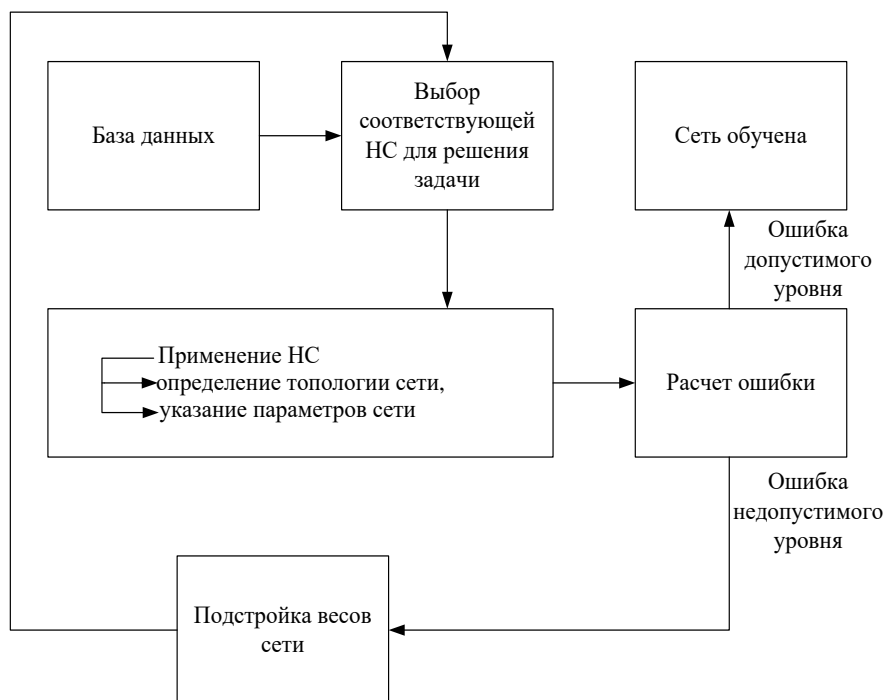


Рис. 1. Алгоритм процесса обучения НС

Для решения поставленной задачи возможно использование многослойной НС, т.к. она позволяет выделять глобальные свойства данных за счет повышения уровня взаимодействия нейронов и наличия дополнительных синаптических связей. К тому же многослойные НС обладают большими вычислительными возможностями, чем однослойные [6].

Чувствительным элементом ИПД является индуктивный шлейф, который

представляет собой две секции, уложенные последовательно внутри рельсовой колеи на путевом участке. После детального исследования изменения индуктивности катушки [7] было выявлено, что секции индуктивного шлейфа по-разному реагируют на наличие ферромагнитной массы подвижной единицы над ней, на климатические факторы и другие внешние воздействия. Относительное изменение индуктивности секций шлейфа ИПД в различных условиях [8] приведено в таблице.

Таблица

Относительное изменение индуктивности секций шлейфа ИПД в различных условиях, %

Данные/ условия	1	Климатические факторы и другие внешние воздействия											
		Секция 1	2	0	5	0	5	10	10	0	15	0	15
Секция 2	3	0	0	5	5	10	0	10	15	15	0	10	15
Выход	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Продолжение таблицы

1	Занятость путевого участка подвижной единицей													
2	20	20	15	30	40	50	60	70	5	10	0	5	15	100
3	0	15	20	10	5	0	15	0	80	90	30	50	100	15
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Значение нуля на выходе датчика означает свободу пути при возможных внешних воздействиях, единица на выходе соответствует занятости путевого участка транспортным средством.

Таким образом, основная идея данного исследования заключается в оценке возможности моделирования различных ситуаций на путевом участке с помощью гибридных НС путем использования известной выборки зависимостей для определения параметров функций принадлежности. Причем для нахождения данных параметров целесообразно применение процедуры обучения НС в наборе прикладных программ Matlab, как универсальной среды

разработки подобных приложений. В пакете Matlab гибридные сети можно реализовать в виде адаптивной системы ANFIS несколькими входами с любыми термами лингвистических переменных и одним выходом с постоянной или линейной функцией принадлежности [9].

Внешний вид обучающей выборки для разрабатываемой НС в соответствии с таблицей приведен на рис. 2, где голубыми окружностями обозначаются данные для обучения.

Пользуясь обучающими данными, сгенерируем структуру НС, задав для каждой из входных переменных по 3 лингвистических термина. Визуализированная структура полученной НС изображена на рис. 3.

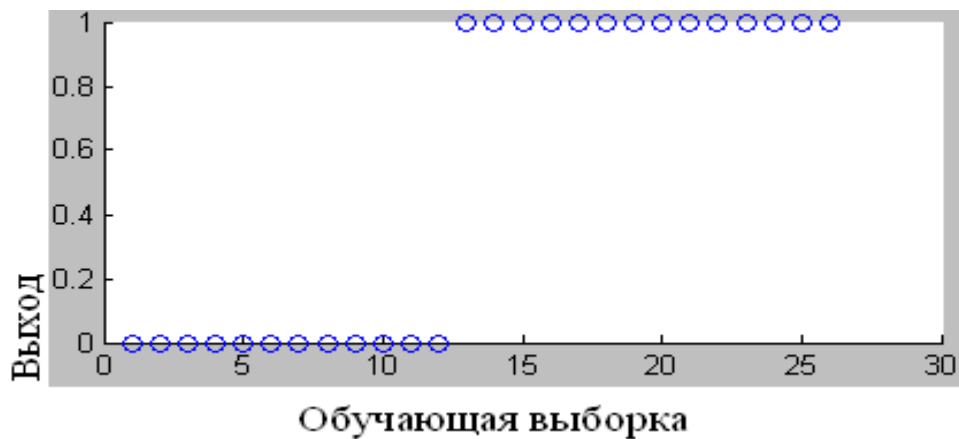


Рис. 2. Обучающие данные для разрабатываемой НС

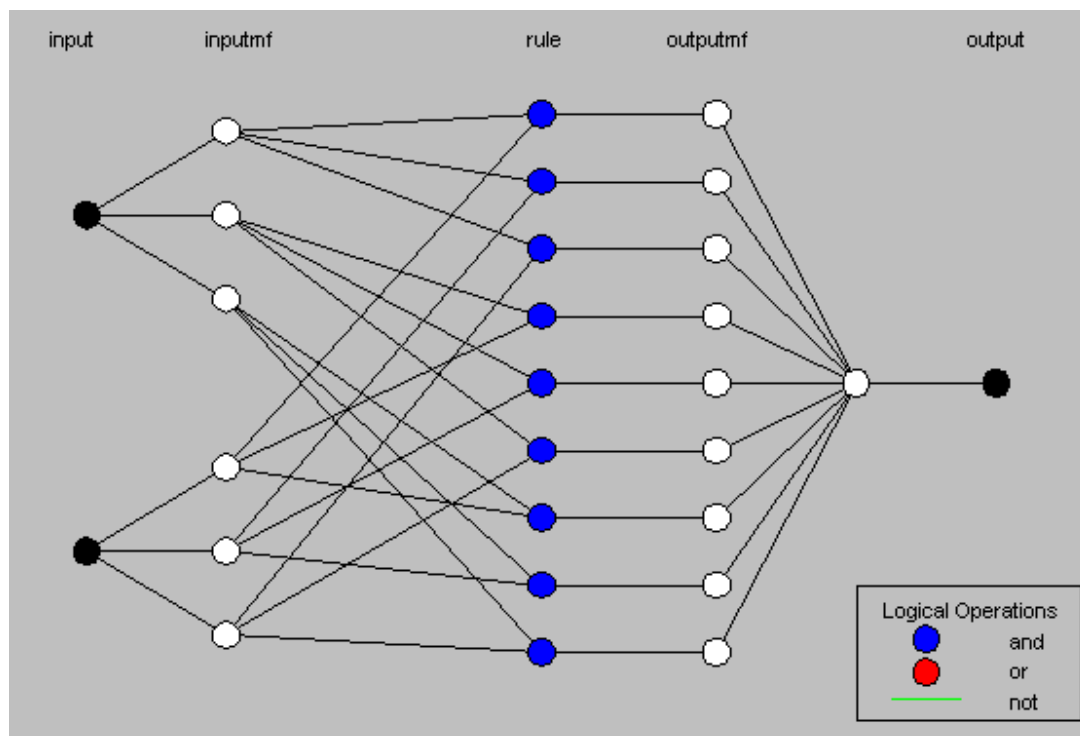


Рис. 3. Структура сгенерированной системы

Далее выберем метод обучения гибридной НС. В основе алгоритма обратного распространения ошибки лежит градиентный метод поиска минимума функции ошибки с анализом сигналов ошибки от выходов НС к ее входам, в направлении, обратном прямому распространению сигналов в обычном режиме работы [2]. Функция ошибки

данного алгоритма состоит из суммы квадратов рассогласования реального выхода сети и желаемого. При обучении методом обратного распространения ошибки предполагается два прохода по всем слоям сети. При прямом проходе, когда все синаптические веса фиксированы, на сенсорные узлы сети подается входной вектор, после чего осуществляется его

распространение по сети от слоя к слою. На следующем этапе осуществляется генерирование набора выходных сигналов, являющегося реакцией сети на данный входной вектор. В процессе обратного прохода все синаптические веса настраиваются исходя из правила коррекции ошибок: фактический выход сети вычитается из целевого, результатом чего является формирование сигнала ошибки, который впоследствии будет распространяться по сети в направлении, обратном направлению синаптических связей [10].

Гибридный метод в данном случае представляет собой сочетание алгоритма обратного распространения ошибок и более

быстрого рекуррентного метода наименьших квадратов. В данном случае задается способ последовательного определения погрешностей в каждом слое, начиная с последнего. Начальные значения обычно устанавливаются определенным образом, а адаптивная коррекция всех весов производится согласно правилам [6].

Установив уровень ошибки обучения равным нулю, зададим, например, 12 циклов для обучения НС. Иллюстрация первого прохода процесса обучения в виде графика зависимости ошибки от количества циклов обучения методом обратного распространения ошибки приведена на рис. 4, а, гибридным методом – на рис. 4, б.

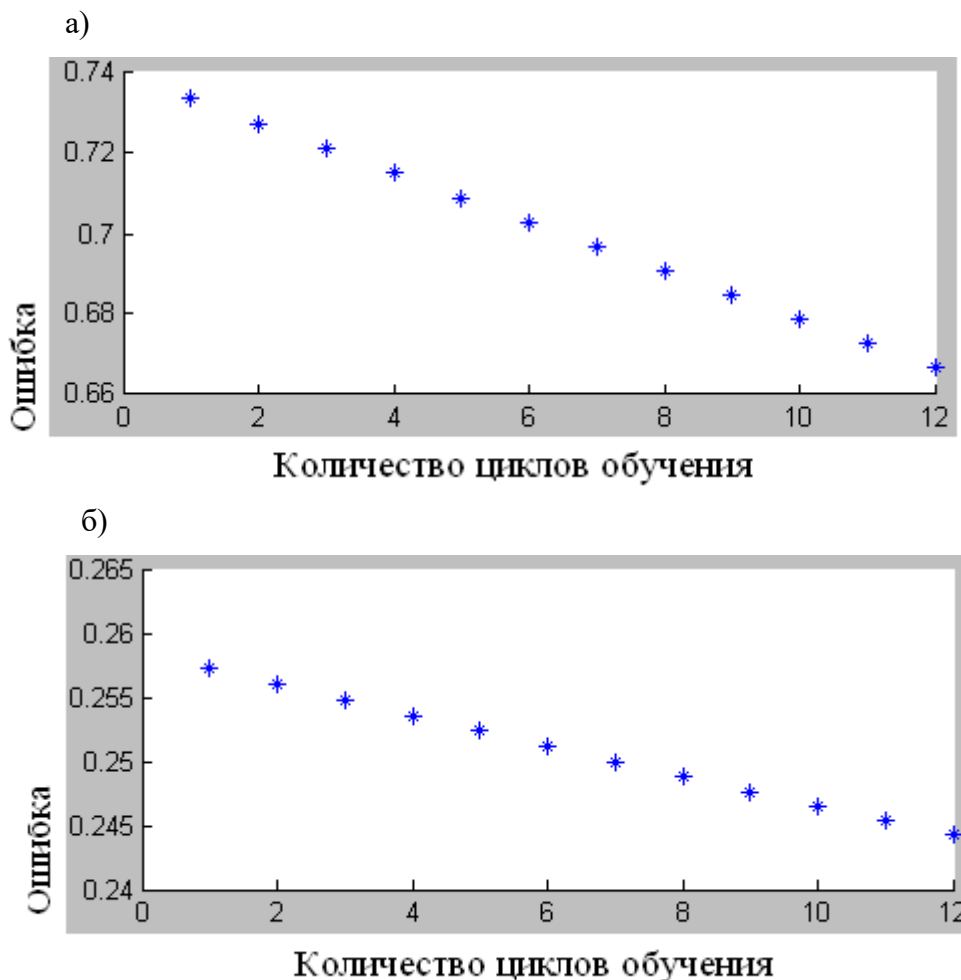


Рис. 4. График зависимости ошибок обучения от количества циклов обучения методом обратного распространения ошибок (а) и гибридным методом (б)

После многократного предъявления примеров НС дает правильные ответы практически на все примеры из базы данных (в зависимости от установленного уровня ошибки), что можно увидеть путем дальнейшего уменьшения ошибки. Обученная однократным проходом

процесса обучения НС представлена на рис. 5, а, после многократного обучения – на рис. 5, б (звездочка означает результаты моделирования).

Тестируем обученную сеть с помощью уточняющей выборки (голубые точки) (рис. 6).

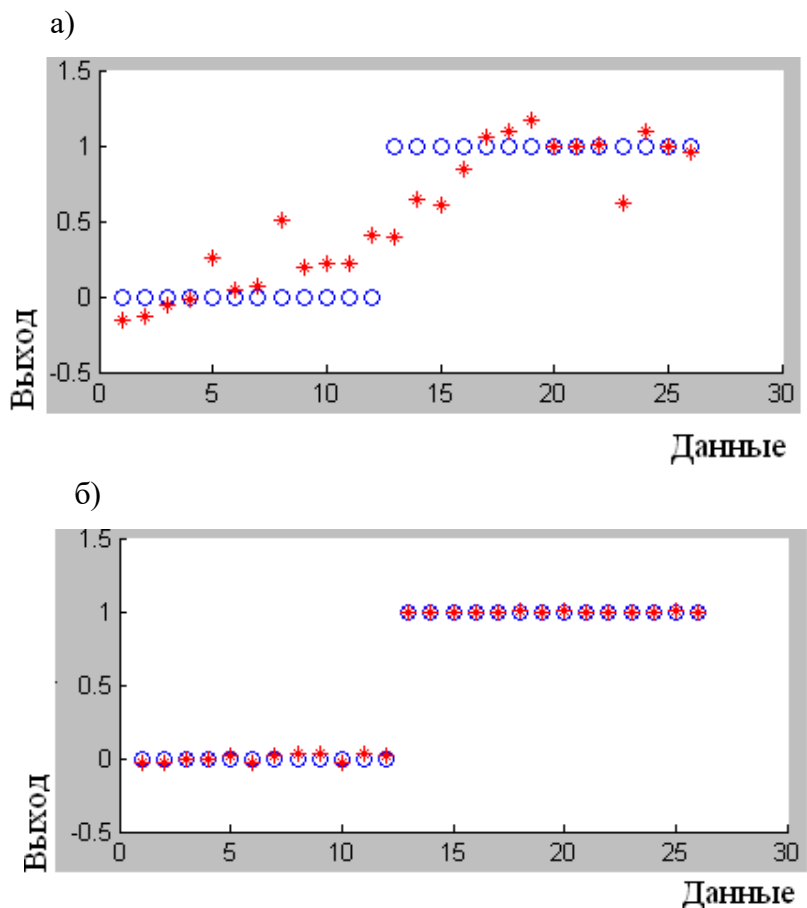


Рис. 5. Система, обученная однократно (а), многократно (б)

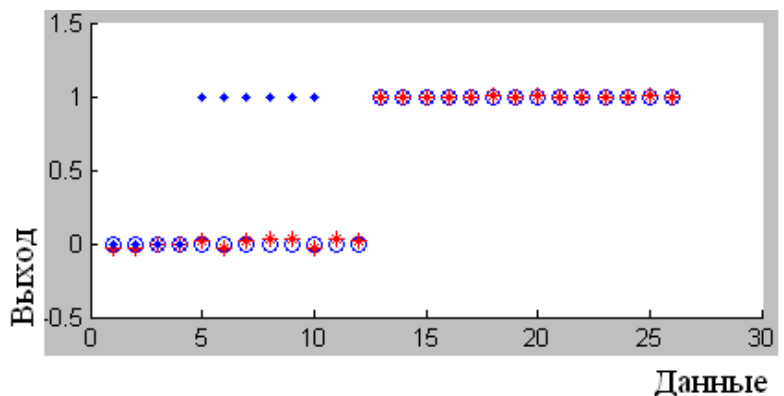


Рис. 6. Тестирование системы с помощью уточняющей выборки

Результаты тестирования обученной системы представлены на рис. 7.

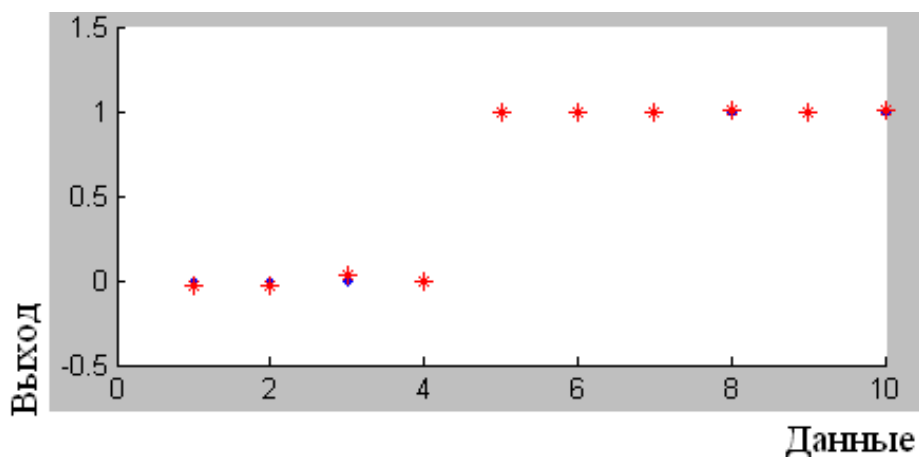


Рис. 7. Результаты тестирования обученной системы

Дальнейшая настройка параметров и редактирование сгенерированной и обученной гибридной НС возможны с помощью средств пакета Fuzzy Inference System. Подтверждением правильного обучения НС с целью определения занятости / свободности путевого участка служат графики зависимостей выходной переменной от входных (рис. 8).

Первые два столбца рис. 8 представляют собой входы системы, которые соответствуют первой и второй секциям индуктивного шлейфа ИПД, индуктивность которых изменяется в различных условиях. В случае, например, снегопада, изменение индуктивности обеих секций будет составлять около 8%, соответственно, на выходе ИПД наблюдаем значение 0,0622, близкое к нулю (рис. 8, а), что свидетельствует о свободности контрольного участка пути. На рис. 8, б показан случай наезда подвижного состава со стороны второй секции, при изменении индуктивности второй секции равном 34,1%, при этом значение на выходе системы составляет «1», что характерно для

наличия транспортного средства на путевом участке.

Практически полная автоматизация процесса создания гибридной системы, а также возможность интерпретации и оценки сформированных правил являются основными преимуществами данного подхода к применению гибридных НС.

Выводы исследования и перспективы, дальнейшее развитие в данном направлении. Таким образом, сформированная модель определения занятости / свободности контрольного участка пути на базе нейросетевых технологий позволяет реализовать процесс работы ИПД, а также оценить возможности его функционирования в различных условиях.

Проанализировав полученные результаты, можно сделать вывод, что дальнейшее применение нейросетевого моделирования ИПД с целью повышения контроля состояния путевого участка на объектах железнодорожного транспорта является актуальным и целесообразным.

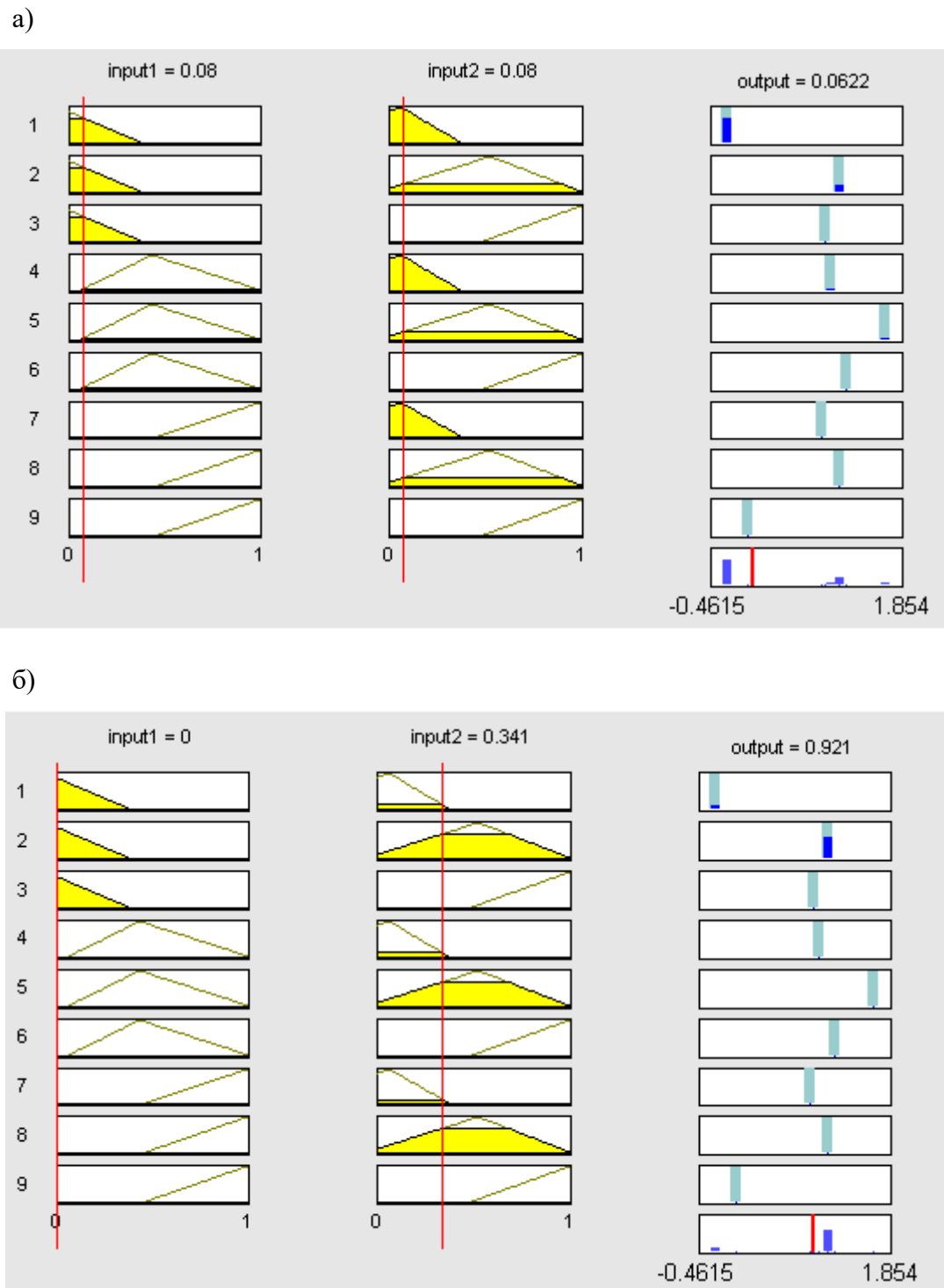


Рис. 8. Реакция сформированной НС на изменения погодных условий (а) и на занятость путевого участка (б)

Список литературы

1. Хайкин, С. Нейронные сети. Полный курс [Текст] / С. Хайкин; пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.

2. Блиндюк, В.С. Прогнозне нейромережне моделювання теплових режимів функціонування тягових двигунів моторвагонних рухомих одиниць [Текст] / В.С. Блиндюк // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2012. - № 2. – С. 87-96.
3. Ващишин, Л.В. Штучні нейронні мережі, як засіб для розпізнавання дефектів залізничних рейок [Текст] / Л.В. Ващишин, В.О. Нічога, І.В. Сторож // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2012. - № 5. – С. 34-37.
4. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст]: пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
5. Каллан, Р. Основные концепции нейронных сетей [Текст]: пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 288 с.
6. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы [Текст]: пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия - Телеком, 2006. – 452 с.
7. Бабаєв, М.М. Аналіз впливу феромагнітної маси рухомої одиниці на індуктивні датчики систем залізничної автоматики [Текст] / М.М. Бабаєв, М.Г. Давиденко, В.Ю. Гребенюк // Зб. наук. пр. Укр. Держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 129. – С. 117-123.
8. Гребенюк, В.Ю. Моделирование процессов работы индуктивно-проводного датчика [Текст] / В.Ю. Гребенюк // Зб. наук. пр. Укр. Держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 134. – С. 162-173.
9. Дьяконов, В. Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник [Текст] / В. Дьяконов, В. Круглов. – СПб.: Питер, 2001. – 480 с.
10. Kramer, A.H. Efficient parallel learning algorithms for neural networks [Text] // A.H. Kramer, A. Sangiovanni-Vincentelli / Advances in neural Information Processing Systems, San Mateo, CA: Morgan Kaufman, 1989. – Vol.1. – P. 40-48.

Ключевые слова: индуктивно-проводной датчик, индуктивный шлейф, контроль путевого участка, гибридная нейронная сеть, методы обучения нейросетей.

Аннотации

На підставі аналізу зміни індуктивності секцій шлейфу індуктивно-дротового датчика (ІДД) розроблено модель контролю стану колійного ділянки на базі нейромережних технологій, наведено етапи розроблення моделі, подано результати моделювання функціонування ІДД. Сформована модель дозволяє визначати наявність рухомої одиниці на контрольній ділянці колії під впливом різних факторів.

На основе анализа изменения индуктивности секций шлейфа индуктивно-проводного датчика (ИПД) была разработана модель контроля состояния путевого участка на базе нейросетевых технологий, приведены этапы разработки модели, представлены результаты моделирования функционирования ИПД. Сформированная модель позволяет определять наличие подвижной единицы на контрольном участке пути под воздействием различных факторов.

Based on the analysis of changes in inductance sections loop inductive-wire sensor (IWS) model was developed for monitoring track section based on neural network technology, the stages of development of the model, the results of modeling the functioning of IWS. Generated model allows detection of the mobile unit in the control section of the route due to various factors.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІЙНОЇ БЕЗПЕЧНОСТІ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ ШЛЯХОМ РОЗРАХУНКУ ЙМОВІРНІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ

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

Вступ. Останнє десятиріччя характеризує динамічний розвиток пристроїв залізничної автоматики і телемеханіки з використанням мікропроцесорних засобів.

Розширення функційних можливостей системи МПЦ підвищує рівень автоматизації роботи поїзних диспетчерів, інформаційну взаємодію з системами управління перевізних процесів більш високого рівня, а також реалізацію функцій віддаленого моніторингу та діагностики, забезпечуючи можливість створення автоматизованих діагностичних систем.

Діагностична інформація може використовуватися і оперативним персоналом (черговим по станції, поїзним диспетчером) для керування рухом поїздів, і обслуговуючим персоналом (електромеханіками, диспетчерами дистанції СЦБ) для виявлення передвідмовного стану. Вона сприяє переходу від планово-попереджувального способу обслуговування до обслуговування по стану і скорочує експлуатаційні витрати.

Постановка проблеми. Мікроелектронні комплекси систем керування та регулювання руху поїздів, порівняно з релейними комплексами пристроїв, мають у своєму складі значну кількість принципово нових мікроелектронних елементів. Ці елементи є функціонально менш безпечними, ніж електромагнітні реле 1 класу надійності, на базі яких побудована концепція забезпечення функціональної безпеки систем залізничної автоматики. Мікроелектронні елементи є елементами з симетричними відмовами,

при виникненні яких вони не тільки розмикають, але і замикають електричні кола, що може призводити до несанкціонованого увімкнення відповідальних виконавчих пристроїв, одержання недостовірної інформації та порушення функцій з забезпечення безпеки руху поїздів.

У мікроелектронних пристроях КТЗ інтенсивність збоїв і відмов через електромагнітні завади може в багато разів перевищувати інтенсивність їхніх відмов через зношування та старіння. Так, наприклад, інтенсивність відмов інтегральних мікросхем $\lambda = 10^{-7} - 10^{-9}$ 1/год [1], у той час як інтенсивність виникнення завад на об'єктах експлуатації КТЗ – від одиниць до тисяч імпульсів на годину. Використання елементів захисту від завад не завжди вирішує проблему забезпечення функціональної безпеки КТЗ, тому що відмови цих елементів у більшості випадків є неконтрольованими і можуть призводити не тільки до зниження безвідмовності КТЗ, але й до виникнення в них небезпечних відмов. Отже можна підкреслити основні етапи розвитку функціональної безпеки КТЗ:

- 1) розрахунок показників функціональної безпеки;
- 2) стендові випробування;
- 3) випробування з використанням моделей;
- 4) полігоні й експлуатаційні випробування;
- 5) експертні оцінки функціональної безпеки КТЗ.

Результати досліджень. Розрахунок функціональної безпеки виконують на ранніх стадіях розроблення КТЗ. Результати розрахунку є підставою для ухвалення рішення про доцільність подальшого розроблення й проведення наступних, більш складних, етапів доказу функціональної безпеки КТЗ. Розрахунок кількісних показників функціональної безпеки та їх оцінку подають у документі «Доказ функціональної безпеки».

До показників функціональної безпеки невідновлюваних КТЗ належать:

- імовірність небезпечної відмови $Q_n(t)$ (за період експлуатації t);
- імовірність небезпечної відмови за кожну годину експлуатації $Q_n(t)/t$;
- імовірність безпечної роботи $P_6(t)$;
- інтенсивність небезпечних відмов $\lambda_n(t)$;
- середній наробіток до небезпечної відмови T_n .

Показники середнього наробітку до небезпечної відмови T_n для використаних модулів:

1) 140CPS12400 модуль живлення – $T_n=0,1005671 \cdot 10^7$;

2) 140CHS11000 модуль гарячого резерву – $T_n=0,1591013 \cdot 10^7$;

3) 140CPU53414A модуль процесора – $T_n=0,969095 \cdot 10^6$;

4) 140CRP93200 модуль зв'язку RIO – $T_n=0,1744409 \cdot 10^7$;

5) 140NOE77111 модуль зв'язку Ethernet – $T_n=0,622886 \cdot 10^6$;

6) 140DDI35300 модуль вводу – $T_n=0,724443 \cdot 10^6$.

Інтенсивність небезпечних відмов λ_n визначається за формулою

$$\lambda_n = 1 / T_n . \quad (1)$$

$$\lambda_{CPS} = 1 / 0,1005671 \cdot 10^7 = 9,94 \cdot 10^{-7} .$$

$$\lambda_{RIO} = 1 / 0,1591013 \cdot 10^7 = 6,28 \cdot 10^{-7} .$$

$$\lambda_{CPU} = 1 / 0,969095 \cdot 10^6 = 0,103 \cdot 10^{-7} .$$

$$\lambda_{CHS} = 1 / 0,1744409 \cdot 10^7 = 5,73 \cdot 10^{-7} .$$

$$\lambda_{NOE} = 1 / 0,622886 \cdot 10^6 = 0,16 \cdot 10^{-7} .$$

$$\lambda_{DDI} = 1 / 0,724443 \cdot 10^6 = 0,13 \cdot 10^{-7} .$$

На прикладі розглянемо розрахунково-логічну схему функціональної безпеки для вмикання стрілки (рис. 1).

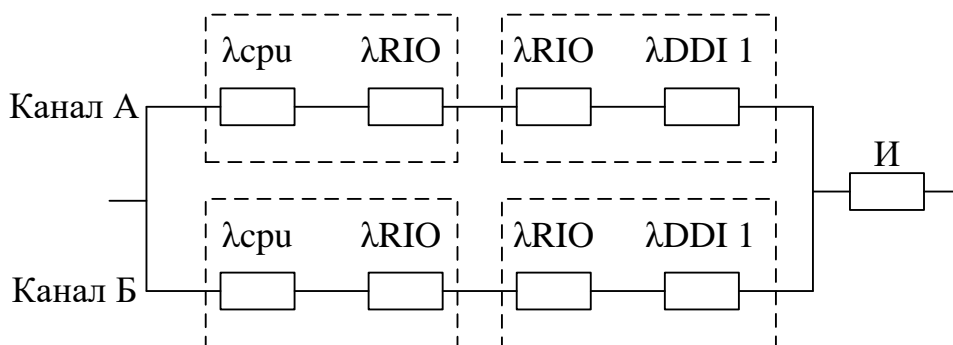


Рис. 1. Розрахунково-логічна схема функціональної безпеки для вмикання стрілки

Для розрахунку показників функціональної безпеки потрібно розрахувати інтенсивність небезпечних відмов всіх елементів схеми $\lambda_{общ}$. $\lambda_{общ}$ розраховується за формулою для одного

каналу, у формулі враховується K_e – коефіцієнт, який враховує умови експлуатації, для умов експлуатації на залізничному транспорті $K_e = 2,0$:

$$\lambda_{общ}(t) = \lambda_{cpu}(t) \cdot K_e + \lambda_{RIO}(t) \cdot K_e + \lambda_{RIO}(t) \cdot K_e + \lambda_{DDI}(t) \cdot K_e . \quad (2)$$

$$\lambda_{общ}(t) = (0,103 \cdot 10^{-7})^2 + (6,28 \cdot 10^{-7})^2 + (6,28 \cdot 10^{-7})^2 + (0,13 \cdot 10^{-7})^2 = 25,586 \cdot 10^{-7}.$$

Приймаємо час роботи експлуатації:
 $t_1=43800$ год (5 років); $t_2=87600$ год (10 років);
 $t_3=131400$ год (15 років); $t_4=175200$ год (20 років);
 $t_5=219000$ год (25 років); $t_6=262800$ год (30 років).

Середній наробіток до небезпечної відмови T_{cp} розраховується за формулою

$$T_{cp} = 1/\lambda_{общ}(t). \quad (3)$$

$$T_{cp} = 1/25,586 \cdot 10^{-7} = 0,039 \cdot 10^7.$$

Імовірність безпечної роботи P_6 знаходиться за формулою (рис. 2)

$$P_{6An}(t) = e^{-\lambda_{общ} \cdot t_n}. \quad (4)$$

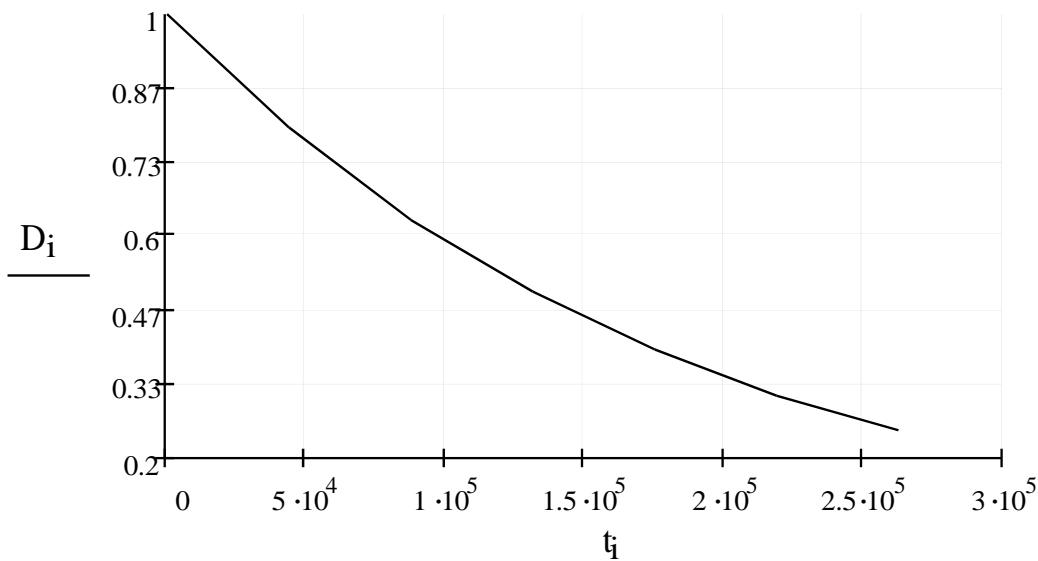


Рис. 2. Імовірність безпечної роботи для одного каналу

Для другого каналу показник $P_{6Б}(t)$ буде таким самим.

Імовірність небезпечної відмови $Q_{нАн}(t)$ розраховується за формулою (рис. 3)

$$Q_{нАн}(t) = 1 - P_{6Ан}(t). \quad (5)$$

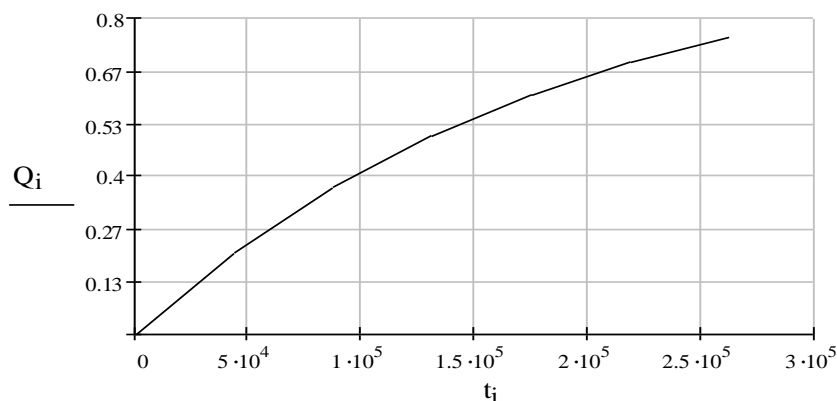


Рис. 3. Імовірність небезпечної відмови для одного каналу

Для другого каналу показник $Q_{нБ}(t)$ буде таким самим.

Оскільки використовуються два канали, які включені у схему паралельно (рис. 4), то формула буде мати такий вигляд:

$$Q_{общн}(t) = Q_{нАн}(t) \cdot Q_{нБн}(t). \quad (6)$$

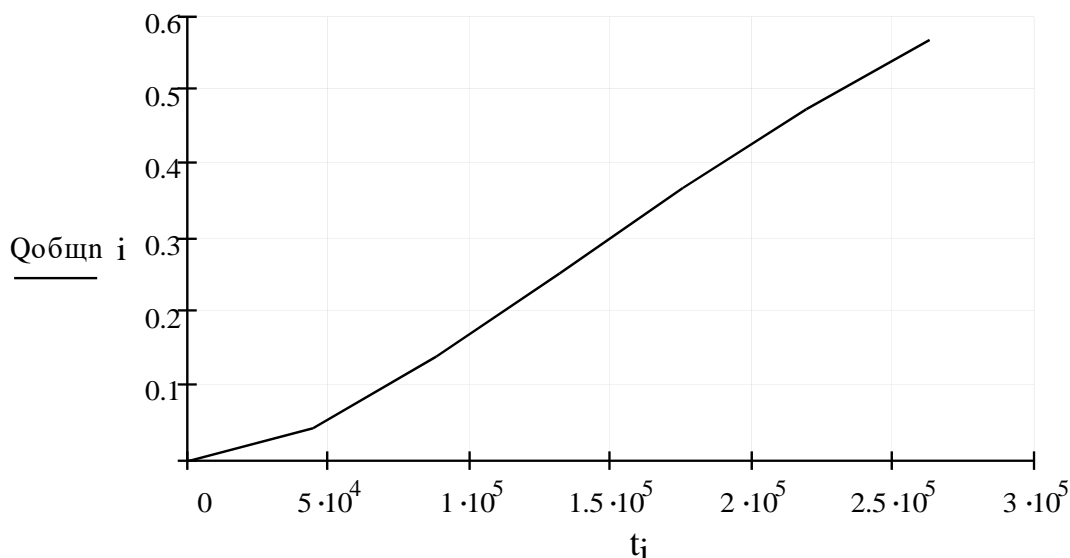


Рис. 4. Імовірність небезпечної відмови для обох каналів

Розрахунково-логічні схеми функціональної безпеки (РЛС ФБ) складають на підставі детального аналізу функціонування системи за принциповими схемами та конструкторською документацією у всіх режимах роботи (з урахуванням зовнішніх пристроїв) і можливості появи в ньому небезпечних відмов при раптових і поступових відмовах його елементів. Для складання переліку небезпечних відмов елементів системи використовують документи, що рекомендуються для застосування на залізницях, наприклад, враховують усі можливі відмови первинних елементів, такі як обриви, короткі замикання чи зміни їх параметрів. Розрахунково-логічна схема функціональної безпеки – це з'єднані між собою графічні зображення елементів, що входять до складу КТЗ і впливають на його безпеку. Такі зображення елементів позначаються в РЛС ФБ у вигляді прямокутників і з'єднуються в них

послідовно, паралельно, послідовно-паралельно чи іншим способом. Вид РЛС ФБ залежить від наслідків впливу відмов елементів на безпеку КТЗ у цілому. Якщо відмова елемента призводить до небезпечної відмови КТЗ, то зображення елемента в РЛС ФБ буде з'єднуватися з іншими зображеннями елементів послідовно; якщо небезпечна відмова КТЗ настає при відмовах його декількох елементів, то їх зображення в РЛС ФБ будуть з'єднуватися паралельно; якщо відмова елемента призводить до небезпечної відмови тільки одного каналу резервування, то його зображення в РЛС ФБ буде з'єднуватися з іншими зображеннями каналів резервування паралельно (при загальному навантажувальному резервуванні) або замикатися на вирішальний елемент (при мажоритарному резервуванні).

Висновок. Мікропроцесорні пристрої, приходячи на зміну електромеханічним та

електронним системам, сприяють підвищенню характеристик СЗАТ. Як правило, МПЦ мають значно менше число електронних компонентів і завдяки цьому мають більш високу надійність, менший розмір і вагу. Вони мають більш функціональні можливості, легше

вписуються до структури сучасних технологічних систем, можуть мати вмонтовану автодіагностику та віддалений моніторинг. Тому зручно використовувати системи МПЦ та проектувати їх надалі на СЗАТ.

Список літератури

1. Кустов, В.Ф. Основи теорії надійності та функційної безпечності систем залізничної автоматики [Текст]: навч. посібник / В.Ф. Кустов. – Харків, 2008. – 218 с.

Ключові слова: МПЦ, імовірність небезпечної відмови, імовірність безпечної роботи.

Анотації

У даній науковій статті визначається функційна безпечність системи МПЦ при їх розробленні, а також показано, що використані заходи при проектуванні МПЦ дозволяють підвищити функційну безпечність нових систем і готові для використання на залізничному транспорті.

Данная научная статья определяет функциональную безопасность систем МПЦ при их разработке, а также показывает, что используемые способы при проектировании МПЦ позволяют повысить функциональную безопасность новых систем и готовы для использования на железнодорожном транспорте.

Given scientific article defines functional safety of the systems MPC under their development , as well as shows that used ways when designing MPC allow to raise functional safety of the new systems and ready for use on rail-freight traffics.

УДК 681.586.7:625.162

*О.В. Кіба, В.О. Сотник,
канд. техн. наук С.В. Кошевий*

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОЛІЙНИХ І ЛОКОМОТИВНИХ ПРИСТРОЇВ АВТОМАТИКИ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЯХ

Представив д-р техн. наук, професор М.М. Бабаєв

Вступ. У системах залізничної автоматики (ЗА) в якості неперервних колійних перетворювачів для контролю

стану колійних ділянок найбільшого розповсюдження отримали електричні рейкові кола (РК). Але таке технічне

рішення контролю стану колійних ділянок поруч з низкою суттєвих переваг перед іншими способами контролю має також ряд і суттєвих недоліків [1, 2].

Постановка проблеми. РК мають значну кількість різновидів, пов'язану з умовами їхнього використання:

- станційні та перегінні;
- використовується на залізничній дільниці тяга поїздів (автономна, електротяга постійного, змінного струму, ділянки стикування двох видів тяги);
- спосіб каналізації зворотного тягового струму та ін.

Це вимагає широкої номенклатури апаратури релейних і живильних кінців РК та значної кількості й номенклатури кабельної продукції. У свою чергу це призводить до складності її обліку й відновлення, обладнання ремонтно-технологічних дільниць (РТД) відповідною діагностичною та ремонтною базою, високої кваліфікації персоналу, що обслуговує РК в експлуатації, і працівників РТД.

РК, як інструмент контролю стану ділянок колії (вільно/зайнято), мають також ряд суттєвих недоліків, що обмежують можливості та знижують ефективність їхнього безальтернативного використання. До таких недоліків можна віднести:

- динамічний режим шунтування рейкової лінії (РЛ) колісними парами рухомого складу;
- суперечливі умови функціонування РК у різних режимах роботи;
- суттєвий вплив на електричні параметри РЛ погодних умов, механічного та хімічного забруднення верхньої будови колії;
- низькі показники надійності за рахунок електричного пробоя та сходу ІС, обриву стикових з'єднувачів, перемичок від дросель-трансформаторів (ДТ) або колійних коробок і т. п..

Це, як відомо, ускладнює процеси регулювання параметрів РК в межах допустимих норм і можливості використання РК при підвищеній електричній провідності баласту та шпал, призводить до відмов РК.

При організації прискореного та швидкісного руху поїздів ускладнюються умови надійного функціонування локомотивних пристроїв АЛСН при проходженні поїздом горловин станцій з відносно короткими ізольованими секціями [3].

Наведені фактори негативно впливають як на ефективність, так і безпеку перевізного процесу, підвищують експлуатаційні витрати господарств колійного, енергопостачання, сигналізації та зв'язку на догляд за верхньою будовою колії та інші роботи з підтримки РК у працездатному стані.

Аналіз досліджень та публікацій, основні передумови розробки. За щорічною статистикою розподілу відмов у роботі всіх пристроїв ЗА залізниць України, кількість відмов, що припадає на РК, складає від 14 до 21 % їхньої загальної кількості. При цьому половина відмов РК припадає на ізолюючі стики (ІС). Для каналізації зворотного тягового струму на електрифікованих залізничних лініях наявність ІС обумовлює також застосування ДТ, які мають достатньо високу вартість і разом з дросельними перемичками часто є предметами розкрадань сторонніми особами.

ІС стають потенційними джерелами електромагнітних завад і причинами збоїв у роботі локомотивних пристроїв автоматичної локомотивної сигналізації (АЛСН) при безупинному проходженні поїздом залізничних станцій на швидкості, що перевищує 95-100 км/год (рис. 1). Чим вище швидкість, тим більш потужні завади з більш широким частотним спектром, тим більше збоїв спостерігається в роботі АЛСН.

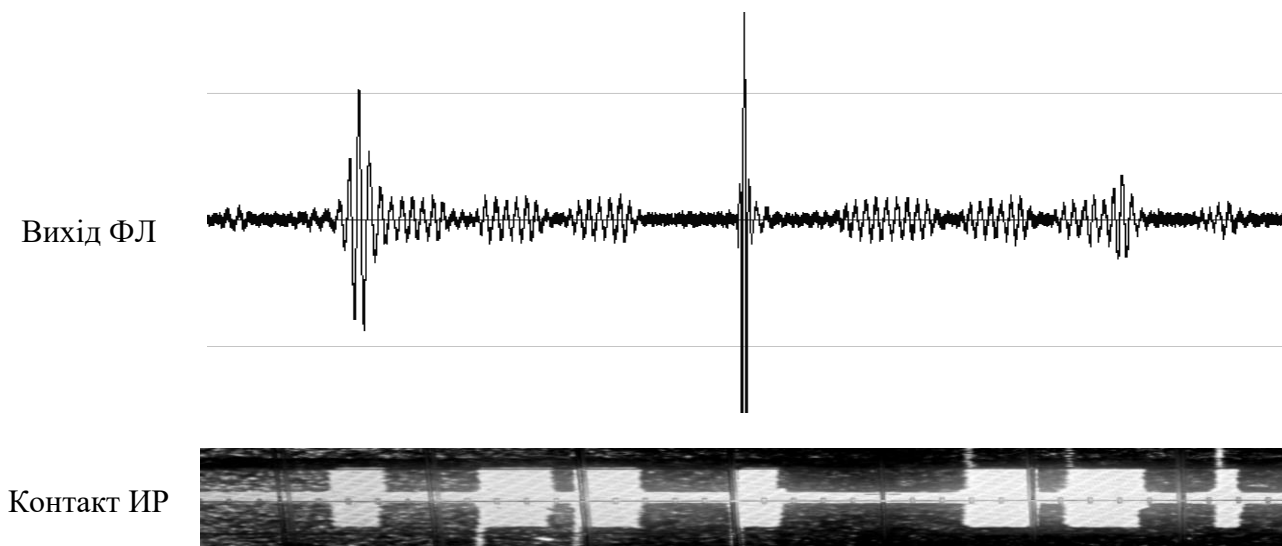


Рис. 1. Епюра напруги сигналів АЛСН на виході ФЛ та осцилограма роботи реле ІР на виході приймача УК

У багатьох випадках альтернативою РК можуть служити системи контролю зайнятості ділянок колії методом рахунку осей рухомого складу (СКЗД). Наприклад, системи рахунку осей фірми Siemens експлуатуються на залізничних лініях, у тому числі й високошвидкісних, більше ніж у 50 країнах світу. На залізницях Російської Федерації в системах ЗА використовується електронна система рахунку осей ЭССО, яка добре зарекомендувала себе в умовах експлуатації.

Багаторічний досвід експлуатації СКЗД на зарубіжних залізницях показує високу функціональну безпеку та надійність роботи СКЗД при використанні такого способу контролю стану колійних ділянок. Але поруч із суттєвими перевагами порівняно з електричними рейковими колами СКЗД також мають свої недоліки:

- неможливість організації ними в пристроях АЛСН каналів передачі сигнальної інформації з колії на локомотив;
- відсутність контролю поперечного зламу рейок.

Мета роботи. Пошук технічних рішень гармонійного поєднання переваг методу рахунку осей (відсутність ізолюючих стиків, ДТ, єдиний

уніфікований набір колійної апаратури, низькі експлуатаційні витрати на обслуговування і ремонт, відсутність технічного обслуговування в РТД, експлуатація до виявлення невідновлюваної відмови, будь-яка конфігурація розгалужених колійних ділянок без обмеження в ній кількості стрілок) та електричних РК (можливість контролю поперечного зламу рейок, організація неперервного каналу передачі кодових сигналів АЛСН з колії на локомотив).

Однонитковий план горловини станції з пунктами рахунку осей і ТРК накладання. Для підвищення ефективності функціонування станційних систем централізації, покращання умов пропускання по рейках зворотного тягового струму при виконанні вимог до розбиття колійних ділянок на ізольовані секції, зменшення короткочасних збоїв пристроїв АЛСН при безупинному проходженні поїздом горловин станцій на підвищеній швидкості можуть бути запропоновані такі технічні рішення, що усувають ряд окремих недоліків існуючих систем ЕЦ з використанням РК для контролю стану колійних ділянок (на рис. 2, а контроль стану колійних ділянок станції здійснюється за допомогою електричних РК).

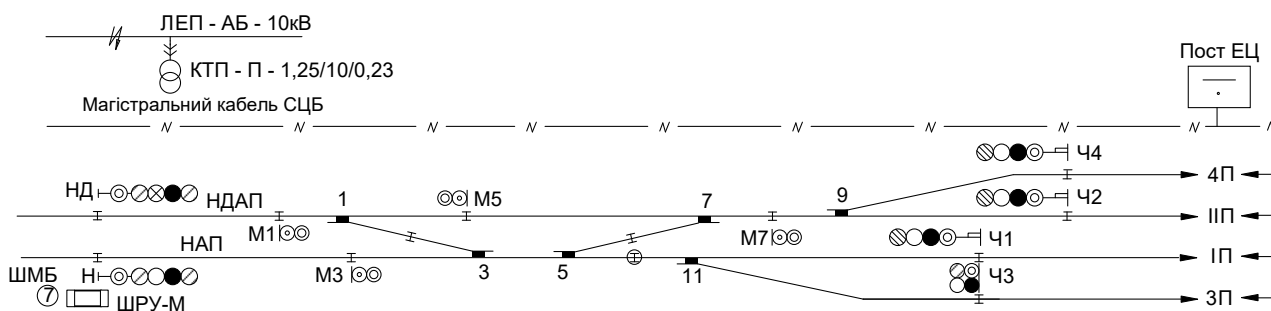
Для контролю стану колійних ділянок у горловині станції використана СКЗД на основі рахунку осей з колійними пунктами зчитування (ПС). СКЗД без будь-яких обмежень може експлуатуватися на станціях і перегонах при будь-якому виді локомотивної тяги поїздів. Вона рекомендується до використання при неможливості або економічній недоцільності використання РК. Для всіх варіантів функціонування СКЗД можуть бути використані однакові універсальні базові апаратні вузли системи з відповідним доопрацьованим під конкретні задачі програмним забезпеченням [3].

На відміну від РК, використання точкових колійних датчиків не дозволяє

контролювати цілісність рейок. Тому можливе сумісне (комбіноване) використання пристроїв рахунку осей і ТРК. Ділянки між вхідними світлофорами та приймально-відправними коліями обладнуються розгалуженими ТРК (рис. 2, б). Колії головного ходу ізольовані одна від одної та від бокових колій ІС, які встановлюються лише біля вхідних і вихідних світлофорів, а по головному ходу в горловинах станції ізолюючі стики встановлюються на диспетчерських з'їздах для виключення попадання кодових струмів АЛСН з однієї головної колії на другу при реалізації в горловині станції одночасно маршрутів приймання та відправлення.

а)

Назва світлофору	± НД	М1	М3	М5	М7	У1 У3	У4 У2
Ордината світлофору	987	764	728	700	540	528	463 440
Номер стрілки		1		3	5	11 7	9
Ордината стрілки		761		667	636	590 543	524



б)

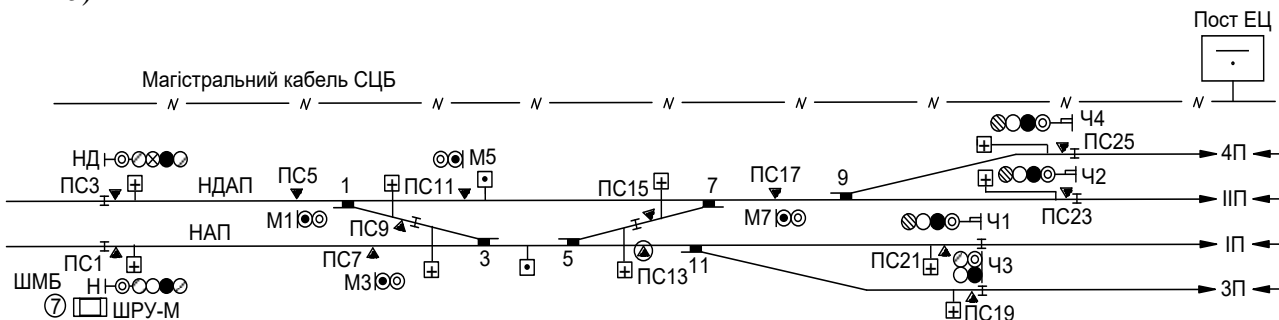


Рис. 2. Однотковий план горловини станції з контролем стану колійних ділянок: а – РК з ізолюючими стиками; б – рахунковими пунктами на базі ТКД і ТРК накладання для контролю зламу рейок і кодування поїзних маршрутів сигналами АЛСН

Встановлені на колях головного ходу станції колійні ПС призначені для контролю стану колійних ділянок у межах горловин станції (рис. 2, б), а розгалужені ТРК – для цілісності рейок і забезпечення кодування колійних секцій чи безстиків словим кодом АЛСН (рис. 3). До складу розгалужених ТРК непарної горловини станції входять і колійні ділянки, стан яких контролюється пристроями рахунку осей:

– ТРК *НАП-11СП* включає колійні ділянки *НАП* (ПС1 – ПС7), *3-5СП* (ПС7 – ПС9 – ПС13 – ПС15), *11СП* (ПС13 – ПС19 – ПС21);

– ТРК *9СП-НДАП* включає колійні ділянки *9СП* (ПС17 – ПС23 – ПС25), *7СП* (ПС11 – ПС15 – ПС17), *1СП* (ПС5 – ПС9 – ПС11), *НДАП* (ПС3 – ПС5).

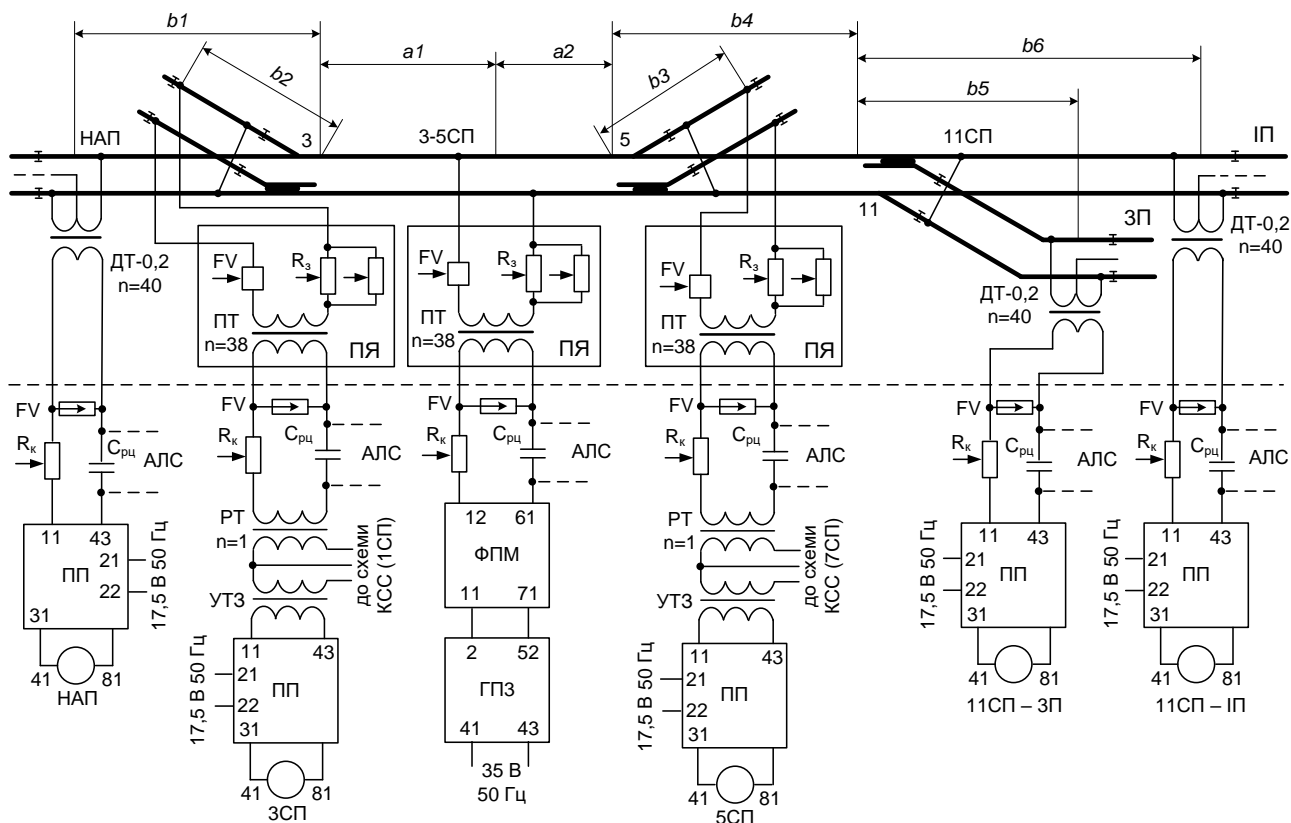


Рис. 3. Схема ТРК накладання головного ходу непарного напрямку руху

Живильні кінці ТРК включено у середині горловин станції. Наприклад, ТРК *НАП-11СП* головного ходу в маршрутах приймання непарної горловини (рис. 2) живиться від генератора ГПЗ, включеного в середині стрілично-колійної ділянки *3-5СП* між стрілками 3 та 5. Релейні кінці розгалужених ТРК розміщені по кінцях головного ходу маршрутів приймання та відправлення, а також на всіх їх відгалуженнях на стрілках. Так, ТРК

НАП-11СП має такі довжини елементів РЛ у розгалуженому ТРК від місця підключення генератора ГПЗ до релейних кінців з колійними приймачами ПП_{НАП}, ПП_{3СП}, ПП_{5СП}, ПП_{11СП-3П}, ПП_{11СП-П}:

– $a1 = a2 = 15$ м – довжини РЛ відповідно від стрілок 3 та 5 до місця підключення генератора ГПЗ до колії;

– $b1 = 320$ м, $b2 = 46$ м – довжини паралельно розгалужених РЛ відповідно від стрілки 3 до ізолюючих стиків у вхідного

світлофора Н та ізолюючих стиків відгалуження спареної стрілки 1/3;

– $b3 = b4 = 46$ м – довжини паралельно розгалужених РЛ відповідно від стрілки 5 до ізолюючих стиків відгалуження спареної стрілки 5/7 та стрілки 11;

– $b5 = b6 = 62$ м – довжини паралельно розгалужених РЛ відповідно від стрілки 11 до ізолюючих стиків у вихідних сигналів ЧЗ колії ЗП та ЧІ колії ІП.

Таке включення розгалуженого ТРК обумовлює використання його лише в

нормальному та контрольному режимах. У зв'язку з різною довжиною РЛ паралельних відгалужень для надійного функціонування колійних приймачів ТРК накладання необхідно виконати узгодження вхідних опорів відгалужень РЛ між собою. Так, на вході колійних приймачів ЗСП та 5СП (рис. 3, 4) включені узгоджуючі трансформатори УТЗ, які також виконують додаткову функцію контролю справності ІС на диспетчерських з'їздах 1/3 та 5/7.

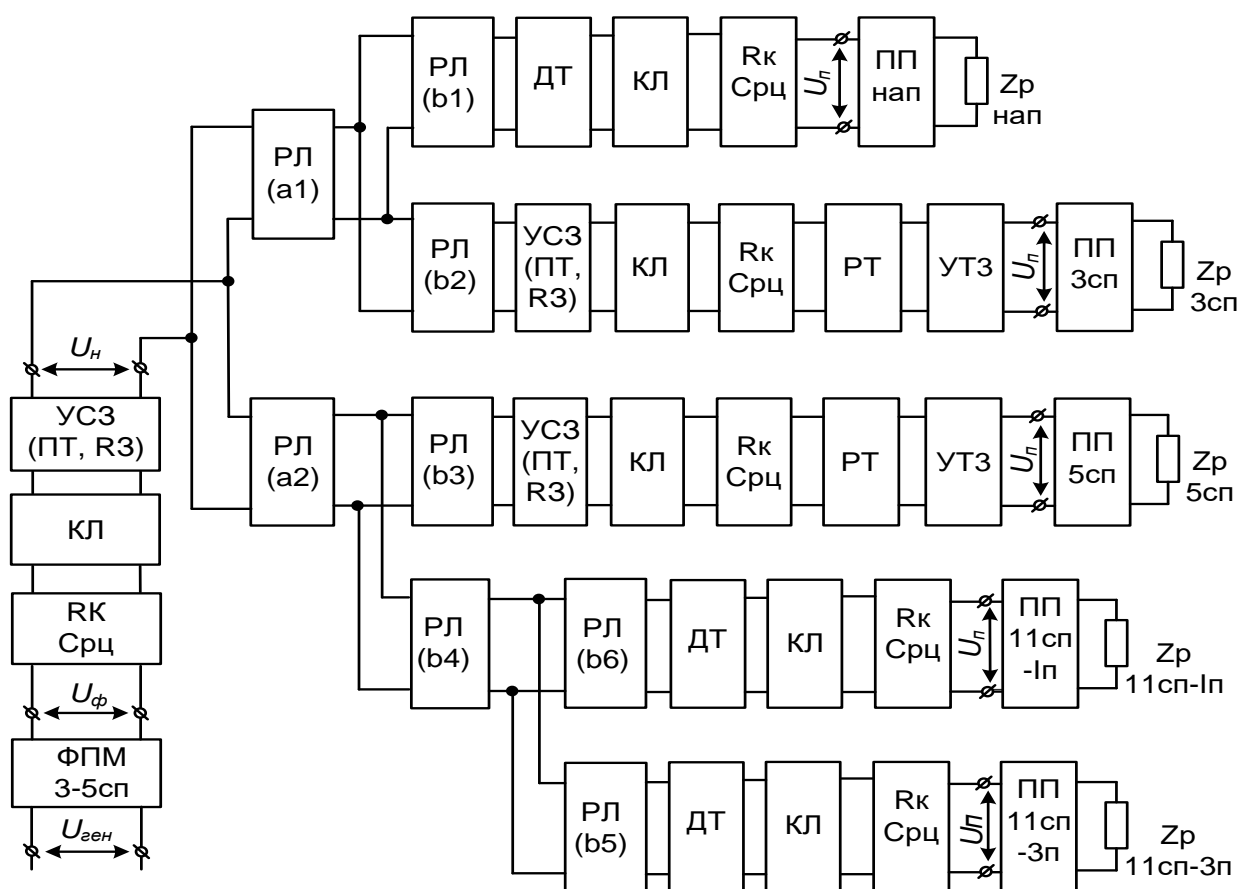


Рис. 4. Схема заміння ТРК стрілично-коліїної секції НАП-11СП

Дослідження функціонування розгалуженого ТРК накладання. РК, як складний тракт передачі сигнальної інформації, може бути представлений електричною схемою заміння, яка складається з касадно з'єднаних чотиріполюсників (ЧП) з відповідними

(А)-параметрами, що визначаються окремими структурними складовими, що входять до схеми ТРК. На початку та кінці касадно з'єднаних ЧП включені джерело живлення та колійне реле.

Для вибору місця підключення до рейок колійного генератора з метою

забезпечення надійного функціонування розгалуженого ТРК у нормальному режимі повинні бути виконані такі умови:

– сумарні довжини кожного з відгалужень відносно місця підключення генератора повинні приблизно дорівнювати одне одному і не перевищувати 1000 м, тобто

$$(a1+v1+v2) \approx (a2+v3+v4+v5+v6) \leq 1000 \text{ м};$$

– еквівалентні вхідні опори двох пліч навантаження на колійний генератор повинні приблизно дорівнювати одне одному з метою їхнього рівномірного

навантаження на генератор і розтікання по плечах від генератора однакових струмів;

– умова приблизно однакових вхідних опорів ЧП повинна дотримуватися у будь-яких місцях їхнього паралельного з'єднання (розгалуження на стрілках).

При каскадному з'єднанні будь-який ЧП характеризується матрицею (А)-параметрів з коефіцієнтами А, В, С, D, які в ЧП зв'язують між собою вхідні (\dot{U}_1, \dot{I}_1) і вихідні (\dot{U}_2, \dot{I}_2) напруги та струми в матричній формі (системі рівнянь):

$$\left. \begin{aligned} \left(\begin{array}{c} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_1 \end{array} \right) &= (A) \cdot \left(\begin{array}{c} \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 \end{array} \right), \\ \dot{U}_1 &= A \cdot \dot{U}_2 + B \cdot \dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 &= C \cdot \dot{U}_2 + D \cdot \dot{I}_2 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Значення коефіцієнтів А, В, С, D визначаються внутрішньою структурою ЧП та електричними параметрами елементів цієї структури (для проведення розрахунків довідкові дані коефіцієнтів ЧП та електричні параметри елементів, що входять до складу ТРК, наведені, наприклад, у роботах [4, 5]). При каскадному з'єднанні кількох ЧП

узагальнені (А)-параметри еквівалентного ЧП знаходяться шляхом перемноження матриць (А)-параметрів всіх ЧП у послідовності їх включення в тракт передачі від джерела живлення до навантаження. Наприклад, для ділянки НАП узагальнений ЧП визначається таким чином:

$$\left(\begin{array}{cc} A_{НАП} & B_{НАП} \\ C_{НАП} & D_{НАП} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{cc} A_{РЛ} & B_{РЛ} \\ C_{РЛ} & D_{РЛ} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{cc} A_{ДТ} & B_{ДТ} \\ C_{ДТ} & D_{ДТ} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{cc} A_{КЛ} & B_{КЛ} \\ C_{КЛ} & D_{КЛ} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{cc} A_{RC} & B_{RC} \\ C_{RC} & D_{RC} \end{array} \right). \quad (2)$$

При відомих (А)-параметрах ЧП, що входять у схему заміщення (рис. 4), розрахунки напруг на входах колійних приймачів U_i дозволяють визначити працездатність схеми (рис. 3) у нормальному режимі. Тобто за відсутності поїзда на ділянці НАП-ІІСП всі п'ять колійних реле повинні бути під струмом. Знеструмлений стан окремих колійних реле за наявності рухомого складу на ділянці НАП-ІІСП сприймається як звичайне шунтування РЛ колісними парами рухомого складу, але стан колійних ділянок визначається при

цьому не колійними реле ТРК, а СКЗД. Якщо після проходження поїзда по горловині станції і звільнення колійних секцій або в будь-який довільний час окремі реле залишаються знеструмленими або знеструмлюються, то це за рахунок порушення цілісності електричного кола може означати будь-яку відмову ТРК, у тому числі і злам рейки.

Критерієм контрольного режиму є коефіцієнт чутливості до пошкодженої рейки, який обчислюється при критичному наборі основних параметрів (найкращих

умов для передачі сигналів) для цього режиму:

$$K_{КП} = \frac{U_{ППОТ}}{U_{ПМКФ}} \geq 1, \quad (3)$$

де $U_{ПМКФ}$ – фактична напруга на вході колійного приймача при обриві рейкової нитки і найкращих умовах для передачі сигналу.

Розглянемо функціонування ТРК при зламі рейки на відгалужені стрілки 3 на відстані 35 м від живлячого кінця (початку секції) і на головному ходу між стрілками 5 та 11 (на відстані 25 м від стрілки 5). Тобто розрахуємо режими роботи і визначимо стан колійних реле схеми заміщення ТРК за умови поодинокого поперечного зламу рейки на відгалужені стрілки 3 та на ділянці колії між стрілками 5 та 11.

Коефіцієнти ЧП при зламі рейки, наприклад на ділянці ЗСП, визначаються такими рівняннями:

$$\left. \begin{aligned} A_{ЗСП} &= ch(\gamma l) + \left[(S_1 + S_2) E \sqrt{1 + 2m} \right] ch(\gamma x) sh(\gamma(l - x)) \\ B_{ЗСП} &= Z_v \left[sh(\gamma l) + \left[(S_1 + S_2) E \sqrt{1 + 2m} \right] ch(\gamma x) ch(\gamma(l - x)) \right] \\ C_{ЗСП} &= \frac{\left[sh(\gamma l) + \left[(S_1 + S_2) E \sqrt{1 + 2m} \right] sh(\gamma x) sh(\gamma(l - x)) \right]}{Z_v} \\ D_{ЗСП} &= ch(\gamma l) + \left[(S_1 + S_2) E \sqrt{1 + 2m} \right] sh(\gamma x) sh(\gamma(l - x)) \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

де l – довжина РЛ;

S_1, S_2 – схемні коефіцієнти, що враховують наявність ДТ;

x – відстань від живлячого кінця до місця обриву;

E – коефіцієнт земляного тракту;

m – коефіцієнт поверхневої провідності.

З урахуванням зламу рейки в РЛ визначають (A)-параметри загальної матриці еквівалентного ЧП

$A_{ЗСП}^3, B_{ЗСП}^3, C_{ЗСП}^3, D_{ЗСП}^3$. Знаючи

фактичну напругу живлення ТРК, що отримана при розрахунку нормального режиму, визначається напруга на вході колійного приймача в контрольному режимі:

$$\dot{U}_{ПМКФ} = \frac{\dot{U}_{\Phi MAX}}{A_{ЗСП}^3 + B_{ЗСП}^3 / Z_{ПП}} \cdot \quad (5)$$

Отриману напругу порівнюють з максимально дозвільною $U_{ППОТ}$ для визначення виконання вимоги (3).

Результати розрахунків функціонування розгалуженого ТРК у нормальному режимі та у контрольному режимі при зламі рейки на відгалужені ЗСП і ділянці колії головного ходу між стрілками 5 та 11, які отримані з використанням математичного пакета MathCAD, зведені в таблицю.

Розрахункові дані функціонування ТРК за відсутності та наявності зламу рейок

Найменування ділянки колії	Довжина відгалуження, м	Місце зламу рейки, м	Напруга на колійному приймачі, В	Коефіцієнт чутливості до зламаної рейки
1. Відсутність зламу рейок головного ходу та відгалужень непарної горловини				
НАП	335 (a1+b1)	–	0,393	0,891
3СП	61 (a1+b2)	–	0,752	0,466
5СП	61 (a2+b3)	–	0,884	0,396
11СП – III	123 (a2+b4+ b6)	–	0,53	0,661
11СП – 3П	123 (a2+b4+ b5)	–	0,53	0,661
2. Злам рейки на відгалуженні стрілки 3				
НАП	335 (a1+b1)	–	1,918	0,182
3СП	61 (a1+b2)	35 м від гостряків	0,001191	293,96
5СП	61 (a2+b3)	–	0,884	0,396
11СП – III	123 (a2+b4+ b6)	–	0,53	0,661
11СП – 3П	123 (a2+b4+ b5)	–	0,53	0,661
3. Злам рейки на ділянці колії між стрілками 5 та 11				
НАП	335 (a1+b1)	–	0,393	0,891
3СП	61 (a1+b2)	–	0,752	0,466
5СП	61 (a2+b3)	–	1,083	0,323
11СП – III	123 (a2+b4+ b6)	23 м від стрілки 5	0,001318	265,564
11СП – 3П	123 (a2+b4+ b5)		0,001318	265,524

Висновки. На сьогодні час використання ТКД є привабливим альтернативним рішенням використанню РК для контролю стану колійних ділянок на станціях і перегонах магістрального, а особливо промислового, залізничного транспорту. Поряд з окремими недоліками, СКЗД методом рахунку осей мають низку достатньо вагомих експлуатаційно-технічних переваг перед РК:

1. Зменшення кількості ізолюючих стиків по головних коліях у горловинах станцій значно зменшує кількість збоїв у роботі АЛСН при безупинному проходженні поїздами станцій на підвищеній швидкості.

2. Використання на головних коліях горловини станції ТРК накладання дозволяє від точок підключення ТРК до рейкової лінії здійснювати кодування

сигналами АЛСН більш подовжених секцій.

3. При ліквідації ізолюючих стиків зменшується кількість колійного обладнання, знижуються матеріальні витрати на його обслуговування за рахунок «зміцнення» колії фізично (верхньої будови колії) та електрично (за відсутністю дросель-трансформаторів і перемичок від них до рейок спрощуються умови каналізації зворотного тягового струму).

4. Використання ТРК накладання зі значною кількістю відгалужень лише для роботи в нормальному та контрольному режимах дозволяє в умовах спрощеного налаштування ТРК фіксувати порушення цілісності РЛ.

5. Результати проведених розрахунків показують, що коефіцієнт чутливості до пошкодженої рейки $K_{КП}$ в обраних при

моделюванні місця горловини станції значно перевищує одиницю і дозволяє це чітко фіксувати відповідними знеструмленими колійними реле. Так, згідно з результатами розрахунків (таблиця), при зламі рейки на відгалуженні

стрілки 3 та ділянці колії між стрілками 5 та 11, для ділянки, що контролюється колійним реле ЗСП, $K_{КП} = 293,96$, а для ділянок з 11СП-3П та 11СП-ІП $K_{КП}$ становить відповідно 265,524 та 265,564.

Список літератури

1. Інструкції з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації й блокування (СЦБ). ЦШ– 0060 / Наказ № 090 – ЦЗ від 07. 10. 2009. – К, 2009.
2. Система контролю участків пути методом счёта осей (ЭССО). Технология обслуживания. ТО 00204-0900-1 (Утв. ЦШ МПС 15.06.2001).
3. Соболев, Ю.В. Дослідження умов роботи локомотивних пристроїв АЛС при безупинному проходженні поїзда через станцію [Текст] / Ю.В. Соболев, С.В. Кошевий, М.С. Кошевий, С.М. Бібіков // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2009.-№ 1 (74).- С. 32 – 43.
4. Аркатов, В.С. Рельсовые цепи магистральных железных дорог [Текст]: справочник / В.С. Аркатов, Ю.В. Аркатов, С.В. Казеев, Ю.В. Ободовский. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд. «ООО Миссия-М», 2006. – 496 с.
5. Кулик, П.Д. Тональные рельсовые цепи в системах ЖАТ: построение, регулировка, обслуживание, поиск и устранение неисправностей, повышение эксплуатационной надёжности [Текст] / П.Д. Кулик, Н.С. Ивакин, А.А. Удовиков. – К.: Издательский дом «Мануфактура», 2004. – 288 с.

Ключові слова: контроль зайнятості ділянок колії, метод рахунку осей, точковий колійний датчик, тональне рейкове коло, режим роботи рейкового кола, коефіцієнт чутливості до пошкодженої рейки.

Анотації

Для залізничних станцій досліджена можливість гармонійного поєднання переваг систем контролю стану колійних ділянок методом рахунку осей і розгалужених тональних рейкових кіл накладання. Використання точкових колійних датчиків дозволяє усунути в горловинах по головному ходу ізолюючі стики. За допомогою розгалужених тональних рейкових кіл, що налаштовані на нормальний і контрольний режими функціонування, здійснюється контроль зламу рейок і кодування поїзних маршрутів сигналами АЛСН.

Для железнодорожных станций исследована возможность гармоничного сочетания преимуществ систем контроля состояния путевых участков методом счёта осей и разветвлённых тональных рельсовых цепей наложения. Использование точечных путевых датчиков позволяет убрать в горловинах по главному ходу изолирующие стыки. С помощью разветвлённых тональных рельсовых цепей наложения, настроенных на нормальный и контрольный режимы функционирования, осуществляется контроль излома рельсов и кодирование поездных маршрутов сигналами АЛСН.

For railway stations investigated the possibility of a harmonious union of the benefits of monitoring track sections counting method branched axes and tonal overlay track circuits. The use

of point sensors can travel away in the throat on the main course of the insulating joints. With branched tone overlay track circuits tuned to the normal modes of operation and control, monitored knee rails and coding signals ALSN train paths.

УДК 656.212

*О.О. Незнаєв,
канд. техн. наук С.В. Кошевий*

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СОРТУВАЛЬНИХ ГІРОК ЗА РАХУНОК СКОРОЧЕННЯ ВАГОННИХ СПОВІЛЬНЮВАЧІВ ТРЕТЬОЇ ГАЛЬМІВНОЇ ПОЗИЦІЇ

Представив д-р техн. наук, професор В.І. Мойсеєнко

Вступ. Невід'ємною частиною перевізного процесу на залізничному транспорті є технологічна робота, пов'язана з переробкою вантажних поїздів на сортувальних станціях. У сучасних умовах, коли зростають вимоги до економічної ефективності залізничного транспорту, роль сортувальних станцій, і особливо сортувальних гірок, не лише не знизилася, але ще більше зросла. Адже значною мірою від роботи сортувальної станції залежить час доставки вантажів клієнтам, скорочення простоїв вагонів, забезпечення їх збереження, а також підсумки роботи всієї мережі залізниць.

Постановка проблеми. Системи залізничної автоматики (ЗА), у тому числі і гіркової автоматичної централізації (ГАЦ), що функціонують на сьогодні на залізницях України, розроблялися в минулому столітті, істотно застаріли і мають ряд недоліків [1]:

- не задовольняють сучасні вимоги комплексної автоматизації перевізного процесу;
- недостатня швидкодія;
- низька інформативність, заснована на простоті елементної бази;
- орієнтованість на перехід до ручного управління в будь-яких нестандартних ситуаціях;

– відсутність засобів діагностики і контролю параметрів системи;

– мала автоматизація процесу технічної обробки вантажних вагонів (рівень механізації 22 сортувальних гірок 15 станцій – всього 60 %);

– стримують процеси масового впровадження в галузь нових інформаційних технологій;

– вимагають значних експлуатаційних витрат, регламентних методів обслуговування для підтримки їх працездатного стану.

Таким чином, більшість традиційних технологій вичерпали свій резерв підвищення економічної і технологічної ефективності. Тому подальше інвестування засобів у старі ресурсозатратні технології означає неминуче зниження конкурентоспроможності залізничного транспорту.

У сучасних економічних умовах процес оновлення і переоснащення господарства сигналізації та зв'язку вимагає залучення значних капіталовкладень для впровадження сучасних технічних засобів і технологій. Тому сьогодні при експлуатації діючих пристроїв ЗА актуальною є проблема енергозбереження, зменшення матеріальних та експлуатаційних витрат.

Аналіз досліджень і публікацій. На залізницях України експлуатується 54 сортувальні станції, на яких є гірки великої та середньої потужності. На них встановлено більше 5000 одиниць гальмівної гіркової техніки різних типів. Усі вони розроблялися з урахуванням вантажообігу колишнього СРСР, а із набуттям Україною незалежності об'єми вантажних перевезень скоротилися втричі.

Вагонні сповільнювачі, призначені для експлуатації на спусковій частині гірки і сортувальних коліях, були розроблені і поставлені на виробництво у 80-х роках минулого століття. У той же час ними обладнувалися і сортувальні гірки.

При цьому спускова частина гірки обладнувалася балочними вагонними сповільнювачами важкого типу, такими як КВ-3 або КНП-5, що встановлюються, як правило, попарно, а паркові сортувальні колії – легкими сповільнювачами типу РНЗ-2, які встановлювалися по 3 одиниці на гальмівній позиції (ГП) [2]. Це зумовлено застосуванням на сортувальних гірках технології інтервально-прицільного регулювання швидкості скочування відчепів, згідно з якою гірки обладнують ГП, що розташовуються, як правило, відповідно перед розподільною стрілкою (I ГП), за пучковою стрілкою (II ГП), і на початку паркових колій (III ГП).

Час і досвід експлуатації цих сповільнювачів дозволив систематизувати їхні недоліки і виділити головні:

- складність і громіздкість конструкції;
- надмірна питома металоемність при низькій допустимій швидкості входу відчепів на сповільнювач;
- значна витрата енергоресурсів на одиницю гальмівної потужності;
- велика інерційність спрацьовування і нестабільність гальмівних характеристик.

Вказані недоліки дуже ускладнили їх експлуатацію, збільшили вірогідність

пошкодження вагонів і вантажів у процесі розформування поїздів, призводили до значних енергетичних і ресурсовитрат.

У зв'язку з цим виникла проблема розроблення і впровадження сучасних гальмівних механізмів, а також організації їх ефективної експлуатації, включаючи обслуговування і ремонт.

З'явилася необхідність у реконструкції головних сортувальних станцій із заміною гіркових і паркових вагонних сповільнювачів, що виробили ресурс, на гальмівні пристрої нового покоління, що відповідають сучасним експлуатаційно-технічним вимогам, у першу чергу з надійності і економічності, а також з металоємності, швидкодії і трудовитрат на обслуговування. У той же час стає актуальним перерахування необхідної потужності гальмових засобів. У зв'язку з багаторічною експлуатацією сортувальних гірок на них суттєво змінилися поздовжній і поперечний профілі, опір, що долається відчепами при скочуванні з гірки, та ін. Це має підвищити ефективність використання вагонних сповільнювачів для сучасних умов скочування відчепів з гірки.

Мета роботи – розроблення заходів щодо зниження експлуатаційних витрат на утримання сортувальних гірок, що дозволить досягти економічного ефекту без істотних капіталовкладень і реконструкції діючих пристроїв, а також без суттєвого впливу на вантажообіг реалізувати подальшу оптимізацію сортувального процесу.

Визначення інформаційних ознак для вирішення завдання управління скочування відчепів на сортувальній гірці. Основним критерієм при завданні регулювання швидкості скочування відчепів є досягнення необхідної величини гасіння і забезпечення плавності зниження швидкості. Тому пропонується ввести поняття початкового і кінцевого (бажаного) стану керованого об'єкта, що позначаються відповідно як

$$S_H^i = (x_{H1}^i, \dots, x_{Hm}^i), \quad (1)$$

$$S_K^i = (y_{K1}^i, \dots, y_{Kn}^i), \quad (2)$$

де i – номери ситуацій;

$x_{Hp}^i, p = \overline{1, m}, y_{Kq}^i, q = \overline{1, n}$ – ознаки, що характеризують початковий і кінцевий стани.

Для керування ШГП сортувальної гірки приймаємо такі початкові параметри [3]:

- x_1 – маса вагона, що впливає на силу опору відчепа, що скочується;
- x_2 – тип підшипника, що значною мірою впливає на процес скочування взимку і на пологих ділянках гірки;
- x_3 – температура навколишнього середовища;
- x_4 – профіль колії, що впливає на ступінь прискорення при скочуванні залежно від ступеня ухилу;
- x_5 – стан верхньої будови колії, що впливає на тертя кочення і тертя ковзання колісних пар по рейках;
- x_6 – швидкість відчепа, що впливає на ступінь подальшого гальмування і визначення місця зупинки відчепа;
- x_7 – тип маршруту, від якого залежить опір руху відчепів від кривих у колії (включаючи криві стрілочних переводів), що виникає від тертя у вузлах вагонів при вході і виході з кривої і від

тертя об зовнішню рейку кривої коліс, що притискуються до нього дією інерційної відцентрової сили. Цей опір залежить в основному від швидкості скочування відчепів так само, як і опір від ударів об гостряки і хрестовини на стрілках;

- x_8 – пора року, що впливає на опір руху вагона від снігу та інею, який слід враховувати для зимових умов у межах стрілочної зони і на сортувальних коліях, встановлюється залежно від маси вагонів (x_1) і температури навколишнього середовища (x_3).

Кінцеві параметри:

- y_1 – прискорення відчепа по всьому маршруту;
- y_2 – інтервал слідування відчепів;
- y_3 – швидкість входу відчепів у ШГП;
- y_4 – зіткнення відчепа з вагонами в парку формування зі встановленою швидкістю;
- y_5 – зупинка відчепа в розрахунковій точці.

Кінцеві параметри є розрахунковими і знаходяться виходячи зі значень початкових параметрів $x_1 - x_8$.

Для визначення динаміки скочування вагона по початкових ознаках у роботі [3] використані диференціальні рівняння руху вагона і теорема про зміну кінетичної енергії.

Розглянемо вагон, який рухається по похилій площині (рис. 1).

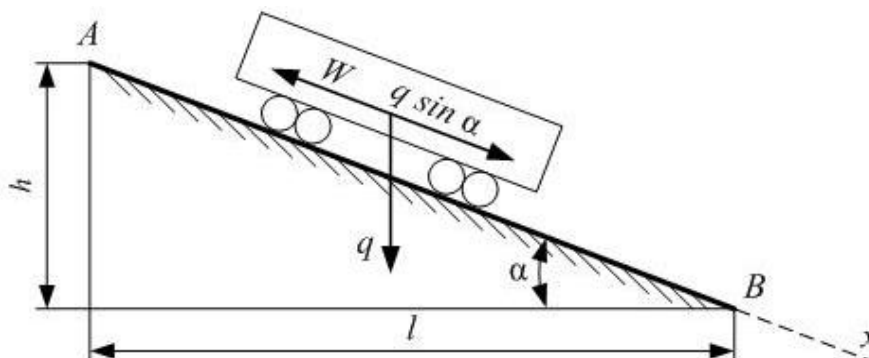


Рис. 1. Сили, які діють на вагон при скочуванні з гірки

На нього діє сила тяжіння q і сила опору W (вагон приймаємо за матеріальну точку). Диференціальне рівняння руху вагона уздовж осі Ax має вигляд

$$mx = q \cdot \text{Sin}\alpha - W, \quad (3)$$

де m , x – відповідно маса та прискорення вагона.

Враховуючи, що величина кута α не перевищує 3° (при максимальних значеннях ухилів на гірці), приймаємо

$$\text{Sin}\alpha \approx \text{tg}\alpha = \frac{h}{l} = i \cdot 10^{-3}, \quad (4)$$

де i – уклін, ‰.

Крім того, приблизно можна вважати, що сила опору пропорційна вазі вагона. Тому

$$W = qw \cdot 10^{-3}, \quad (5)$$

де w – загальний питомий ходовий опір вагона, кгс/тс або ‰.

Тепер диференціальне рівняння руху вагона набуває вигляду

$$mx = q(i - w) \cdot 10^{-3}. \quad (6)$$

З рівняння (6) видно, що якщо на деякій ділянці гірки $i > w$, вагон рухається прискорено, при $i < w$ – сповільнено, при $i = w$ – рівномірно.

Для довгих відчепів, що знаходяться на декількох елементах гіркового профілю, профільну силу (питому силу тяжіння) визначають за середньозваженим ухилом \bar{i} руху центра тяжіння в цей момент:

$$i = \frac{\sum_{j=1}^k i_j \cdot q_j}{\sum_{j=1}^k q_j}, \quad (7)$$

де i_j – уклін, на якому знаходиться j -й вагон відчепа;

q_j – вага j -го вагона відчепа;

k – кількість вагонів у відчепі.

З наведеного диференціального рівняння можна отримати величину загального питомого ходового опору вагона:

$$w = i - \frac{a}{g} \cdot 10^{-3}, \quad (8)$$

де $a = x$;

q – приведені прискорення сили тяжіння з урахуванням впливу частин вагона, що обертаються.

Звідси випливає, що завдання визначення величини w , що характеризує ходові властивості вагона, пов'язане з вимірюванням прискорення вагона на ділянці.

Розглянемо питання про енергетичну висоту, за величиною якої зручно вести облік сил, які діють на вагон, що скочується.

Згідно з теоремою про зміну кінетичній енергії

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = q(i - w) \cdot l \cdot 10^{-3}. \quad (9)$$

Тут права частина є роботою сили тяжіння і середньої сили опору на ділянці l , ухил якого i ; v_0 та v_1 – відповідно початкова і кінцева швидкості руху вагона на ділянці l .

Виразивши величину m через $\frac{q}{g}$, і

скоротивши на q обидві частини рівності, отримаємо рівняння кінетичної енергії, віднесене до одиниці ваги вагона:

$$\frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_0^2}{2g} = q(i - w) \cdot l \cdot 10^{-3}. \quad (10)$$

Переходячи до енергетичних висот

$$h_{v_1} - h_{v_2} = (i - w) \cdot l \cdot 10^{-3}. \quad (11)$$

Стосовно сортувальної гірки (рис. 2) будемо мати

$$h + h_{v_0} = h_{v_1} + h_w, \quad (12)$$

або

$$h_{v_1} - h_{v_0} = h - h_w, \quad (13)$$

де h_{v_1} – енергетична висота вагона наприкінці ділянки, l ;

h_{v_0} – енергетична висота, що відповідає початковій швидкості (швидкості розпуску);

h – висота похилої площини (висота гірки);

h_w – робота сил опору (втрата енергетичної висоти), витрачена на подолання всіх видів опору на ділянці l .

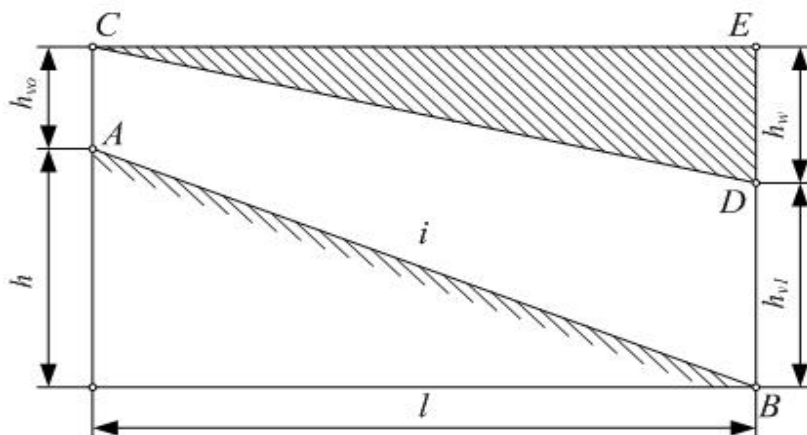


Рис. 2. Графічне зображення енергетичних висот

Геометричне місце енергетичних висот опорів, відкладених вниз по горизонтальній прямій (лінія CE), називається лінією енергетичних висот $hw = f(l)$ (лінія CD). Висота h_w , виміряна в будь-якій точці профілю по вертикалі між лінією профілю AB і лінією енергетичних висот CD , характеризує вільну або залишкову енергетичну висоту вагона в даній точці. За величиною вільної енергетичної висоти вагона легко

визначити його швидкість, м/с:

$$v = \sqrt{2g \cdot h_v}. \quad (14)$$

Величина приведенного прискорення сили тяжіння g' залежить від відношення ваги частин вагона, що обертаються, до його повної ваги, тобто від числа осей і навантаження, і може бути підрахована за формулою

$$g = \frac{9,81}{1 + \gamma}, \quad (15)$$

де g – прискорення сили тяжіння, дорівнює 9,81 м/с²;

γ - коефіцієнт збільшення маси вагона при врахуванні його частин, що обертаються, дорівнює $\frac{0,42n}{g}$. Тут n – число осей; q - вага вагона бруто, тс.

Тоді

$$g = \frac{9,81}{1 + \frac{0,42n}{q}}. \quad (16)$$

Місце зупинки вагона визначається як точка перетину лінії енергетичних висот з лінією профілю ($h_v = 0$). Виходячи з цього

умову докочування розрахункового бігуна до розрахункової точки (точки прицілювання) можна записати таким чином:

$$H_{\Gamma} = h_{v_0} \geq h_w. \quad (17)$$

Втрати енергетичних висот при вільному скочуванні та частковому гальмуванні. Згідно з визначеними початковими параметрами розраховуємо втрати енергетичних висот. Розрахункові параметри бігунів наведено у табл. 1.

Питомі роботи сил опору ($h_{v_0}, h_{v_{ce}}, h_{v_{ck}}$) визначаються згідно з роботою [4]. Дані розрахунків зведені в табл. 2 і 3. Криві $h_w^{on}(S)$ і $h_w^{ox}(S)$ згідно з табл. 2 та 3 наведено на рис. 3.

Таблиця 1

Розрахункові параметри бігунів

Характеристики бігунів	Розрахункові бігуни			
	ОП	П	Х	ОХ
Розрахункова вага, тс	22	25	70	85
Основний питомий опір w_0 , кгс/тс	4,5	4,0	0,8	0,5

Таблиця 2

Розрахунок даних для побудови кривих енергетичних висот для ОП

№ ділянки	Довжина розрахункових ділянок, м	ОП, піввагон, $q = 22$ тс, $w_0^{on} = 4,5$ кгс/тс, $S = 8,5$ м ² , розрахунковий румб – північний, $\beta = 50^0$, $t = - 21^0$ С										
		v_0 , м/с	α , °	C_x	v_i , м/с	v_{om}^2	w_{ce} , кгс/тс	$h_{w_{ce}}$, м.е.в.	h_{w_0} , м.е.в.	$h_{w_{ck}}$, м.е.в.	$h_{w_i}^{OP}$, м.е.в.	$\sum h_{w_i}^{OP}$, м.е.в.
1	45,50	5,0	27,32	1,78	4,2	69,6	3,38	0,154	0,205	0,017	0,376	0,376
2	127,90	5,0	23,72	1,80	5,5	90,6	4,45	0,570	0,576	0,243	1,389	1,765
3	167,90	5,0	25,00	1,80	5,0	82,1	4,03	0,678	0,756	0,280	1,714	3,479
4	66,10	5,0	35,12	1,59	2,0	44,3	1,92	0,127	0,297	0,012	0,436	3,915

Розрахунок даних для побудови кривих енергетичних висот для ОХ

№ ділянки	Довжина розрахункових ділянок, м	ОХ, піввагон, $q = 85$ тс, $w_0^{ox} = 0,5$ кгс/тс, $S = 8,5$ м ² , розрахунковий румб – північний $\beta = 50^0$, $t = -21^0$ С										
		v_0 , м/с	α , °	C_x	v_i , м/с	v_{om}^2	$w_{св}$, кгс/тс	$h_{w_{св}}$, м.е.в.	h_{w_0} , м.е.в.	$h_{w_{ск}}$, м.е.в.	$h_{w_i}^{OX}$, м.е.в.	$\sum h_{w_i}^{OX}$, м.е.в.
1	45,50	5,0	27,32	1,78	4,2	69,6	0,88	0,040	0,023	0,017	0,080	0,080
2	127,90	5,0	23,72	1,80	5,5	90,6	1,15	0,147	0,064	0,243	0,454	0,534
3	167,90	5,0	25,00	1,80	5,0	82,1	1,04	0,175	0,084	0,280	0,497	1,031
4	66,10	5,0	35,12	1,59	2,0	44,3	0,50	0,033	0,033	0,012	0,076	1,107

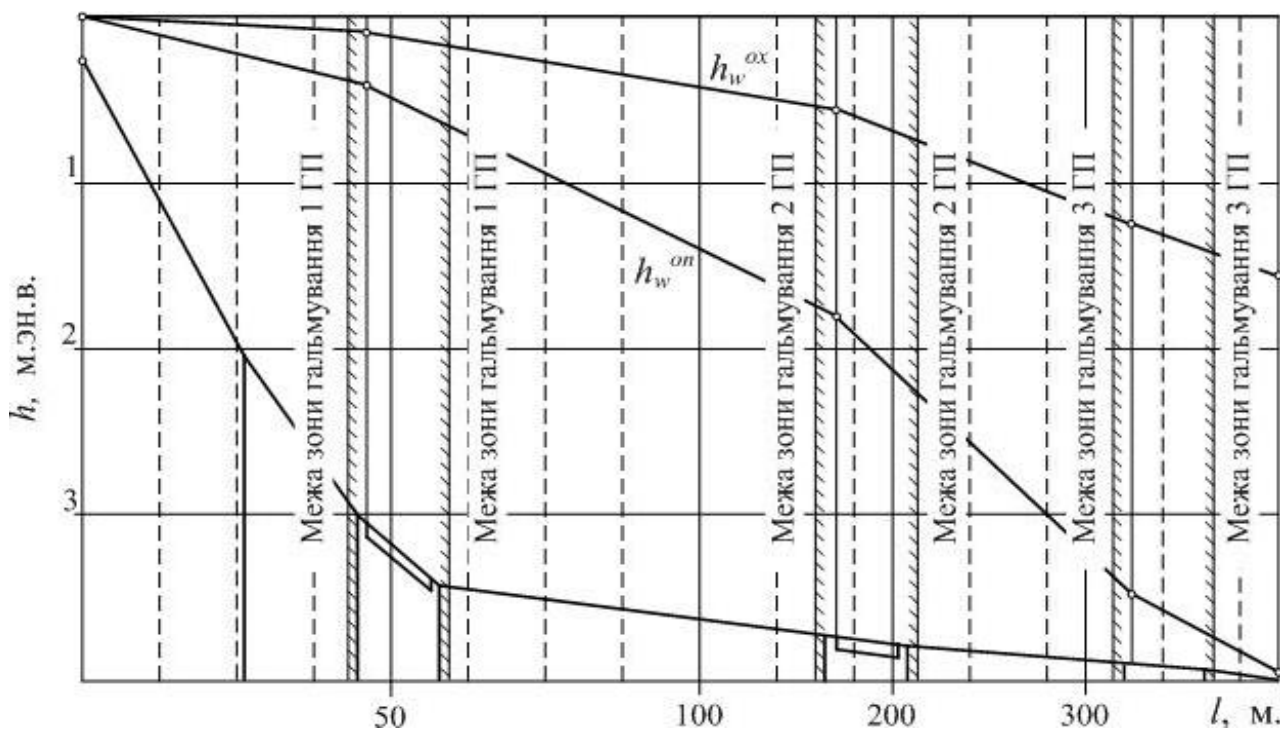


Рис. 3. Криві втрат енергетичних висот розрахункових бігунів при вільному скочуванні

Як видно з кривої $h_w^{ox}(S)$, залишкова енергетична висота в розрахунковій точці для ОХ, що скочується за несприятливих умов без гальмування, велика і не забезпечує безпеки розпуску. Дуже добрий бігун повинен

пригальмовуватися для підведення до розрахункової точки. Крива $h_w^{ox}(S)$ з урахуванням пригальмування зображена на рис. 4.

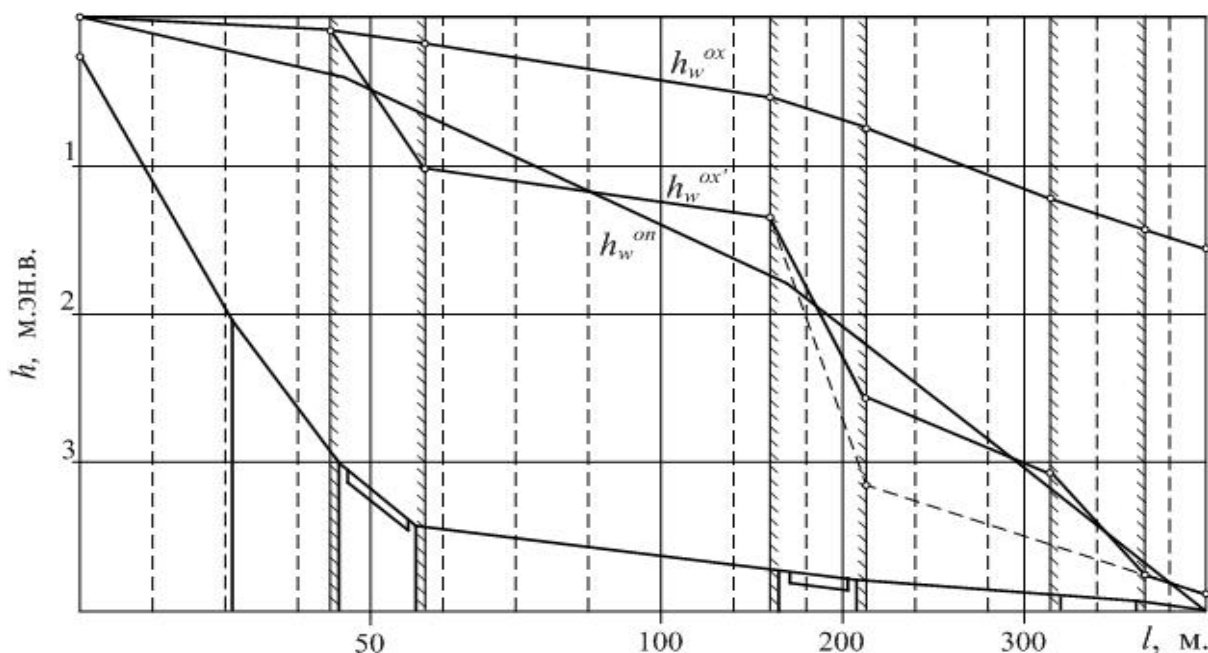


Рис. 4. Криві втрат енергетичних висот ОХ бігуна при частковому гальмуванні

Висновки

1. На сьогодні значна кількість сортувальних гірок, що експлуатуються на залізницях України, була розрахована та спроектована за часів колишнього СРСР. Протягом багаторічної експлуатації сортувальних гірок на них суттєво змінилися поздовжній і поперечний профілі, опір, що долається відчепами при скочуванні з гірки, та ін. Все це значною мірою позначається на ефективності розпуску та зайвих витратах енергоресурсів, що в умовах постійного збільшення ціни на енергоносії має стати одним з основних завдань, які вимагають вирішення.

2. На сортувальних гірках реалізується концепція інтервально-прицільного регулювання швидкості відчепів, відповідно до якої гірки обладнані гальмівними позиціями, що розташовуються, як правило, перед розділовою стрілкою (І ГП), за розділовою стрілкою (ІІ ГП) і на початку паркових колій (ІІІ ГП). При цьому значна кількість вагонних уповільнювачів припадає на ІІІ ГП. Криві енергетичних втрат показують, що вільне скочування бігунів неможливе тому, що не

забезпечується безпека розпуску. Але є можливим пригальмування на І ГП та ІІ ГП, так щоб бігун доходив до розрахункової точки без пригальмування на ІІІ ГП. Таке рішення потребує розроблення методики розрахунку для сортувальних гірок необхідної потужності гальмівних засобів, що на сьогодні знаходяться в експлуатації.

3. Розроблення методики з урахуванням швидкісного уклону, розрахункової швидкості розпуску, наявної потужності гальмівних засобів та інших параметрів, що впливатимуть на режим розпуску відчепів, має дозволити визначити необхідну потужність гальмівних засобів, а також обирати тип і кількість вагонних уповільнювачів на гальмівних позиціях.

4. Визначення необхідної потужності гальмівних засобів діючих сортувальних гірок дозволить скоротити, де це можливо, кількість уповільнювачів на ІІІ ГП, а в окремих випадках повністю відмовитися від ІІІ ГП. Це має дати значний економічний ефект за рахунок зниження споживання стиснутого повітря, скорочення витрат на матеріальне забезпечення та обслуговування, відсутності потреби в операторах на паркових позиціях.

Список літератури

1. Шелухин, В.И. Автоматизация и механизация сортировочных горок [Текст]: учеб. для техникумов и колледжей ж.-д. трансп. / В.И. Шелухин. – М.: Маршрут, 2005. – 240 с.
2. Шейкин, В.П. Эксплуатация механизированных сортировочных горок [Текст] / В.П. Шейкин. – М.: Транспорт, 1992. – 240 с.
3. Иванкова, Л.Н. Расчет и проектирование сортировочных горок большой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие / Л.Н. Иванкова, А.Н. Иванков. – Иркутск: ИрГУПС, 2009. – 106 с.

Ключові слова: поздовжній і поперечний профілі гірки, гальмівна позиція, динаміка скочування вагона, розрахункова точка, енергетична висота.

Анотації

Досліджено можливість енергозбереження та зниження витрат на обслуговування вагонних сповільнювачів на сортувальних гірках за рахунок скорочення їхньої кількості на третій гальмівній позиції шляхом перерахунку необхідної потужності гальмівних засобів.

Исследована возможность энергосбережения и снижения затрат на обслуживании вагонных замедлителей на сортировочных горках за счет сокращения количества вагонных замедлителей на третьей тормозной позиции путем перерасчета необходимой мощности тормозных средств.

The possibility of energy savings and reduced maintenance costs of car retarders for humps by reducing the number of car brake retarders on the third position by recalculating the required capacity of the brake.

УДК 656.25.071:62.50

*С.В. Смолінський,
канд. техн. наук О.О. Удовіков*

**АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ СТАНУ ПРИСТРОЇВ
ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕОРІЇ
РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ**

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

У наш час на залізничному транспорті задачу діагностики пристроїв автоматики покладено на місцевих працівників, що негативно впливає на якість виконання поставленого завдання. Як відомо, людина є ненадійним елементом, оскільки на поставлене перед нею завдання

впливають негативні фактори: електромеханікам доводиться працювати в будь-який час доби, а також при поганому освітленні. Не менш важливим фактором є погодні умови: дощ, вітер, спека, снігопад, низька температура повітря. Це прямо впливає на концентрацію, а також

уважність, що зменшує точність зняття даних з приборів і, як наслідок, на здатність правильно прийняти рішення [1].

Ці проблеми здатна вирішити система, на яку не впливають фактори, що призводять до погіршення сприйняття даних, яка буде технічно досконаліша, ніж пристрої, що зараз використовуються на залізничному транспорті, яка може

самостійно приймати рішення і допомагати технічному персоналу в пошуку пошкоджень, а також сприяти їх недопущенню.

Теорія образів дозволяє створити автоматичний вимірювальний комплекс для контролю та діагностики параметрів пристроїв залізничної автоматики по аналогу перцептрона (рис. 1) [2].

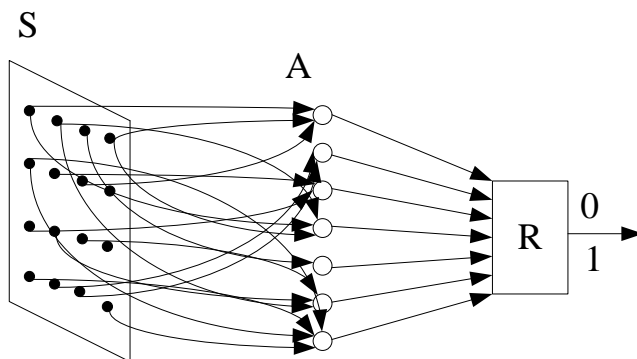


Рис. 1. Функціональна схема перцептрона

Перцептрон Розенблатта – це технічна модель, яка складається з таких шарів:

- рецепторний шар S складається з 400 елементів, які створюють поле рецепторів (20×20), сигнал з фотоелемента поступає на входи порогових елементів – нейронів перетворюючого шару;

- шар A, кожен елемент якого має 10 входів, які випадковим чином були з'єднані з рецепторами. Половина входів вважались гальмівними і мали коефіцієнт підсилення – 1, а друга половина — збуджуючими з коефіцієнтом підсилення 1;

- виходи елемента A подавались на входи реакуючого елемента R, поріг спрацьовування якого був 0.

Пороговим називається елемент, який має n входів (x_1, \dots, x_n) і один вихід y , причому сигнал на виході y може приймати тільки два значення 0, 1 і зв'язаний зі входами x_1, \dots, x_n співвідношеннями

$$y = \begin{cases} 1, \text{ якщо } \sum_{i=1}^n \lambda_i x_i \geq \lambda_0 \\ 0, \text{ якщо } \sum_{i=1}^n \lambda_i x_i < \lambda_0 \end{cases} \quad (1)$$

де $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ – коефіцієнти підсилення сигналів x_1, \dots, x_n ;

λ_0 – визначає величину порога спрацьовування елемента.

Поле рецепторів будуть представлені вимірювальні прибори типу амперметр, вольтметр, осцилограф, частотомір, фазометр.

Поле A будуть представлені аналого-цифрові перетворювачі (АЦП), які будуть сприймати отримані дані з рецепторів, а також будуть перетворювати їх у цифрову інформацію, яку будуть передавати на центральний процесор (ЦП). ЦП аналізуватиме отриману інформацію і буде приймати рішення по закладеній логіці теорії образів, і в базі даних будуть створені образи робочих систем з допусками варіації параметрів (рис. 2).

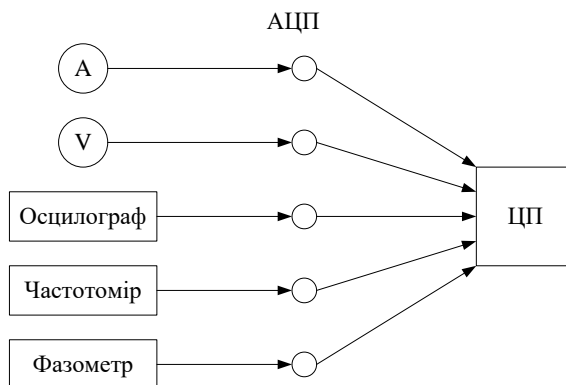


Рис. 2. Функціональна схема вимірювального комплексу

Теорія образів дозволяє системі самостійно проаналізувати і дати свій висновок про стан пристроїв.

Більш докладніше розглянемо на простому приладі рейкових кіл змінного струму. Рецепторами системи для діагностики будуть амперметр, вольтметр, фазометр, частотомір (рис. 3).

Рейкові кола мають такі режими роботи: нормальний, шунтовий, контрольний, режим короткого замикання (КЗ) і режим АЛС. Кожен з них буде мати свій образ за нормальних умов роботи у вигляді вектора (рис.4).

Вхідними параметрами (окрім режиму АЛС) для створення образів будуть такі, наприклад, параметри:

- частота живлення місцевого та релейного елемента;
- смтрум і напруга в промені живлення місцевого елемента;
- ізоляція кабелів, з'єднуючих польові пристрої з постом електричної централізації (ЕЦ);
- різниця фаз між напругами місцевого та релейного елементів;
- напруга живлення місцевого елемента та напруга, яка приходить на реле з узгоджуючого трансформатора.

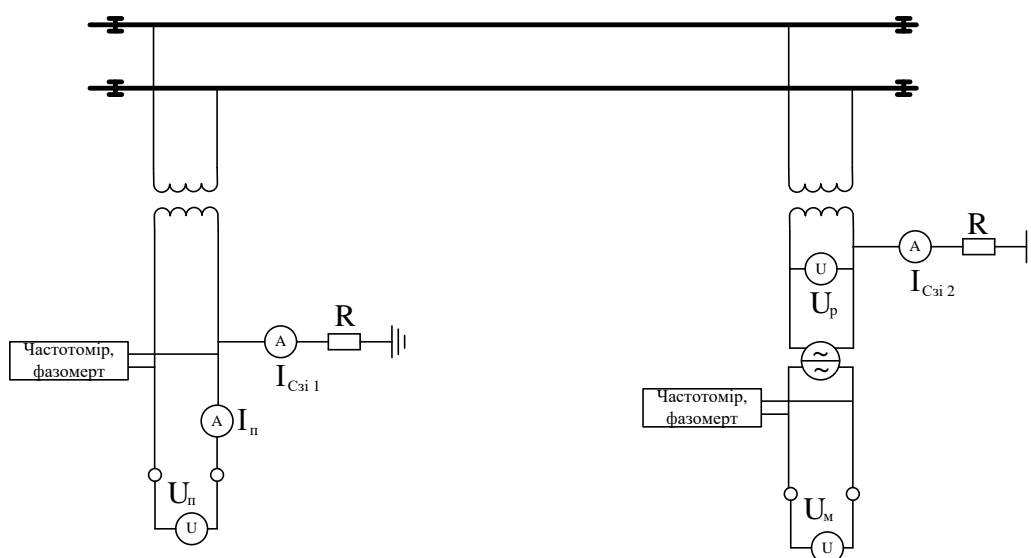


Рис. 3. Принципова схема рейкового кола

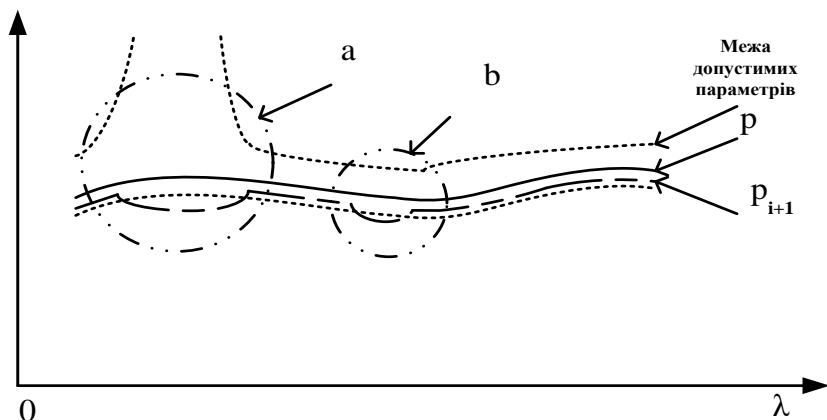


Рис. 4. Вектори образів

Оскільки кабельні мережі багатьох станцій служать понад норму, то не є рідким їх вихід із ладу. Наприклад, падіння ізоляції лінії призводить до зменшення напруги, яка передається по ній. Якщо таке станеться з кабелем, що з'єднує узгоджуючий трансформатор з реле посту ЕЦ, то напруга на реле зменшиться. Система перевірить параметри рейкового кола: I_n – норма, U_n – норма, $I_{сзі1}$ – норма, U_p – менше норми спрацювання, U_m – норма, $I_{сзі2}$ – менше норми, фаза А і В – норма, ϕ_A , ϕ_B – норма. Далі створить новий образ і порівняє його з образом нормальної роботи (образом, який створила останнього разу).

Таким чином, система з зіставлення образів визначить, що новий образ p_{i+1}

виходить за допустимі межі робочого образу p в областях a і b . Область a відповідає за опір ізоляції кабелю. Область b – за напругу на реле. Оскільки в систему будуть введені дані по залежностях і система буде знати про залежність U_p від $I_{сзі2}$, за аналізом отриманих даних буде зроблено висновок, що причина пошкодження – зниження ізоляції, і видасть рекомендації зі способу пошуку місця пошкодження (укаже на несправний кабель – а адресу його знаходження), далі запам'ятає цей образ для використання у схожих ситуаціях, а також для аналізу більш складних, наприклад, коли багато параметрів вийшли або близькі до виходу за межі норм.

Список літератури

1. Перникис, Б.Д. Предупреждение и устранение неисправностей устройств СЦБ. – 2-е изд [Текст] / Б.Д. Перникис, Р.Ш. Ягудин., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1994. – 224 с.
2. Дуда, Р. Распознавание образов и анализ сцен [Текст] / Р. Дуда, П. Харт. – М.: Мир, 1975. – 512 с.

Ключові слова: діагностування пристроїв СЦБ, розпізнавання образів.

Анотації

Проведено аналіз сучасного стану діагностування та контролю параметрів пристроїв залізничної автоматики. Запропоновано шляхи автоматизації процесу контролю з застосуванням теорії розпізнавання образів.

Выполнен анализ современного состояния диагностики и контроля параметров устройств железнодорожной автоматики. Предложены пути автоматизации процесса контроля с использованием теории распознавания образов.

The analysis of the current state of diagnosis and control parameters railway automation devices is conducted. The ways to automate the process of monitoring the application of the theory of pattern recognition is proposed.

УДК 656.252:656.212.5

*В.Ю. Шугін,
канд. техн. наук О.В. Нейчев*

РОЗРОБЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЛАМПИ РОЗЖАРЮВАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТРОЇВ КЕРУВАННЯ СТАНЦІЙНИМИ СВІТЛОФОРАМИ

Представив д-р техн. наук, професор В.І. Мойсєнко

Вступ. Найбільш перспективним пристроєм узгодження мікропроцесорних систем залізничної автоматики (СЗА) з об'єктами керування (ОК) (обмотки реле, двигуни стрілочних електроприводів, сигнали світлофорів, рейкові кола) є трансформаторний, оскільки має мінімум елементів, дозволяє реалізувати схему "2 з 2", забезпечує контроль справності каналу керування за рахунок його динамічної роботи, а також забезпечує гальванічну ізоляцію між ОК та мікропроцесорними пристроями. І хоча апаратура СЗА з використанням трансформаторного пристрою узгодження (ТПУ) вже достатньо поширена, безконтактне керування саме напільним обладнанням потребує детального вивчення через необхідність врахування ряду параметрів ОК, забезпечення оптимального режиму керування та достовірного контролю їх стану.

Постановка проблеми. Такі складові схеми ТПУ керування вогнем світлофора, як кабельна лінія, сигнальний

трансформатор, лампа розжарювання та необхідність у забезпеченні денного та нічного режимів горіння, контролю цілісності нитки лампи в "гарячому", а також перспективність контролю в "холодному" стані утворюють сукупність факторів, що безпосередньо впливають на безпечність, надійність і відмовостійкість пристроїв керування світлофорами. Ключовим елементом схеми при цьому є лампа розжарювання, врахування електричних характеристик у часі якої являє собою достатньо складне завдання, що може бути вирішене з використанням сучасних програмних продуктів (ПП) дослідницького призначення. Вони забезпечують можливість моделювання та комплексного аналізу існуючих і розроблених схем, але за умов наявності математичних моделей, які дозволяють підвищити точність результатів і забезпечити адекватність.

Аналіз досліджень та публікацій. На підставі тверджень у роботі [1] правомірно буде зазначити, що використання ТПУ в

мікропроцесорних СЗА є доцільним завдяки його якісним і кількісним показникам надійності та безпечності. Проте використання схеми з ТПУ для керування сигналами станційних світлофорів потребує її аналізу в комплексі з об'єктом керування – лампою розжарювання та врахуванням її електричних характеристик у часі. Електричні характеристики ламп розжарювання тісно пов'язані зі світло-теплотехнічними їх характеристиками. Даний взаємозв'язок наведено в роботах [5, 7]. Моделювання електричних моделей схем і приладів можливо здійснити в ПП MATLAB та пакеті Simulink [2].

Мета статті. Безконтактне керування сигналами станційних світлофорів має значну кількість переваг порівняно з релейно-контактними схемами. Проте наявність у колі керування ключових напівпровідникових елементів, їх динамічна робота, наявність кабельної лінії, що може піддаватись впливу інших джерел і завад, інерційність вольт-амперної характеристики використовуваних у світлофорах ламп розжарювання утворюють передумови для нестабільної роботи схем керування сигналами світлофорів на станціях. Розроблення математичної та програмної моделі лампи розжарювання з використанням ПП MATLAB та пакета Simulink є головною метою статті, оскільки дозволить у

подальшому підвищити адекватність розроблених моделей і більш детально дослідити схеми керування сигналами світлофорів на базі ТПУ.

Модель схеми керування сигналом світлофора. У найпростішому випадку ТПУ реалізується з використанням транзистора VT1, трансформатора TV1, діода VD1, конденсатора C1 та навантаження постійного струму (реле) (рис. 1, а). У роботі [1] дана схема класифікується як однофазний декодер логічних змінних і вважається безпечною завдяки виключним властивостям трансформатора до селективності за родом струму. У схемі рис. 1, б збережений принцип ТПУ, але використано два напів-мости на транзисторах VT1, VT2 та VT3, VT4 для формування різнополярних імпульсів і підвищення ККД схеми. Для керування затворами транзисторів використовуються спеціалізовані мікросхеми – драйвери (DD1, DD2), що забезпечують формування захисної затримки (Death time) між включеннями транзисторів та іншу додаткову оптимізацію їх роботи. На входи u1.1 та u2.1 драйверів подається імпульсна послідовність від мікроконтролера для керування транзисторами, а входи u1.2 та u2.2 використовуються для формування необхідного коефіцієнта заповнення імпульсів [3].

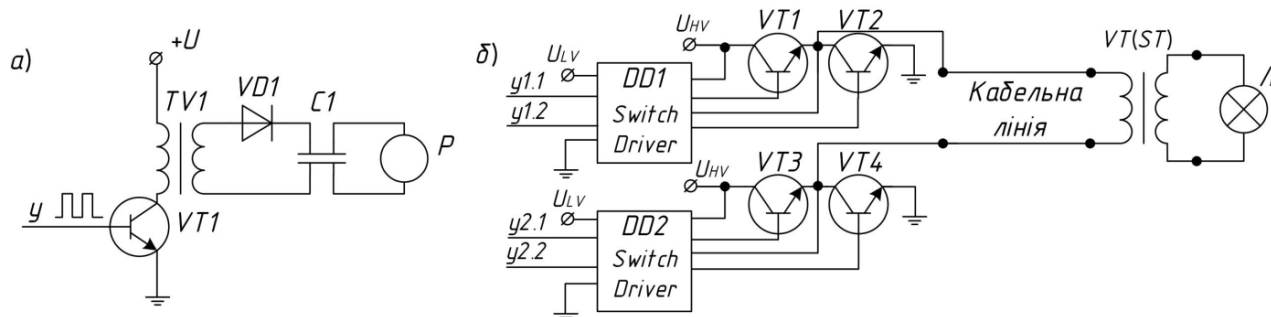


Рис. 1. Схеми ТПУ для керування реле (а) і сигналом (б)

Для прикладу побудовано програмну модель схеми з ТПУ. В якості силових ключових елементів використано модель Mosfet уніполярних транзисторів з ізольованим затвором (VT1 – VT4). Параметри моделі задані у відповідності з технічною документацією на уніполярний транзистор STP10N65K3. У якості моделі сигнального трансформатора використано модель однофазного трансформатора Linear Transformer. Параметри її задано близькими до параметрів трансформатора СТ-4. Для врахування наявності пульсацій живлячої напруги живлення вихідного каскаду інвертора каналу складається з джерела трифазної напруги Three-Phase Voltage Source ($U = 235 \text{ V}$) і трифазного діодного випрямляючого моста Universal Bridge. Модель кабельної лінії збудовано з дискретних елементів – опорів та ємності, що імітують кілометричний опір і кілометричну міжжильну ємність кабелю марки СБЗПУ згідно з рекомендаціями у роботі [4]. Опір жили кабелю – $29 \text{ Ом} \times \text{км}$, міжжильна ємність для найгірших умов –

$0,3 \text{ мкФ} \times \text{км}$. Опір ізоляції між жилами $R_{i1} = 25 \text{ МОм}$.

Керування роботою транзисторів передбачається від одного мікроконтролера, при цьому мікроконтролер другого каналу здійснює подачу живлення для схеми керування затворами транзисторів. Таким чином реалізується схема "2 з 2". У моделі каналу керування даний аспект не впливає на характеристики каналу, тому опущений. При цьому керування затворами транзисторів здійснюється від віртуальних блоків Pulse Generator, що формують логічну послідовність імпульсів з частотою 400 Гц і коефіцієнтом заповнення імпульсів 40% .

Загальна модель каналу керування наведена на рис. 2. Головною складовою схеми є лампа розжарювання (Lamp). Її параметри в часі, зумовлені нелінійністю ВАХ, можуть створювати труднощі при оцінці її стану під час роботи. Для моделювання лампи розжарювання з характеристиками, наближеними до реальних, необхідно побудувати її Simulink-модель.

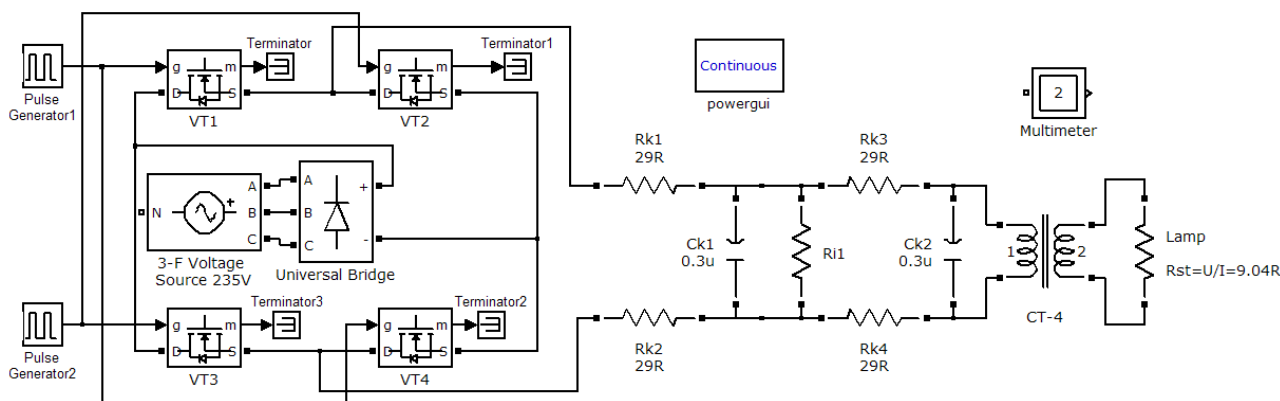


Рис. 2. Програмна Simulink-модель схеми з моделлю лампи в стаціонарному режимі

Модель лампи розжарювання. Лампа розжарювання являє собою нелінійний інерційний опір, а її вольт-амперна характеристика певною мірою залежить від теплових процесів у ній. Стала часу τ розігріву тіла розжарювання (ТР) залежить

від ряду факторів, але відомо, що у випадку живлення лампи змінним струмом з періодом, значно меншим за сталу часу розігріву $T \ll \tau$, у стаціонарному режимі лампа матиме лінійну ВАХ [5].

Експериментально встановлено, що лампи ЖС12-15 та ЖЛ312-15-15 мають опір тіла розжарювання $R_0 = 0,8 \dots 1,2$ Ом при температурі $T_0 = -18 \dots +50$ °С (255...323 К). При температурі 300 К ТР має опір 1 Ом. Відомо, що максимальна температура тіла розжарювання $T_{ст}$ в стаціонарному режимі при номінальній напрузі та колірній температурі 2854 К складає 2800 К [6, 7]. Зміну опору залежно від температури характеризує

температурний коефіцієнт опору α , який для вольфраму складає 0,0045 1/К:

$$R_l = R_0(1 + \alpha \Delta T). \quad (1)$$

Зміна опору в часі призводить до підвищення втрат потужності $\left(\frac{dI^2 R}{dt}\right)$ і розігріву ТР. Тоді кількість виділеного тепла

$$dQ = \frac{U^2}{R_0(1 + \alpha \Delta T)} dt, \quad (2)$$

де dQ – кількість тепла, що виділилась за час t , Дж;

U – номінальна напруга на затискачах, В ($U = 11,3$ В).

З роботи [8] відомо, що тепло, яке виділяється QВИД тілом, поглинається QНАГР ним же та сприяє подальшому

розігріву, а також випромінюється QВИП в навколишнє середовище:

$$dQ_{вид} = dQ_{нагр} + dQ_{вип}. \quad (3)$$

Для випадку ТР, що розглядається відповідно до виразу (3) справедливий вираз

$$\frac{U^2}{R_0(1 + \alpha \Delta T)} dt = cm dT + \varepsilon \sigma S T^4 dt, \quad (4)$$

де c – питома теплоємність вольфраму (154 Дж/кг×К);

m – маса ТР (розраховано за фізичними та геометричними параметрами ТР – $1,215 \times 10^{-5}$ кг);

σ – стала Стефана-Больцмана ($5,6704 \times 10^{-8}$ Вт·м⁻²·К⁻⁴);

ε – ступінь чорноти (для вольфрамової нитки $\varepsilon = 0,03 \dots 0,33$ при $T = 200 \dots 2800$ К, визначена експериментально [7]);

S – площа поверхні випромінювання (розраховано за геометричними параметрами ТР – $25,12 \times 10^{-6}$ м²).

Якщо розглядати вираз (4) для початкового моменту часу, коли $t = 0$, а $T = T_0 = 300$ К, тобто температура ТР дорівнює температурі навколишнього

середовища і випромінювання відсутнє, то вираз (4) матиме такий вигляд:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{U^2}{R_0 cm} \Rightarrow \left. \frac{U^2}{R_0 cm} \right|_{t_0=0}.$$

При цьому струм через ТР буде максимальним:

$$I_0 = \frac{U}{R_0} = \frac{11,3}{1} = 11,3 \text{ А.}$$

При досягненні ТР стаціонарного режиму потужність випромінювання дорівнюватиме номінальній потужності лампи, тобто

$$\frac{dT}{dt} = \frac{U^2}{cmR_0(1+\alpha(T_{CT} - T_0))} - \frac{\varepsilon\sigma S(T_{CT} - T_0)^4}{cm}$$

Методом підстановки встановлено, що баланс потужностей досягається при температурі ТР (для ламп 15 Вт) близькій до $T_{CT} = 2550$ К.

Тоді час розігріву від T_0 до T можна визначити з виразу

$$dt = \frac{cm}{\frac{U^2}{R_0(1+\alpha\Delta T)} - \varepsilon\sigma ST^4} dT; \tag{5}$$

При переході до стаціонарного режиму, коли споживана потужність повністю витрачається на випромінювання, а втрати на розігрів відсутні [7], приріст температури у виразі (4) прагне до нуля 0.

Для визначення залежності струму через ТР на початковій нелінійній частині

ВАХ, коли $\varepsilon\sigma ST^4 \ll \frac{U^2}{R_0(1+\alpha\Delta T)}$, втратами на випромінювання можна знехтувати. Тоді розрахунковий вираз для сталої часу матиме вигляд

$$dt = \frac{cmR_0(1+\alpha\Delta T)}{U^2} dT; \tag{6}$$

Після інтегрування по dT вираз (6) набуде такого вигляду:

$$\tau = \frac{cmR_0(T_V + \alpha \frac{T_V^2}{2} - \alpha T_0 T_V)}{U^2}; \tag{7}$$

де T_V – температура нагріву ТР, К.

Вираз (7) є математичною моделлю лампи розжарювання у початковий момент

після комутації кола з нею. Час переходу до стаціонарного режиму за умови наявності номінальної напруги на ТР складає

$$\tau = \frac{154 \times 1,215 \times 10^{-5} \times 1 \times (2550 + 0,0045 \frac{2550^2}{2} - 0,0045 \times 300 \times 2550)}{11,3^2} = 0,189 \text{ с.}$$

За виразом (7) визначено час розігріву для кожного значення температури за умови номінальної напруги на ТР (рис. 3) і

встановлено значення струму через ТР для кожного моменту часу (рис. 4).

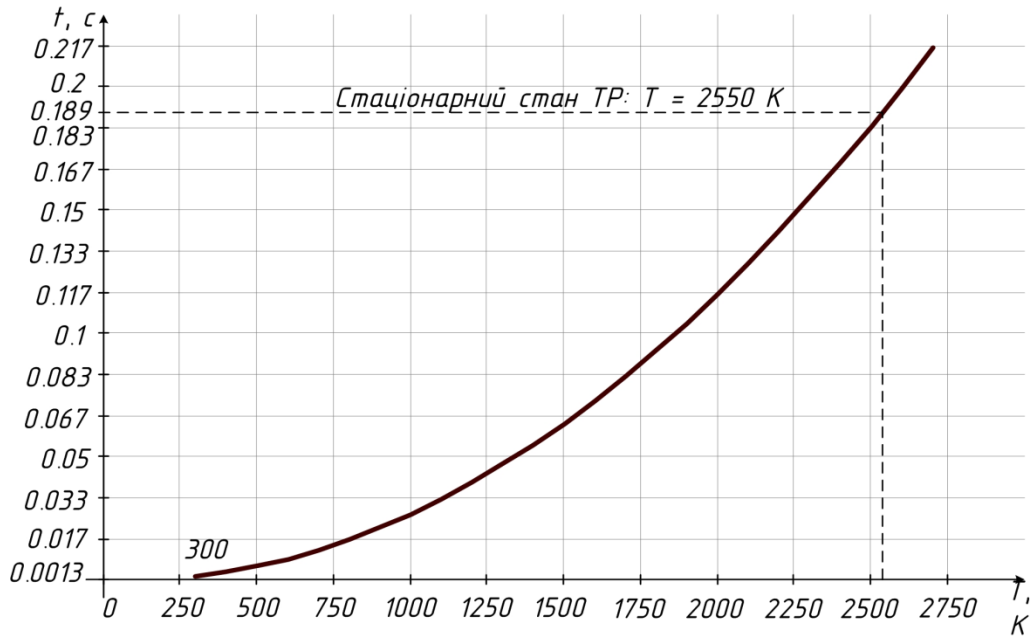


Рис. 3. Залежність часу нагріву від температури нагріву ТР

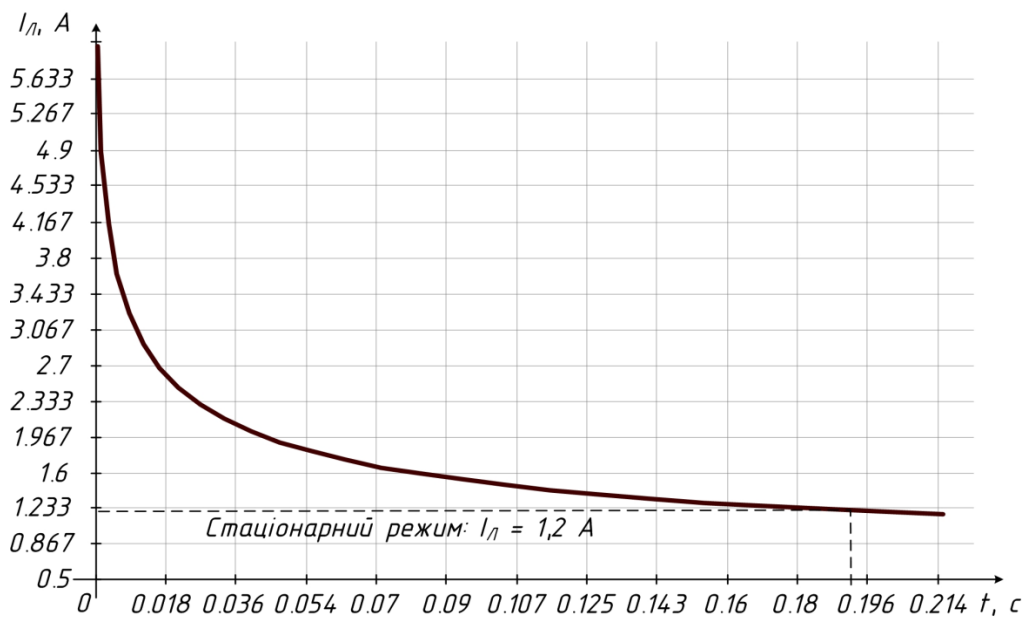


Рис. 4. Перехідний процес у ТР – залежність струму від часу

Зміна температури в часі зумовлює зміни опору ТР через тепловий рух атомів кристалічної решітки вольфраму. Це

зумовлює зміну струму ІЛ через ТР, яку можна ілюструвати таким виразом:

$$dI_{л} = \frac{U_H}{R_0(T)} dt \quad (8)$$

Розрахункова залежність струму, від зміни в часі температури, а отже, і опору TP наведена на рис. 4.

На основі табличних даних залежності опору TP від температури

побудовано Simulink-модель лампи розжарювання, яка враховує дану залежність (рис. 5).

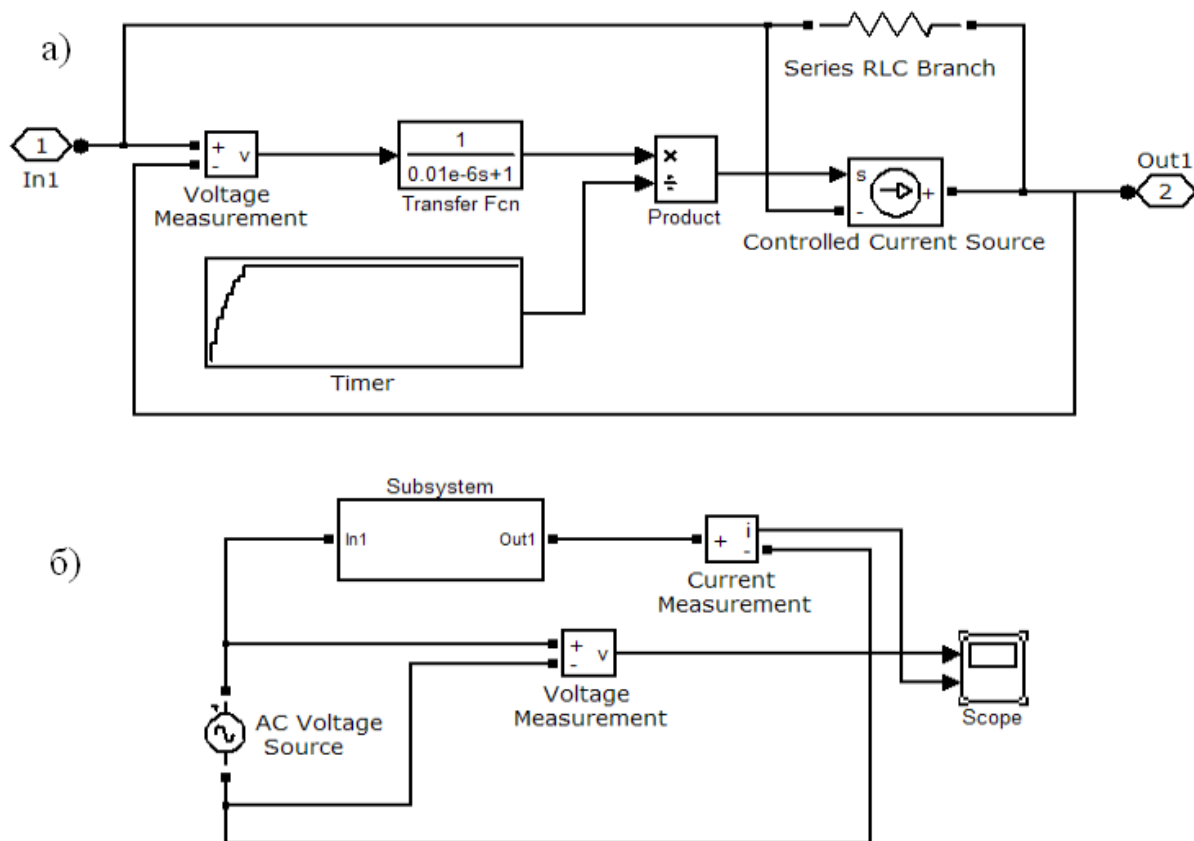


Рис. 5. Програмна модель лампи розжарювання (а) та схема її вимірювання (б)

Сигнали напруги та струму, вимірні при підключенні моделі до ідеального джерела змінної напруги з амплітудним значенням 12 В, наведено на рис. 6.

Рис. 6 наочно ілюструє характер залежності сили струму через TP лампи 15 В при номінальній напрузі на її затискачах. Завищений струм через ламу спостерігається впродовж до 60 періодів частоти сигнального струму, що слід враховувати при реалізації режиму контролю цілісності нитки лампи в "холодному" та "гарячому" станах. Так, експериментально встановлено, що темно-

червоне світло від нитки розжарювання, яке не пройде через світлофільтр сигналу через особливості їх виготовлення, спостерігається при температурі TP близько 800 К [7], що згідно з отриманими розрахунковими даними відповідає часу 0,017 с, що відповідає семи періодам сигнального струму частотою 400 Гц. При цьому, якщо період контролю цілісності нитки в "холодному" стані не викликати розігрів TP до температури у 900 К, випаровування вольфраму буде відсутнє, і такий режим не впливатиме на строк експлуатації лампи.

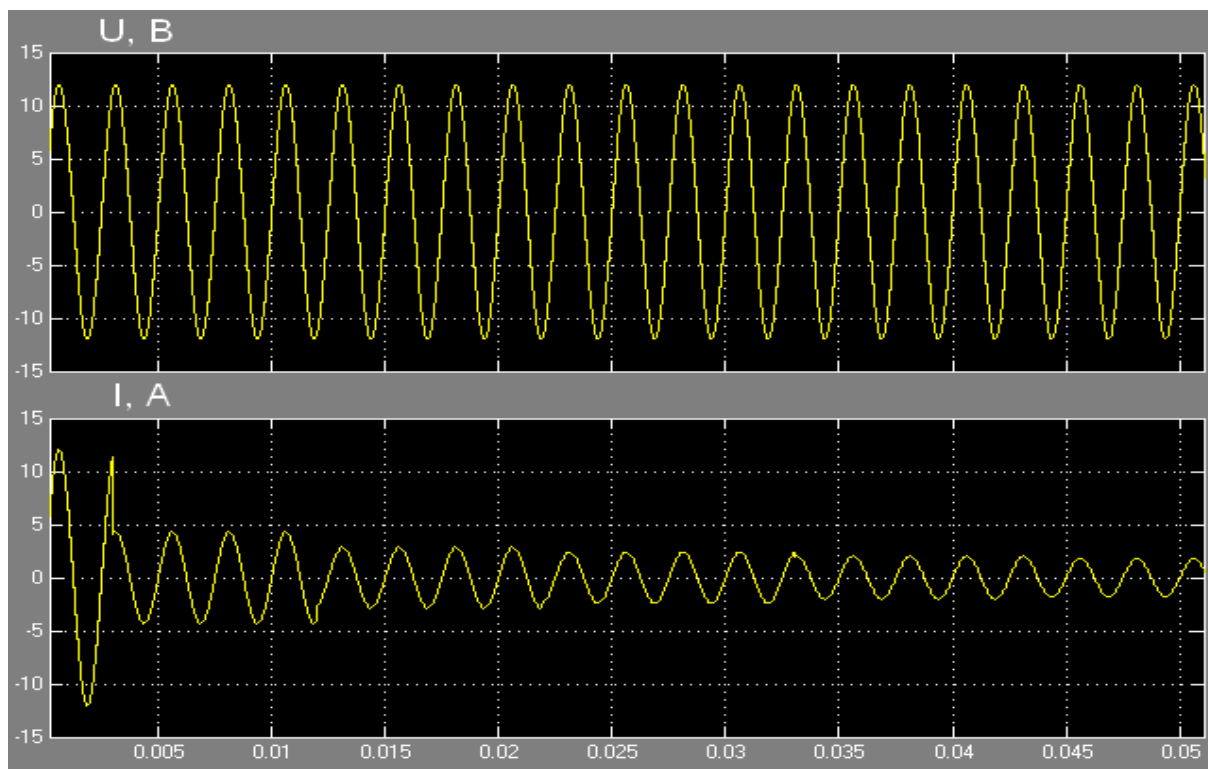


Рис. 6. Результати вимірів моделі лампи розжарювання

Висновки. Використання пристроїв СЗА для керування світлофорами з ТПУ на базі сигнального трансформатора вже має місце на залізничному транспорті [9, 10]. Проте тема безконтактного керування сигналами світлофора є дуже актуальною під час широкого впровадження мікропроцесорних СЗА. У даній роботі розроблено модель схеми з ТПУ каналу керування сигналом для реалізації подальших досліджень і модель лампи

розжарювання, яка враховує перехідні процеси в ній. Визначено оптимальний період контролю цілісності нитки в "холодному" стані. Проте отримані результати дослідження не можуть бути остаточними – необхідне моделювання каналу керування комплексно з елементами контролю та подальше визначення оптимальних інтервалів між періодами контролю для виключення імовірності підсвічування сигналу.

Список літератури

1. Сапожников, В.В. Методы построения безопасных микроэлектронных систем железнодорожной автоматики [Текст] / В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников, Х.А. Христов, Д.В. Гавзов, под ред. Вл. В. Сапожникова. – М.: Транспорт, 1995. – 272 с.
2. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink [Текст] / И.В. Черных. – М.: ДМК Пресс; Спб.: Питер, 2008. – 288 с.
3. Гейтенко, Е.Н. Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчет [Текст]: учеб. пособие / Е.Н. Гейтенко. – М.: С.-ПРЕСС, 2008. – 448 с.

4. Пусвацет, Ю.Ю. Светодиодные светооптические системы для удаленных светофоров [Текст] / Ю.Ю. Пусвацет, Н.Ю. Широков // Автоматика, связь, информатика. – 2010. – № 1. – С. 24-28.
5. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи [Текст] / Л.А. Бессонов. – 9-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1996. – 638 с.
6. Котляренко, Н.Ф. Путевая блокировка и авторегулировка [Текст]: учеб. для вузов / Н.Ф. Котляренко, А.В. Шишляков, Ю.В. Соболев и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1983. – 408 с.
7. Гуторов, М.М. Основы светотехники и источники света [Текст]: учеб. пособие для вузов / М.М. Гуторов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 384 с.
8. Трестман, Е.Е. Автоматизация контроля буксовых узлов в поездах [Текст] / Е.Е. Трестман, С.Н. Лозинский, В.Л. Образцов. – М.: Транспорт, 1983. – 352 с.
9. Никитин, А.Б. Обобщение тенденций развития устройств электрической централизации и опыта тиражирования компьютерных систем оперативного управления движением поездов на станциях [Текст] / А.Б. Никитин, С.В. Бушуев // Транспорт Урала. – 2007. – № 2. – С. 2-8.
10. Кустов, В.Ф. Микропроцессорная система электрической централизации стрелок и сигналов без релейной аппаратуры и рельсовых цепей [Текст] / В.Ф. Кустов // Вестник Metallurgtransa и Sojuzgruzpromtransa. – 2009. – № 4. – С. 36-45.

Ключові слова: трансформаторний пристрій узгодження, безконтактне керування, сигнал світлофора, ключові елементи, лампа розжарювання, Simukink-модель, перехідні процеси, стаціонарний режим.

Анотації

Наведено стислий опис принципу реалізації схем з трансформаторним пристроєм узгодження для керування сигналами станційних світлофорів. Розроблено математичну модель лампи розжарювання 15 Вт, яка враховує інерційність і нелінійність її вольт-амперної характеристики. Запропоновано програмну модель каналу безконтактного керування сигналом світлофора та програмну модель лампи розжарювання, які можуть бути використані в подальших дослідженнях.

Приведено краткое описание принципа реализации схем с трансформаторным устройством согласования для управления сигналами станционных светофоров. Разработана математическая модель лампы накаливания 15 Вт, которая учитывает инерционность и нелинейность ее вольт-амперной характеристики. Предложена программная модель канала бесконтактного управления сигналом светофора и программная модель лампы накаливания, которые могут быть использованы в дальнейших исследованиях.

The short description of a principle of implementation of circuit designs with the transformer arrangement of the matching for control of signals of station traffic-lights is resulted. The mathematical model of an incandescent lamp of 15 W which considers time delay and non-linearity of its voltage-current characteristic is developed. The program model of the channel of a noncontacting control by a signal of the traffic-light and program model of an incandescent lamp which can be used in further probing is offered.

**АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

УДК 621.391

*В.П. Самойлик,
канд. техн. наук К.А. Трубчанінова*

**СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ АБОНЕНТСЬКОГО ДОСТУПУ
ДО ГЛОБАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ**

Представив д-р техн. наук, професор Г.В. Альошин

Отримати доступ до мережі Інтернет можна, використовуючи різні комунікаційні технології. Кінцеві користувачі бажають отримати доступ у мережу Інтернет на додаток до, наприклад, звичайного телефонного зв'язку. Також можна виділити телекомунікаційні компанії, що працюють в галузі телефонного, мобільного, супутникового зв'язку і т. д., і провайдерів, що забезпечують доступ у мережу Інтернет та інші послуги для передачі даних.

На сьогодні існує безліч способів з'єднання з мережею Інтернет – від

підключення комп'ютера за допомогою аналогового модема до способів підключення з використанням високошвидкісних технологій.

Спосіб підключення комп'ютера до мережі Інтернет залежить від обраного користувачем рівня послуг, які він хоче отримати від провайдера (постачальника послуг), від швидкості і якості передачі даних. До послуг, які надаються Інтернет, належать: E-mail, WWW, FTP, Usenet, IP-телефонія, потокове відео і т. д. Технологій підключення існує безліч і більшість з них наведено на рис. 1.

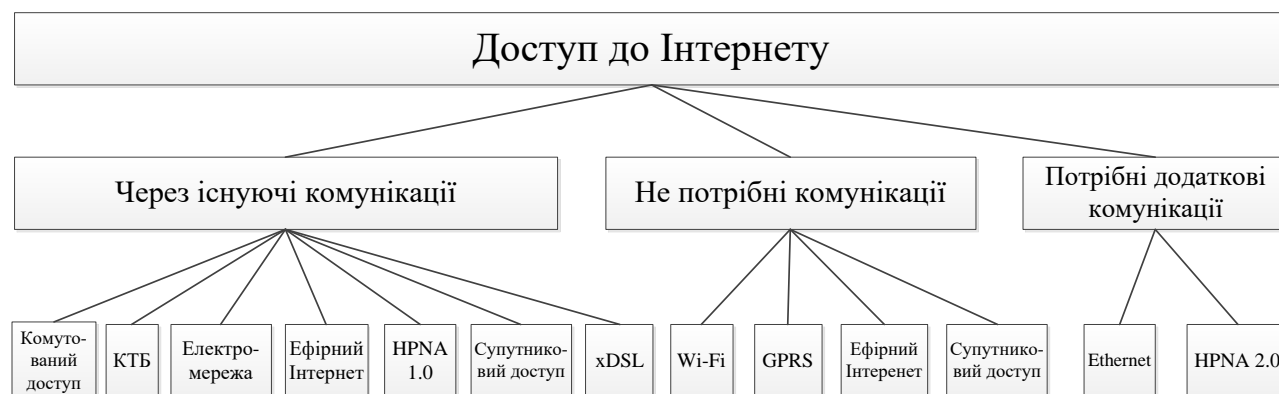


Рис. 1. Види доступу до Інтернету

Dial-Up. Якщо потреба доступу в Інтернет незначна, тобто можна обмежитися отриманням-відправленням невеликої кількості електронної пошти і нерегулярним відвідуванням веб-сторінок, то підійде звичайний *Dial-Up*. Безкоштовне підключення, низька вартість устаткування (потрібний недорогий модем), легке встановлення устаткування і нескладне налаштування. Однак під час знаходження в мережі телефонна лінія зайнята, повільна швидкість передачі даних, низька якість зв'язку (часті обриви з'єднання, додзвонитися буває досить важко, особливо в години «пік»). Плата здійснюється за час перебування в мережі, а не за обсяг завантаженої або переданої інформації. Отже, даний тип з'єднання підходить для приватних користувачів з невеликими потребами та обмеженим бюджетом. Максимально можлива швидкість передачі даних – 56 кбіт/с. Фактична середня швидкість коливається 8-40 кбіт/с.

ISDN – комутований доступ до цифрової телефонної мережі. Головна особливість використання *ISDN* - це висока швидкість передачі інформації, порівняно з *Dial-Up* доступом. Швидкість передачі даних складає 64 кбіт/с при використанні одного і 128 кбіт/с - при використанні двох каналів зв'язку.

Технології *xDSL* (*ADSL*, *HDSL*, *VDSL*, *SDSL*) – відмінна альтернатива *Dial-Up*. Ці технології використовуються для організації високошвидкісного доступу в Інтернет по телефонній лінії. Технології *xDSL* дозволяють одночасно передавати по телефонній лінії біти інформації та голос абонента. Принцип дії заснований на тому, що голос і інформація передаються на різних частотах.

Найчастіше провайдери пропонують технологію *ADSL* (асиметрична цифрова абонентська лінія). Асиметрична в даному випадку означає те, що швидкість отримання даних з Інтернету вище швидкості відправлення даних. Для більшості користувачів це дуже зручно,

тому що вхідний трафік, як правило, перевищує вихідний.

Максимально можлива швидкість передачі даних 24 Мбіт/с у бік абонента і до 3,5 Мбіт/с – від абонента. Реальна швидкість буде залежати від обраного тарифного плану, якості телефонної лінії, відстані від абонента до АТС, від завантаженості сервера, до якого звертаються.

Будинкові мережі покликані об'єднувати домашніх користувачів у локальну мережу на основі технології *Ethernet*, підключаючи всю мережу по виділеному високошвидкісного каналу до провайдера (наприклад, за допомогою *xDSL* модемів), що надає доступ в Інтернет. Таке рішення було виправдано з тієї причини, що, по-перше, вартість виділеного каналу була не по кишені окремо взятому користувачеві, по-друге, користувачі однієї мережі в цьому випадку можуть обмінюватися на високих швидкостях без виходу назовні (ігри, обмін файлами, чат), що здешевлює загальні витрати, і, по-третє, дозволяє завантажити зовнішній канал доступу в Інтернет. Локальні мережі зазвичай будуються на таких технологіях, як *Ethernet*, *HPNA*, *Wi-Fi*. Ці технології мають свої недоліки, пов'язані, насамперед, з їх низькою надійністю, а також з неможливістю працювати на відстанях, що перевищують декілька сот метрів (тут не розглядається побудова локальної мережі на оптиці). Якщо для першої з перерахованих технологій необхідне прокладання окремого кабелю, що іноді пов'язане з суто організаційними труднощами, а також з подальшою експлуатацією, то для останньої головною умовою є пряма видимість, а також залежність від атмосферних явищ. Але ці недоліки все ж таки окупаються великими швидкостями всередині мережі, а також невеликими матеріальними витратами.

Традиційний спосіб побудови будинкової мережі – це використання сімейства технологій *Ethernet* (*FE*, *GE*). Для

неї зазвичай використовується вита пара, яка заводиться в кожну квартиру, де є бажаючі підключитися до цієї мережі. Відповідно для підключення користувачеві необхідна мережна карта. Підключившись подібним чином, користувач отримує доступ до локальної мережі, зазвичай без урахування трафіка, а також при бажанні може отримати і вихід в інтернет, вхідний трафік якого йому необхідно оплачувати. Цей вид мережі дає явні переваги її користувачам: телефон не займається і використовується тільки для розмови, швидкість роботи всередині локальної мережі вимірюється сотнями мегабіт/с за секунду, а швидкість виходу назовні залежить від кількості користувачів, що одночасно працюють з інтернетом, і, звичайно ж, від того каналу, до якого підключена локальна мережа. Великим недоліком у даному випадку можна вважати один - прокладання додаткового кабелю, але існує спосіб, що дозволяє, залишивши всі переваги, позбутися його, і це й спосіб називається *HPNA*.

Існує кілька версій цієї технології – це *HPNA 1.0* (використовується топологія "зірка") і *HPNA 2.0* (використовується топологія "спільна шина"). Перша дозволяє передавати дані зі швидкістю до 1 Мбіт/с, а друга – до 10 Мбіт/с. Обладнання стандарту *HPNA 1.0* підключається паралельно телефонному апарату. Ця технологія розроблялася для роботи по звичайному телефонному проводу і абсолютно не впливає на телефонні переговори, а також не впливає на роботу *xDSL* пристроїв, оскільки смуга пропускання цієї технології розташовується між 5,5 і 9,5 МГц (для *HPNA 1.0*). Як і у випадку підключення до Інтернету по *xDSL* технології, користувач здатний використовувати незалежно телефонний апарат і послуги з передачі даних через будинкову мережу. Для *HPNA 2.0* смуга пропускання знаходиться між 2 і 30 МГц. Спосіб підключення по другому стандарту дещо відрізняється. Зазвичай по стояку

під'їзду знизу до верху простягається кабель, до якого і відбувається підключення бажаючих приєднатися до будинкової мережі. У цьому випадку швидкість 10 Мбіт/с розподіляється на всіх підключених до "загальної шини". Сегмент під'їзду може бути підключений до конвертора *HPNA / Ethernet*, який вже і підключається до мережі передачі даних. Відстань, на якій здатні експлуатуватися пристрої, що працюють за даними технологіями, становить 150 і 350 м відповідно, однак можлива робота і на більш довгій лінії (до 1 км), але зі швидкістю в кілька разів менше. Це досягається шляхом адаптації приймача до різних рівнів перешкод, також залежно від характеристик лінії можлива зміна рівня сигналу. Узгодження між приймачем і передавачем відбувається постійно в процесі роботи, що дозволяє знизити вимоги до середовища передачі. У *HPNA 2.0* використовується також підстроювання оптимальної швидкості передачі даних залежно від характеристик кабелю, що змінюються в процесі роботи. Одночасно до однієї абонентської лінії може бути підключено до 32 комп'ютерів (*HPNA 2.0*).

Бездротові технології. Бездротові технології більш схильні до впливу зовнішніх перешкод, однак у багатьох випадках їх використання виправдане. Бездротове обладнання встановити набагато швидше, ніж прокласти кабель від провайдера до абонента. До того ж, якщо це велика відстань, кабель взагалі недоцільно тягнути. Додаткова перевага - мобільність. Бездротові технології не прив'язують до певного місця, обладнання можна легко демонтувати і встановити, де потрібно.

Радіоканал. Гідною альтернативою дротовим технологіям є *RadioEthernet* (радіоканал). Так само технологія *RadioEthernet* дозволяє об'єднати локальні мережі та окремі комп'ютери. Це дуже зручно для корпоративних клієнтів, коли потрібно зв'язати віддалені філії з

центральним офісом, а також такий варіант підходить для абонентів, згрупованих у місці відсутності телекомунікацій. Основні переваги такого способу - висока швидкість з'єднання та мобільність (обладнання можна демонтувати і встановити на новому місці). Є можливість IP-телефонії (при установленні спеціального адаптера). Пропускна спроможність радіоканалу дозволяє підключати до Інтернету великі локальні мережі. Для роботи радіоканалу необхідна пряма видимість між антенами абонентських точок (радіус дії до 30 км). Швидкість обміну інформацією може досягати 11 Мбіт/с (якщо говорити про найбільш поширений на сьогоднішній день стандарт 802.11b). Реальна швидкість може змінюватися залежно від обраного тарифного плану, відстані до базової станції, довжини і типу пакетів даних, наявності перешкод, конкретного устаткування і погодних умов.

Wi-Fi. Технологія Wi-Fi використовується для організації точки бездротового доступу невеликого радіуса (радіус дії Wi-Fi варіюється від 50 до 70 метрів) або зорганізується покриття території за допомогою декількох точок доступу. Наприклад, якщо ноутбук, КПК або смартфон оснащений обладнанням Wi-Fi, можливе підключення до Інтернету без проводів через наявні точки доступу. Максимальна швидкість передачі даних – 54 Мбіт/с (802.11g). Фактична середня швидкість залежить від вибраного тарифного плану, відстані до базової станції, довжини і типу пакетів даних, наявності перешкод, від продуктивності та ефективності використовуваного обладнання.

WiMAX, аналогічно WiFi, – технологія широкосмугового доступу до Інтернету. WiMAX, на відміну від традиційних технологій радіодоступу, працює і на відбитому сигналі, поза прямою видимістю базової станції. Мобільні мережі WiMAX відкривають набагато цікавіші перспективи для користувачів, ніж фіксований WiMAX,

призначений для корпоративних замовників. Інформацію можна передавати на відстані до 50 км зі швидкістю до 70 Мбіт/с. У наш час WiMAX частково задовольняє умови мереж 4G, заснованих на пакетних протоколах передачі даних. До родини 4G відносять технології, які дозволяють передавати дані в стільникових мережах зі швидкістю вище 100 Мбіт/с і підвищеною якістю голосового зв'язку. Для передачі голосу в 4G передбачена технологія VoIP.

Інтернет від операторів GSM. Технологія пакетної передачі даних. При використанні GPRS оператори використовують канали, тимчасово вільні від передачі мовних повідомлень. Але оператори GSM-мереж все ж таки орієнтовані на надання послуг голосового зв'язку. Тарифікується об'єм отриманої або переданої інформації. При цьому є великою зона покриття, можливість уникнути покупки дорогого устаткування (використовується телефон стандарту GSM в якості модема), оплата проводиться за об'єм завантаженої інформації, є простим налаштування, недорогим або зовсім безкоштовним підключення, зручним у поїздках.

Максимальна швидкість передачі даних – 171,2 кбіт/с. Реальна швидкість роботи залежить від завантаженості мережі.

Наступне покоління стільникових мереж – 3G – дозволяє передавати інформацію з величезною швидкістю до 2 Мбіт/с (для абонентів, що знаходяться в приміщенні), а це вже відео в реальному часі. Для деяких країн, зокрема Японії, це вже вчорашній день, оскільки на черзі вже є стандарти 4G, розроблення якого ведуться з 1998 року. Максимальна швидкість, яку вдалося досягти, використовуючи мережу 4G, склала 1 Гбіт/с.

EDGE, маючи більш досконалий метод модуляції, забезпечує збільшення пропускної спроможності. Максимальна швидкість передачі даних – до 475 кбіт/с. Реальна швидкість роботи залежить від завантаженості мережі.

CDMA. Мережа стандарту CDMA – це стаціонарний і мобільний зв'язок, а також швидкісний мобільний інтернет. Для користування послугою "Мобільний Інтернет" за допомогою технології CDMA необхідно мати телефон з вбудованим CDMA-модемом або CDMA-модем і комп'ютер. Технологія CDMA забезпечує швидкість передачі даних до 153 кбіт/с або до 2400 кбіт/с – за технологією EV-DO Revision 0. На сьогодні технологія CDMA надає послуги мобільного зв'язку третього покоління. Технології мобільного зв'язку 3G (third generation – третє покоління) – набір послуг, який як забезпечує високошвидкісний мобільний доступ до мережі Інтернет, так і організовує відеотелефонний зв'язок і мобільне телебачення. Мобільний зв'язок третього покоління будується на основі пакетної передачі даних. Мережі третього покоління 3G працюють у діапазоні близько 2 ГГц, передаючи дані зі швидкістю до 14 Мбіт/с. Мережі третього покоління 3G реалізовані на різних технологіях, заснованих на таких стандартах: W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) і його європейському варіанті – UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), який є приймачем GSM / GPRS / EDGE; CDMA2000 1X, що є модифікацією стандарту CDMA; китайський варіант – TD-CDMA/TD-SCDMA.

Супутниковий Інтернет – ідеальне рішення для мешканців передмість і сільської місцевості. Індустріальні перешкоди там вкрай рідкісні, що дозволяє організувати якісне приймання. Супутниковий Інтернет можна використовувати в будь-якому віддаленому від цивілізації об'єкті. Максимальна швидкість приймання даних до 52,5 Мбіт/с (реальна середня швидкість до 3 Мбіт/с). Орбітальний супутник допоможе підключити до Інтернету територіально віддалені області двома варіантами взаємодії: симетричним і асиметричним.

При *симетричному* варіанті доступу до Інтернету приймально-передавальна супутникова антена забезпечує приймання і передачу даних. Цей спосіб підходить споживачам великого обсягу трафіка. Швидкість передачі даних – до 16 Мбіт/с. *Асиметричний* варіант підключення здатний забезпечити достатньо високу швидкість приймання інформації, але відправляти дані необхідно по будь-якій іншій лінії. Іншими словами для відправлення даних використовується наявне повільне з'єднання (наприклад Dial-up або GPRS), а отримуються дані через супутник. Основна вимога для приймання сигналу з супутника при такому підключенні – наявність супутникової антени і DVB-карти. Швидкість приймання даних – від 128 кбіт/с до 16 Мбіт/с.

Фактична швидкість буде залежати від тарифного плану, навантаження на супутникову мережу, метеорологічних умов.

Ефірний інтернет. Аналогічно до доступу в Інтернет через супутник існує і стандарт для телебачення (DVB-T (Digital Video Broadcasting Terrestrial)). Це стало можливим завдяки появі цифрового телебачення. Використовуючи стандарт DVB-T, можливо здійснювати одночасне приймання телевізійних програм і даних в умовах багатопроменевого приймання. Передача сигналу йде з використанням модуляції OFDM. Крім того, забезпечується захищеність переданої інформації, а також можливість вибору швидкості приймання. Максимально вона може скласти 31 Мбіт/с для повного потоку, а реально для одного користувача встановлюється від 128 кбіт/с до 1,5 Мбіт/с, залежно від тарифу. Зворотний канал може організовуватися за допомогою будь-якого іншого виду доступу, наприклад, звичайного модема або GPRS. У разі використання останнього користувач отримує мобільність і може використовувати підключення до інтернету, наприклад, на дачі або навіть у

машині, що рухається, оскільки з обладнання необхідні лише звичайна дециметровая телевізійна антена і DVB-T плата.

Мережі кабельного телебачення.

Існує ще один спосіб підключення до мережі Інтернет – використання для передачі даних мережі кабельного телебачення (КТБ). Організація його може здійснюватися двома способами. Перший найбільш простий у реалізації, дуже схожий на доступ з використанням супутника, тобто користувач здійснює дзвінок по комутованій мережі на модемний пул провайдера, що надає доступ до подібної послуги і надалі запити посилаються по комутованій мережі, а відповіді на них йдуть по мережі КТБ зі швидкістю до 56 Мбіт/с на кабельний модем користувача. Другий спосіб передбачає двосторонню роботу по телевізійній мережі за допомогою кабельного модема. У цьому випадку вихідна швидкість зростає багаторазово до 36 Мбіт/с, а телефон залишається вільним.

Доступ в Інтернет через електричну провідку. У 2001 році з'явився перший стандарт HomePlug 1.0, що дозволяє використовувати електромережу в якості локальної та підключати до неї різні пристрої. Робота в цій мережі могла здійснюватися на швидкості до 14 Мбіт/с, а через спеціальні шлюзи мати можливість виходу в Інтернет, ТмЗК.

У якості стандарту для високошвидкісної передачі даних для HomePlug 1.0 був використаний метод Power Packet фірми Intellon, який базується на модифікованому методі модуляції OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) – ортогональне частотне розділення каналів з одночасною передачею сигналів на різних несучих.

Для боротьби з міжсимвольною інтерференцією, яка має місце при зміні середовища передачі (наприклад, при вмиканні якого-небудь пристрою (лампочки або іншого) змінюється її

структура не тільки у квартирі, але й у сусідів, оскільки вони також підключені до фази) було вирішено збільшити довжину посилки виклику і ввести додаткову мікросекундну преамбулу, а також постійно відстежувати стан середовища перед безпосередньою передачею інформації.

У якості методу доступу в канал використовується множинний доступ з контролем несучої/запобіганням колізій CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance), оскільки при підключенні до мережі комп'ютерів (використовується технологія "загальна шина") необхідно вирішити питання розділення середовища передачі.

Ця технологія відома досить давно і активно впроваджувалася в Європі. У деяких країнах Західної Європи (Німеччина, Австрія, Іспанія) ця технологія практично витиснула всі інші способи побудови локальних мереж, а разом з ними і виходу в Інтернет. І це було виправдано, оскільки на відміну від перерахованих вище рішень, абсолютно немає ніякої необхідності прокладати додаткові комунікації. Крім надання доступу в Інтернет користувач подібної послуги при бажанні міг підключитися до місцевої будинкової мережі або ж до ТмЗК. І все це через електропроводку. Користувачу лише потрібно придбати невеликий пристрій, який стане сполучною ланкою комп'ютера і телефона з Інтернетом і ТмЗК. Дані по мережі йдуть по протоколу TCP/IP, відповідно для передачі голосу використовується технологія VoIP, швидкість кодування якого зазвичай у подібних мережах становить 32 кбіт/с. А швидкість передачі по подібній мережі може досягати швидкості 14 Мбіт/с на відстань до 200 м. Ще одне обмеження, що накладається на організацію мережі, пов'язано з тим, що подібні пристрої повинні підключатися лише до однакових фаз, оскільки трансформатори на підстанціях не пропускають

високочастотних сигналів. З цієї причини необхідно вставити додаткові пристрої переходу між фазами, але це вже питання оператора, що надає подібний сервіс. Така ситуація типова не тільки для сусідніх будинків, але навіть і для окремих під'їздів, у яких на квартири заведені різні фази.

Слідом за HomePlug 1.0 був затверджений новий стандарт – HomePlug AV (завершено розроблення в жовтні 2004 року, а прийнято 18 серпня 2005 року), що дозволяє передавати по тій же електропроводці змішаний вид даних: голос, відео, відео з високою чіткістю (HDTV) (кілька потоків), дані зі швидкістю до 200 Мбіт/с (рис. 2). Подібне забезпечує служба якості обслуговування (QoS (Quality of Service)). Щоб зуміти передати

дані на такій швидкості по електромережі, був змінений частотний діапазон, який виріс і знаходиться в межах від 2 до 28 МГц. Для підвищення безпеки передачі даних був змінений стандарт з DES до AES, а також збільшена довжина ключа з 56 до 128 біт. Але новий стандарт забезпечує сумісність з кінцевими пристроями стандарту HomePlug 1.0. HomePlug AV використовує модуляцію OFDM з розширеним FEC (Forward Error Control), дозволяє оцінювати канал і адаптуватися до нього. Як і в попередній специфікації, у якості методу доступу обраний множинний доступ з контролем несучої CSMA. Новий стандарт також підтримує TDMA і FDMA з метою співіснування з Broadband Over Powerline (BPL).

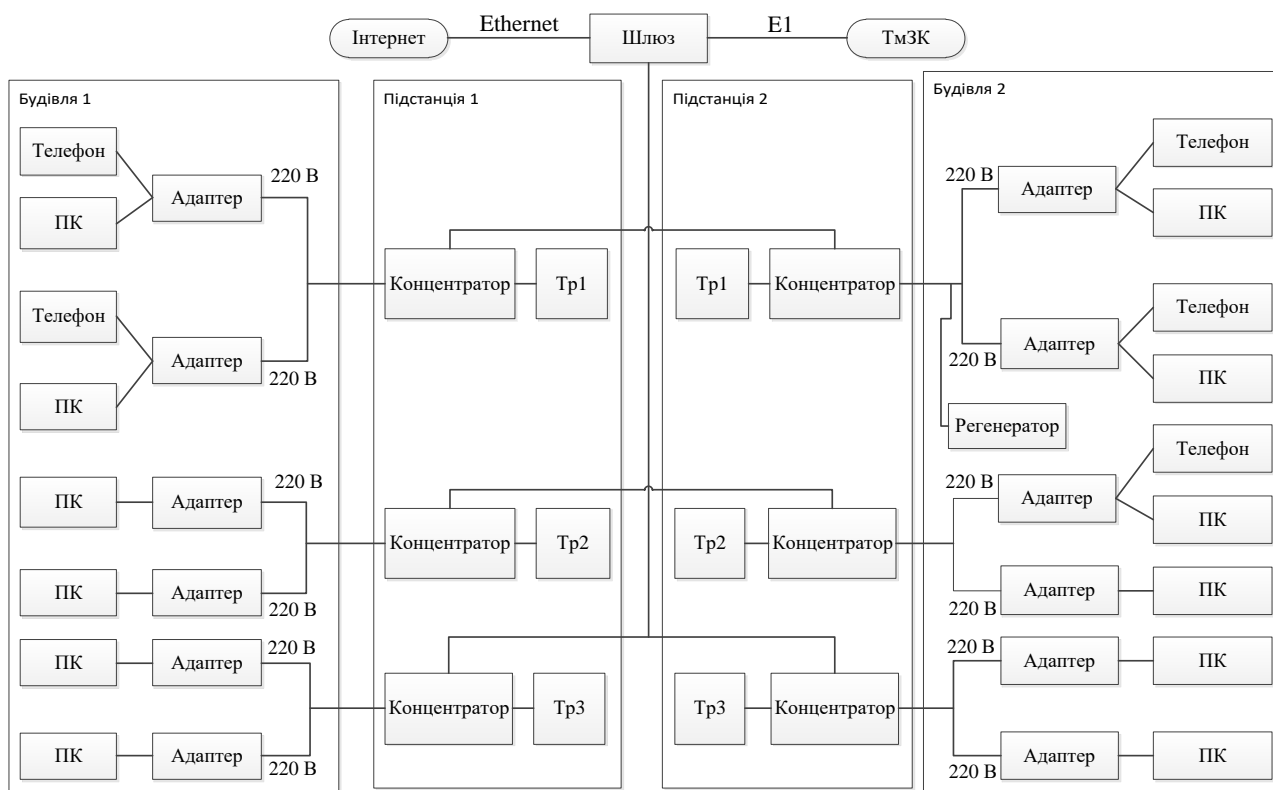


Рис. 2. Доступ до Інтернету через електромережу

Таким чином, вибір способу доступу до глобальної мережі залежить від вимог користувача до мережі щодо швидкості передачі даних, якості обслуговування та

вартості вкладень. Порівняння всіх перерахованих видів доступу до Інтернет наведено у вигляді таблиці.

Характеристики технологій доступу до Інтернету

Вид доступу	Швидкість до абонента	Відстань	Наявність телефону/його зайнятість під час роботи з Інтернетом
Dial-Up	До 56 Кбіт/с	Необмежена	Так/Так
ISDN	До 64 Кбіт/с	Необмежена	Так/Так
GPRS	До 170 Кбіт/с	Необмежена	Так/Так
xDSL(ADSL)	До 24 Мбіт/с	До 1500 м	Так/Ні
Супутниковий доступ	До 2 Мбіт/с	Необмежена	Так/Так
Ефірний інтернет	До 1,5 Мбіт/с	До 50 км	Так/Так
Wi-Fi	До 22 Мбіт/с	100 – 1000 м	Ні/Ні
HPNA 1.0	До 1 Мбіт/с	До 150 м	Так/Ні
HPNA 2.0	До 10 Мбіт/с	До 350 м	Ні/Ні
Доступ по електромережі	До 14 Мбіт/с	До 200 м	Ні/Ні
Ethernet	До 100 Мбіт/с	До 200 м	Ні/Ні
Радіоканал	До 11 Мбіт/с	До 30 км	Ні/Ні
WiMAX	До 70 Мбіт/с	До 50 км	Ні/Ні
EDGE	До 475 Кбіт/с	Необмежена	Так/Так
КТБ	До 56 Мбіт/с	Міська мережа	Ні/Ні

Список літератури

1. Олифер, В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы [Текст]: учеб. для вузов / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. 3-е изд. - СПб.: Питер, 2006. – 943 с.
2. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение [Текст]: пер. с англ. / Б.Скляр. – 2-е изд., испр. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
3. Беллами, Дж. Цифровая телефония [Текст] / Дж. Беллами; пер. с англ., ред. А.Н. Берлина, Ю.Н. Чернышова. – М.: Эко-Трендз, 2004. – 640 с.
4. Фокин, В.Г. Оптические системы передачи и транспортне сети [Текст]: учеб. пособие / В.Г. Фокин. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 284 с.
5. Кунегин, С.В. Системы передачи информации. Курс лекций [Электронный ресурс] / С.В. Кунегин. – Режим доступа: http://kunegin.narod.ru/ref/sod_lec.htm. - Загл. с экрана. (Дата обращения: 24.10.2011).

Ключові слова: доступ до Інтернету, комутований доступ, бездротові технології, швидкість доступу, швидкість передачі даних, цифрова мережа, будинкова мережа.

Анотації

Розглянуто різні способи з'єднання з мережею Інтернет. Наведено основні характеристики існуючих технологій за вказаними критеріями: швидкість передачі даних, відстань, можливість телефонного трафіка та інші.

Рассмотрены различные способы соединения с сетью Интернет. Приведены основные характеристики существующих технологий по указанным критериям: скорость передачи данных, расстояние, возможность телефонного трафика и другие.

The different ways to connect to the Internet. The basic characteristics of existing technologies for your criteria: data rate, distance telephone traffic and the possibility of others.

**РУХОМИЙ СКЛАД ТА СПЕЦІАЛЬНА ТЕХНІКА
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ. ВАГОНИ**

УДК 629.4.083:629.45

*Канд. техн. наук. В.В. Бондаренко,
асп. Д.І. Скуріхін,
В.В. Аракелян*

**ЗАСТОСУВАННЯ ШУМОДІАГНОСТИЧНОГО МЕТОДУ
ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ХОДОВИХ ЧАСТИН
ВАГОНІВ ПІД ЧАС РУХУ**

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

Постановка проблеми. Дослідження експлуатаційної надійності пасажирських вагонів показало, що найбільша кількість відмов у період між плановими видами ремонту припадає на колісні пари. Відмови колісних пар складають більше половини загальної кількості відмов всіх вузлів і деталей пасажирського вагона. Найбільш поширеними відмовами стали вищербини, повзуни та навари, які мають загальну назву – короткі ізольовані нерівності на поверхні кочення колісних пар [1].

Аналіз досліджень і публікацій. Аналіз технології експлуатації і 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 відповідають вимогам 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. У даній публікації проведено короткий огляд сучасних методів неруйнівного контролю (НК). Значна увага приділена застосуванню шумодіагностичного методу для контролю технічного стану ходових частин рухомого складу залізниць під час руху.

Виклад основного матеріалу дослідження. НК поділяють на дев'ять видів: магнітний, електричний, вихорострумний, радіохвильовий, тепловий, оптичний, радіаційний, акустичний і проникаючих речовин. У результаті проведення аналізу методів НК і діагностування рухомого складу залізниць світу була складена класифікаційна схема (рис. 1), яка дозволяє зробити огляд тенденцій у цій сфері щодо контролю ходових частин.

Звукові коливання при русі вагона можуть бути достовірним джерелом інформації про технічний стан колісних пар. Існує значна кількість систем контролю шуму буксових вузлів рухомого складу, що експлуатують на залізницях США, Австралії і Росії у якості наземних систем (рис. 2).

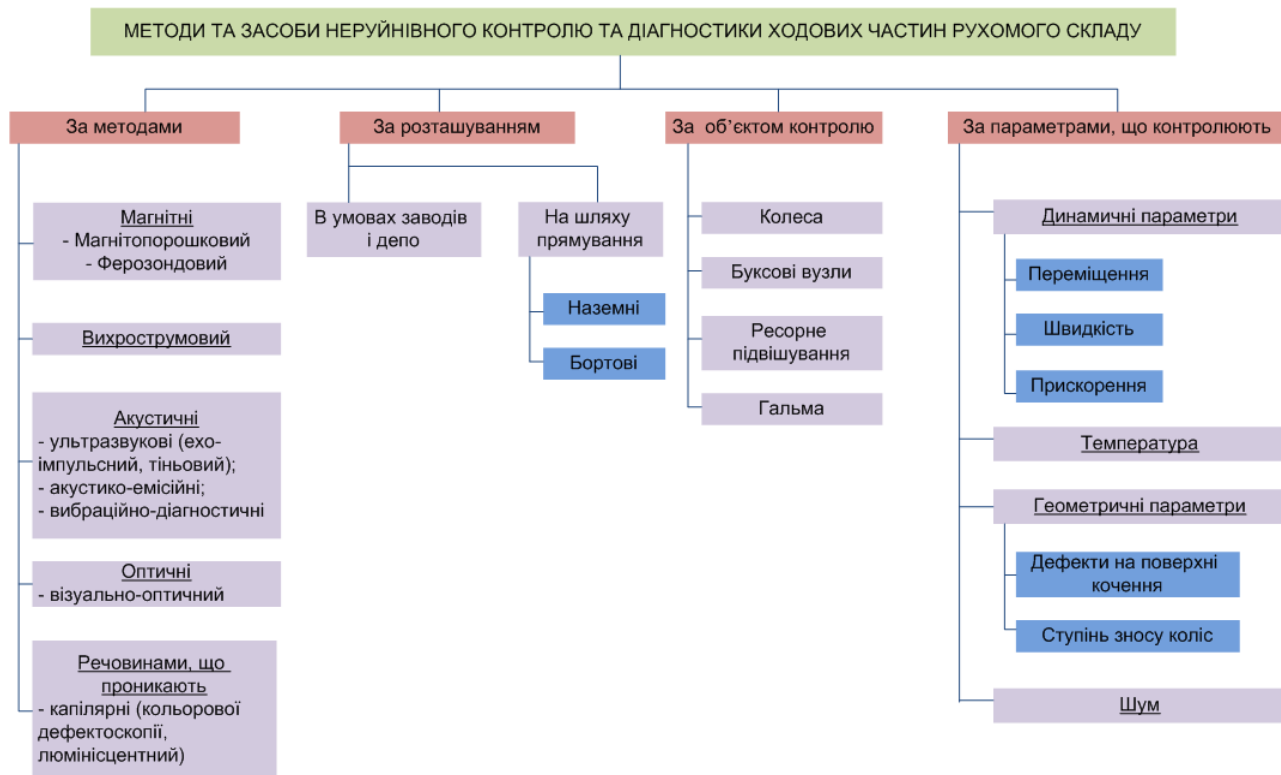


Рис. 1. Класифікація методів і засобів НК



Рис. 2. Наземна система контролю шуму буксових вузлів (Acoustic Bearing Detector)

Подібна система (ПАК) встановлена на посту акустичного контролю на підході до станції Лоста (РЖД): розташовані уздовж парної колії датчики уловлюють звукові сигнали від підшипників букси.

Аналізуючи звуковий сигнал, електронна апаратура автоматично виявляє дефекти в буксах і класифікує їх, передаючи дані про стан колісної пари в диспетчерський центр пункту технічного огляду вагонів. Залежно

від характеру і міри розвитку виявленого дефекту оператор вирішує, відчіплювати вагон у ремонт чи ні. Система значно досконаліше приладів теплового контролю букс, що виявляють несправності за тепловим випромінюванням, буксового вузла, що вже почав руйнуватися. Адже ПАК реагує на зміни звукового фону буксового вузла задовго до появи несправностей. Цей метод діагностики виявляє як вже розвинуті пошкодження, так і дефекти, що не вимагають термінового відчеплення вагонів і оперативного

втручання ремонтників. Зіставлення даних, отриманих на двох постах акустичного контролю, допоможе простежити динаміку розвитку дефектів, спрогнозувати подальшу їх «поведінку» і обрати оптимальний час для розбирання, огляду і ремонту буксового вузла.

Іншим напрямком акустичного контролю є визначення якості верхньої будови колії. Система ARRoW (Німеччина) виявляє аварійні ділянки рейкової колії за допомогою вимірювання рівня шуму кочення коліс по рейках (рис. 3).



Рис. 3. Система ARRoW

Групою дослідників кафедри «Вагони» (УкрДАЗТ) проведено теоретичні й експериментальні дослідження процесу шумовипромінення колісної пари [2]. Були визначені основні механізми випромінювання шуму несамохідними пасажирськими вагонами:

- шум кочення;
- скрегіт (при проходженні кривих малого радіуса);

- динамічний шум (при ударній взаємодії колеса і рейки);
- шум при гальмуванні.

Крім зазначених існують додаткові складові:

- шум у тунелях (підсилює загальний шум у смугах частот 30 – 200 Гц);
- шум на мостах (підсилює загальний шум на 20 дБ);
- аеродинамічний шум (суттєвий для швидкостей руху вище 200 км/год).

Основною причиною виникнення шуму від кочення коліс по рейках є нерівності поверхонь кочення колеса і рейки. Найчастіше ці нерівності розглядають як стохастичні. Однак у випадку наявності коротких ізольованих нерівностей (повзун, вищербина, навар) стохастичні нерівності переходять у періодичні. При коченні такого колеса виникають динамічні сили, що призводить

до коливань колісних пар і елементів колії. Поверхні, що коливаються, випромінюють звукові хвилі, які утворюють сумарний звуковий тиск. Домінуючою поверхнею у процесі шумовипромінювання є колісний диск.

Дослідження процесу шумовипромінювання дозволило сформулювати схему механізму утворення звукових коливань від взаємодії колеса і рейки (рис. 4).

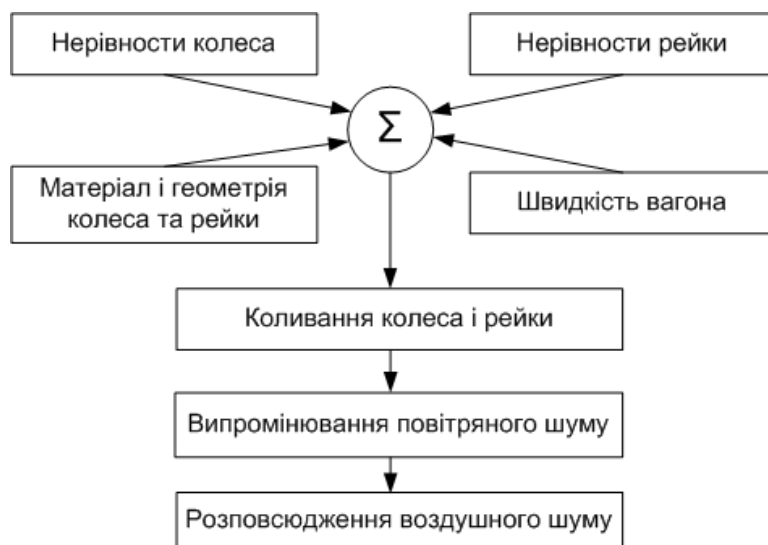


Рис. 4. Механізм утворення звукових коливань від взаємодії колеса і рейки

Висновки. У публікації розглянуто сучасні методи неруйнівного контролю ходових частин вагонів, специфіка їх застосування в наземних та бортових засобах. Визначено, що одним із поширених методів контролю ходових частин є шумодіагностичний метод, який обрано предметом дослідження. Визначено

основні механізми випромінювання шуму несамохідними пасажирськими вагонами та сформовано схему механізму утворення звукових коливань від взаємодії колеса і рейки, що в подальшому дозволить адаптувати шумодіагностичний метод для задачі виявлення коротких нерівностей колісних пар під час руху поїзда.

Список літератури

1. 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.
2. Мартинов, І.Е. Підвищення експлуатаційної надійності пасажирських вагонів на основі акустичного контролю колісних пар [Текст] / І.Е. Мартинов, В.В. Бондаренко, Д.І. Скуріхін // Вагонний парк. – 2011. – № 6 – С. 36-39.

Ключові слова: вагон, ходові частини, неруйнівний контроль, короткі нерівності, шумодіагностичний метод.

Анотації

У публікації розглянуто сучасні методи неруйнівного контролю рухомого складу та розроблено класифікаційну схему методів контролю ходових частин вагонів. Зазначено, що останнім часом на залізницях світу широке застосування знаходять акустичні системи контролю і діагностики. Визначено основні механізми випромінювання шуму пасажирськими вагонами та сформовано схему механізму утворення звукових коливань від взаємодії колеса і рейки, що в подальшому дозволить адаптувати шумодіагностичний метод для завдання виявлення коротких нерівностей колісних пар під час руху поїзда.

Зроблено висновок про доцільність використання шумодіагностичного методу для контролю технічного стану ходових частин вагонів під час руху.

В публикации рассмотрены современные методы неразрушающего контроля подвижного состава и разработана классификационная схема методов контроля ходовых частей вагонов. Указано, что в последнее время на железных дорогах мира широкое применение находят акустические системы контроля и диагностики. Определены основные механизмы излучения шума пассажирскими вагонами и сформирована схема механизма образования звуковых колебаний от взаимодействия колеса и рельса, что в дальнейшем позволит адаптировать шумодиагностический метод для задачи обнаружения коротких неровностей колесных пар во время движения поезда.

Сделан вывод о целесообразности использования шумодиагностического метода для контроля технического состояния ходовых частей вагонов во время движения.

The article deals with modern methods of nondestructive testing of rolling stock and the classification scheme developed control methods undercarriages of cars. Pointed out that in recent years on the railways of the world are widely used acoustic monitoring and diagnostics. The basic mechanism of noise emission passenger cars and formed circuit mechanism of sound vibrations from the interaction of the wheel and the rail, which in the future will adapt noise diagnostics method for the detection of short irregularities wheel set in motion a train.

The conclusion about the feasibility of using noise diagnostics method for monitoring the technical condition of cars running gears while driving.

УДК 658.516:656.2

*Канд. техн. наук А.О. Ніколаєнко,
Д.В. Варуша*

**УДОСКОНАЛЕННЯ ЯКОСТІ РЕМОНТУ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ
ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ В
АКУМУЛЯТОРНОМУ ВІДДІЛЕННІ ЛВЧД - МАРІУПОЛЬ**

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

Постановка проблеми. Акумуляторні батареї широко застосовуються на залізничному транспорті. Висока інтенсивність використання рухомого

складу, систематичне недозарядження або перезарядження, а також саморозрядження при зберіганні – все це веде до сульфатації пластин акумуляторної батареї (АК). У

результаті істотно зменшується їх ємність, збільшується внутрішній опір, що призводить до зниження струму навантаження батареї. З цих причин батареї з терміном служби менше нормативного часто знімаються з експлуатації.

Аналіз проблеми. Актуальність теми визначається гостротою проблеми зменшення собівартості ремонту та експлуатаційних витрат для пасажирських вагонів на залізничному транспорті України. Зменшення витрат залежить від технічного стану вагонів, якісного виконання технічного обслуговування та

ремонту, професійного обслуговування на шляху прямування, обсягу і характеру виконуваних робіт, режиму роботи й температура навколишнього середовища та ін.

Формування мети. Метою роботи є удосконалення якості ремонту пасажирських вагонів за рахунок впровадження автоматизації в акумуляторному відділенні ЛВЧД-Маріуполь.

Викладання основного матеріалу. Проведено аналіз виходу з ладу елементів акумуляторних батарей у пасажирському вагонному депо Маріуполь (рис. 1).

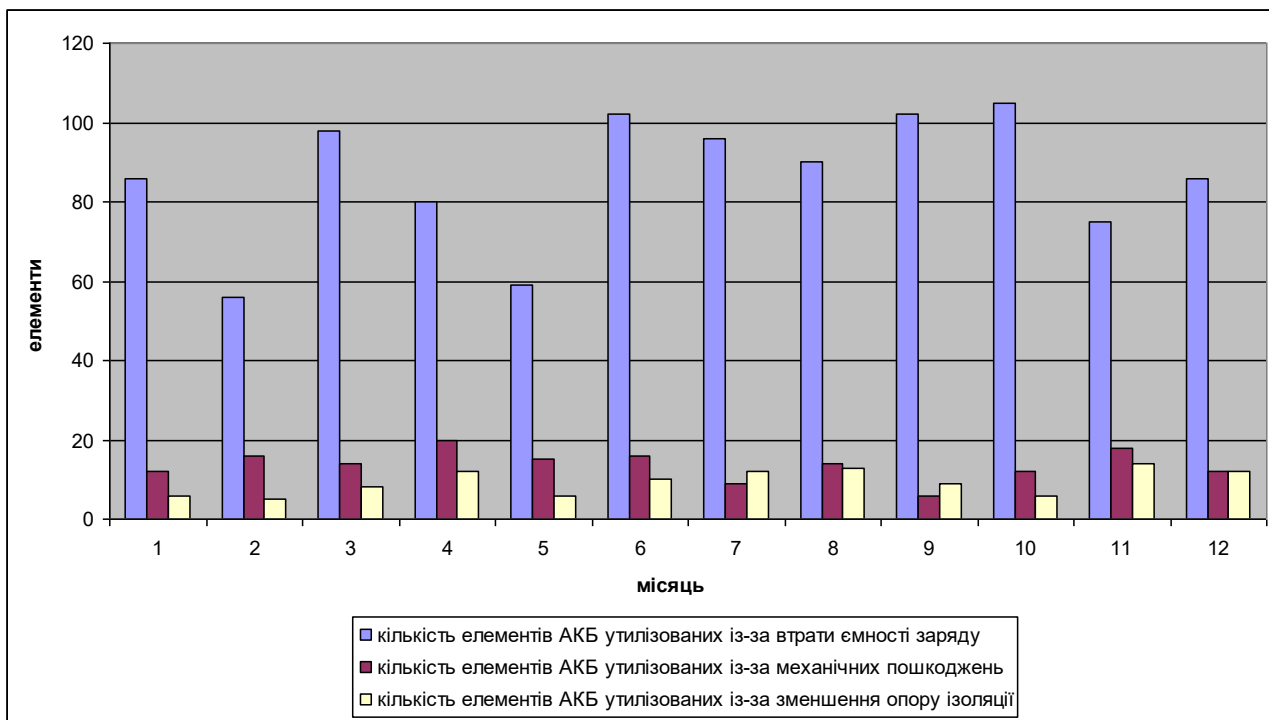


Рис. 1. Графік виходу з ладу елементів акумуляторних батарей у пасажирському вагонному депо Маріуполь за 2012 рік

Графік свідчить, що найбільша кількість утилізованих елементів акумуляторних батарей відбувається саме через втрати ємності заряду.

Експлуатація АБ з недотриманням технічних умов заряджання і розряджання часто призводить до виникнення на пластинах кристалів сульфатів, що зменшують активну поверхню пластин і

тим самим знижують його ємність, максимальний розрядний струм. Кристалізація в кислотних акумуляторах може виникнути і при тривалому зберіганні. При відстої електроліту виникає ЕРС саморозряджання за рахунок різниці потенціалів між нижнім і верхнім шарами електроліту в акумуляторному банку. У нікель-кадмієвих акумуляторах

кристалізація призводить до виникнення "ефекту пам'яті", що погіршує робочі характеристики.

Регулярність вимірювань забезпечує можливість прогнозування вироблення ресурсу АБ і планувати її заміну треба завчасно. Вважається, що за півроку опір АБ при правильній експлуатації має зростати, виходячи з терміну служби на 5 років, не більш ніж на 5-6 %. Елементи АБ, опір яких відрізняється від середнього, обчислюваного для всіх елементів, більш

ніж на 10 % піддаються тренувальному заряджанню, а якщо воно не дає потрібного ефекту, вважаються несправними і такими, що потребують ремонту.

Для визначення несправності елемента АБ обчислюють безрозмірний коефіцієнт стану акумулятора, що є показником відношення енергії, відданої акумулятором за період вимірювань, до величини енергії, відповідної середньому значенню енергії, відданої акумуляторами в АБ за період вимірювань:

$$Q_{t,n} = \frac{\sum_{i=t_1}^{t_k} ((U_i - U_{i-1}) / (U_{a_{n,i-1}} - U_{a_{n,1}}))}{\sum_{i=t_1}^{t_k} ((U_i - U_{i-1}) / (U_{s_{n,i-1}} - U_{s_{n,1}}))}, \quad (1)$$

де $Q_{t,n}$ – безрозмірний коефіцієнт стану n-го акумулятора в акумуляторній батареї за період вимірювання t у діапазоні від першого виміру t_1 до кінцевого t_k ;

U_i – напруга на акумуляторній батареї при i -му вимірюванні;

U_{i-1} – напруга на акумуляторній батареї при вимірюванні, попередньому i -му вимірюванні;

$U_{a_{n,i}}$ – напруга на n-му акумуляторі при i -му вимірюванні;

$U_{a_{n,i-1}}$ – напруга на n-му акумуляторі при вимірюванні, попередньому i -му вимірюванні;

U_{s_i} – середнє значення напруги акумуляторів в акумуляторній батареї при i -му вимірюванні.

За величиною відхилення значення безрозмірного коефіцієнта стану від 1 (одиниці) проводять безперервну оцінку технічного стану кожного з акумуляторів АБ в процесі експлуатації і відбракування несправних акумуляторів при відхиленні безрозмірного коефіцієнта більш ніж на 10 % за період вимірювань (наприклад, при контрольному циклі розряду / заряду). У таблиці наведено результати вимірювань, з інтервалом дискретизації, напруг на акумуляторах та АБ в режимі заряджання /

розряджання чотирьох акумуляторних секцій вагона № 048 25121 і приклад розрахунку безрозмірного коефіцієнта стану Q_t для кожної акумуляторної секції.

У даній таблиці перший рядок відповідає режимові буферного заряджання, тобто знаходження АБ в зарядженому стані, рядки 2-6 відповідають вимірам у режимі розряджання, рядки 7-14 відповідають вимірам у режимі знаходження АБ в розрядженому стані без навантаження, рядки 15-23 відповідають вимірам, здійсненим у режимі заряджання АБ.

Значення Q_t акумуляторів АБ на перших інтервалах дискретизації (рядки 1-3) істотно перевищують середнє значення параметрів (дорівнює 1), що викликано особливістю методу підсумовування, що характеризується високою похибкою при малій вибірці оцінюваних значень. Проте вже починаючи з третього інтервалу дискретизації, тобто при проведенні 4 вимірювання, здійснюваного в наведеному прикладі через 3 хвилини, значення Q_t стабілізуються і дають об'єктивне уявлення про працездатність акумуляторів, що говорить про високу надійність даного методу контролю якості акумуляторів в АБ.

Результати вимірювань АБ вагону № 048 25121

№	Напруга на n-й акумуляторної секції				Напруга на АБ	Середня напруга	Коефіцієнт стану			
	U _{a1}	U _{a2}	U _{a3}	U _{a3}			U	U _s	Q _{t1}	Q _{t2}
1	13,257	13,355	13,390	13,574	53,576	13,394				
2	13,257	13,359	13,390	13,574	53,580	13,395	0,00	4,00	0,00	0,00
3	12,847	11,609	13,101	13,253	50,810	12,703	0,59	2,53	0,42	0,46
4	12,011	9,832	12,421	12,503	46,767	11,692	0,75	2,00	0,59	0,65
5	11,285	9,941	12,402	12,480	46,108	11,527	0,82	1,96	0,58	0,64
6	10,429	10,031	12,398	12,468	45,326	11,332	0,90	1,90	0,57	0,63
7	9,960	10,085	12,406	12,476	44,927	11,232	0,93	1,88	0,56	0,63
8	10,066	10,125	12,410	12,484	45,085	11,271	0,93	1,88	0,56	0,62
9	10,125	10,175	12,417	12,492	45,209	11,302	0,93	1,88	0,56	0,62
10	10,156	10,207	12,425	12,500	45,288	11,322	0,93	1,88	0,56	0,62
11	10,171	10,234	12,429	12,503	45,337	11,334	0,93	1,88	0,56	0,62
12	10,179	10,238	12,429	12,500	45,346	11,337	0,93	1,88	0,56	0,62
13	10,183	10,277	12,433	12,511	45,404	11,351	0,93	1,88	0,56	0,62
14	10,183	10,269	12,433	12,503	45,388	11,347	0,93	1,88	0,56	0,62
15	13,246	12,355	13,347	13,367	52,315	13,079	1,48	1,44	0,54	0,54
16	13,226	13,457	13,457	13,542	53,682	13,421	1,44	1,48	0,53	0,54
17	13,160	13,394	13,488	13,605	53,647	13,412	1,44	1,48	0,53	0,54
18	13,136	13,378	13,507	13,632	53,653	13,413	1,44	1,48	0,53	0,54
19	13,128	13,367	13,515	13,648	53,658	13,415	1,44	1,48	0,53	0,54
20	13,128	13,359	13,519	13,648	53,654	13,414	1,44	1,48	0,53	0,54
21	13,128	13,355	13,519	13,652	53,654	13,414	1,44	1,48	0,53	0,54
22	13,132	13,351	13,523	13,656	53,662	13,416	1,44	1,48	0,53	0,54
23	13,136	13,347	13,527	13,652	53,662	13,416	1,44	1,48	0,53	0,54

Один з варіантів вирішення завдання подовження терміну служби АБ – використання регенеративного заряджання, при якому періоди заряджання батареї поєднуються з періодами її розряджання і наступного примусового розряджання після повного заряджання. До початку заряджання батареї перевіряють цілісність конструктивних елементів, ступінь розрядженого, чистоту і щільність електроліту, залишкову ємність, початковий внутрішній опір. На підставі тестування встановлюється можливість регенерації АБ та її режими.

На початку процесу регенерації заряджання здійснюють постійним струмом, значення якого не має

перевищувати 10 % номінальної ємності батареї. Після досягнення номінального значення ємності батарею переводять у режим заряджання з короткочасними паузами вимкнення. Дослідним шляхом встановлено, що для сприятливого протікання електрохімічних і фізичних процесів заряджання АБ тривалість імпульсів струму повинна становити 150-600 мс, а тривалість пауз – 2-6 с. До досягнення нормованого значення температури електроліту використовують збільшену амплітуду імпульсів струму, після чого амплітуду стабілізують до кінця заряджання. Процес заряджання припиняють після закінчення його нормованого часу, коли в батареї

починається бурхливе газовиділення. Після цього її розряджають струмом, що не перевищує 5% номінальної ємності батареї. Процес розрядження припиняють при зниженні напруги батареї до граничного нижнього значення, яке для кислотних АБ становить 1,7 В на один акумулятор. Якщо в процесі розрядження батарея віддала в навантаження менше 80% номінальної ємності, то після корекції щільності електроліту цикл регенерації повторюють.

Ефект відновлення батарей регенеративним зарядженням обумовлений складними процесами, що протікають в електроліті і на електродах батареї. Зокрема є підстави вважати, що ефективність регенерації кислотних АБ будуються імпульсами струму, що обумовлене виникаючою мікрокавітацією і збігом частоти імпульсів струму з власною частотою частинок сульфату свинцю. Це веде до того, що кристали сульфату свинцю дробляться і вибиваються з активної маси пластин, розчиняючись в електроліті; внаслідок цього електрод повністю очищується від них, а ємність

акумуляторної батареї відновлюється практично до номінального значення.

У лужних АБ у результаті збігу імпульсів з частотою коливання молекул кристалічної решітки відбувається дроблення зерна електрода і насичення його вільними електронами.

Основною відмінною рисою зарядної установки є забезпечення підвищеного значення струму імпульсного режиму зарядження, контроль і стабілізація струмів і температури електроліту на нормованому рівні на основі відповідного програмного забезпечення.

Оскільки при регенерації процеси зарядження і розрядження акумуляторної батареї тривалі (тільки один цикл зарядження / розрядження може тривати до 30 год), зарядна установка повинна бути максимально автоматизованою, з ланцюгами зворотних зв'язків по основних контрольованих параметрах. На рис. 2 наведено тимчасові діаграми струмів зарядження АБ: тривалого постійного 10-годинного режиму зарядження (1) з амплітудою I_{10} та імпульсного режиму зарядження з амплітудою I_m (2).

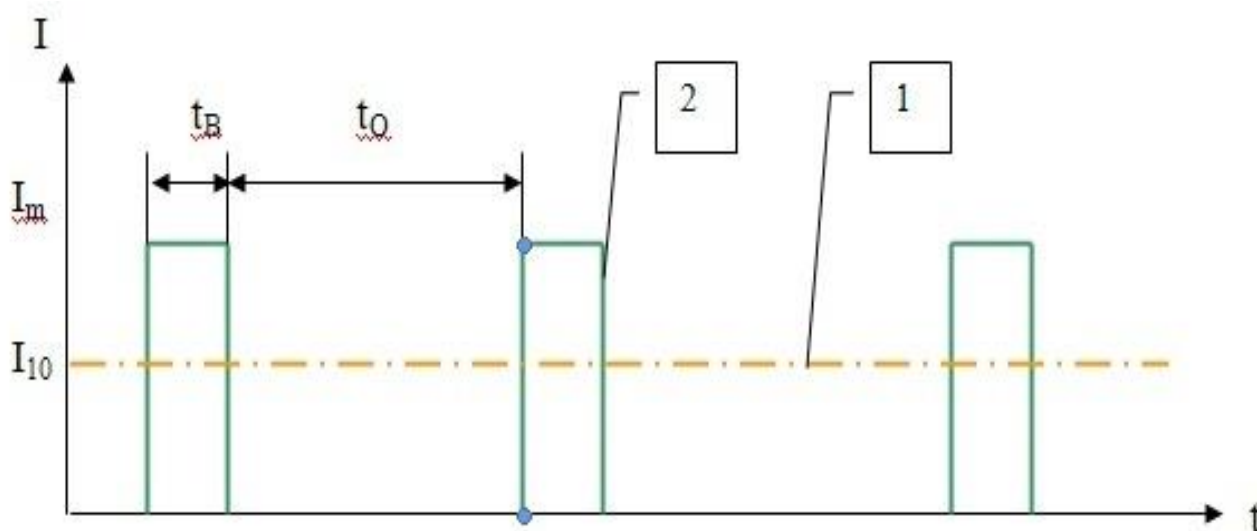


Рис. 2. Часові діаграми постійного та імпульсного струмів зарядження акумуляторної батареї

На підставі зазначеного вище доцільно впровадити у ЛВЧД – Маріуполь обладнання, розроблене ТОВ "МКТ Груп". Воно не вимагає багато місця: для самої установки (маса 300 кг) досить 1 м²; для автоматичного розрядного пристрою (маса 30 кг) – вдвічі менше; і місце для оператора. Необхідним є електроживлення промислове 380 В і звичайне 220 В. Батареї відновлюють на місці їх експлуатації (у депо) при проведенні планових ремонтів вагонів. Тому відновлювальні роботи не впливають на терміни проведення ремонтів, але сприяють значному зниженню відмов системи електроживлення пасажирських вагонів з вини батарей. Процес подовження терміну служби батареї займає від трьох днів до тижня і залежить від типу АБ і її стану на момент прийняття в роботу. При цьому енерговитрати в кілька разів менше, ніж

при звичайному методі заряджання/розряджання. До того ж не відбувається зливання електроліту (немає шкоди екології), батареї не розбираються (не порушується заводська упаковка), не додаються присадки в електроліт.

Висновок. Виходячи з аналізу виходу з ладу елементів акумуляторних батарей у пасажирському вагонному депо Маріуполь, на основі результатів вимірювань АБ у даному депо зроблено висновок про доцільність впровадження пристрою для подовження їх терміну служби. Даний пристрій дозволить удосконалити якість ремонту пасажирських вагонів за рахунок впровадження автоматизації в акумуляторному відділенні, а саме відсутність необхідного контролю за режимами заряджання/розряджання, температурою та якістю відновлення АБ.

Список літератури

1. Орлов, С.Б. Развитие рынков источников тока новых электрохимических систем [Текст] / С.Б. Орлов // Компоненты и технологии. – М., 2007. – 58 с.
2. Профатилова, И.А. Проблемы безопасности кислотно-щелочных аккумуляторов. [Текст] / И.А. Профатилова, В.А. Тарнопольский // Мат. конф. «Автономная энергетика: прошлое, настоящее и будущее». – М., 2009. – 168 с.
3. Коровин, Н.В. Химические источники тока [Текст]: справочник / Н.В. Коровин, А.М. Скундин // — М.: Изд-во МЭИ, 2003. – С. 26-28.
4. Коган, Ф.Л. Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования [Текст] / Ф.Л. Коган. – М.: ЗАО "Энергосервис", 2001. – 496 с.

Ключові слова: акумуляторна батарея, вагон, прогнозування, регенерація, якість, автоматизація.

Анотації

Запропоновано метод удосконалення якості ремонту пасажирських вагонів за рахунок впровадження автоматизації в акумуляторному відділенні ЛВЧД-Маріуполь для зменшення вартості ремонту вагонів за рахунок збільшення строку експлуатації акумуляторних батарей пасажирських вагонів.

Предложен метод совершенствования качества ремонта пассажирских вагонов за счет внедрения автоматизации в аккумуляторных отделениях ЛВЧД - Мариуполь для уменьшения стоимости ремонта вагонов за счет увеличения эксплуатационного срока аккумуляторных батарей пассажирских вагонов.

The proposed method improve the quality of passenger cars by introducing automation in akkumulyatornom department VCHD-Mariupol to reduce the cost of repairing cars by increasing operational timing batteries coaches.

УДК 629.4.027

*Д-р техн. наук І.Е. Мартинов,
канд. техн. наук А.В. Труфанова,
асп. В.О. Юдін,
С.В. Васильєв*

ДО ПИТАННЯ ЗМЕНШЕННЯ ОПОРУ БУКСОВИХ ПІДШИПНИКІВ

Постановка проблеми в загальному вигляді, її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Залізничний транспорт є однією з найважливіших галузей народного господарства України. За даними Державної служби статистики України, за останні 5 років частка перевезень вантажів, що припадають на залізничний транспорт, зросла на 3,3% і станом на грудень 2012 року становила 59,2% загального вантажообігу всіх видів транспорту.

Це підтверджує, що саме залізничний транспорт залишається лідируючою ланкою у внутрішньому вантажообігу держави.

Одним з методів підвищення конкурентоспроможності залізниць у конкуренції з різними видами транспорту є зменшення собівартості перевезень.

Значну частку в собівартості займають витрати на оплату спожитої електричної енергії на технологічні потреби для забезпечення перевезень. Значна кількість енергії на залізничному транспорті припадає на забезпечення роботи станцій, освітлення, опалення тощо, але найбільші витрати йдуть на тягу поїздів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Досліджуючи роботу і витрати енергії поїздом у цілому, можна сказати,

що в процесі руху на поїзд (як на механічну систему) діють різні зовнішні і внутрішні сили. Зовнішні представлені силою тяги F_k – від локомотива, гальмівною силою B_T – при включенні гальм і силою опору руху W , до яких відносять інші зовнішні сили.

Слід зазначити, що у всіх режимах руху поїзда режим тяги, режим гальмування чи вибігу, сили опору руху поїзда діють постійно, тому перед фахівцями залізничного транспорту стоїть завдання зменшення впливу даних сил. Витрати на тягу поїздів значною мірою залежать від якості підшипників, що використовуються в буксах вагонів.

Метою дослідження є визначення основних факторів, що впливають на опір, що виникає в буксових підшипниках.

Основна частина. Заміна буксових підшипників ковзання на підшипники кочення потребувала проведення ряду експериментальних і теоретичних досліджень.

У вагонах, оснащених підшипниками ковзання, при відносно малих швидкостях руху між підшипниками і шийкою осі не виникає надійного шару змащення, рідинне тертя переходить у напіврідинне і навіть напівсухе [6]. Крім того, підживлення змащенням частин, що труться о поверхні

шийки і підшипника, було далеким від досконалості.

Слабка герметичність букс з підшипниками ковзання призводила до забруднення змащення механічними домішками, що вели до нагріву букси та значних втрат енергії на тертя [1].

Н.Д. Єршков теоретично обґрунтував необхідність переведення рухомого складу на роликові підшипники і довів, що зменшення опору руху, що виникає в буксових підшипниках, приносить суттєвий економічний ефект [4].

Для визначення величини опору руху в підшипниках було проведено ряд експериментальних досліджень. Визначено, що існує декілька способів визначення опору руху вагонів: динамометричний метод і метод скатування.

Результати експериментальних досліджень наведені в роботі [9]. Дослідні підшипники були встановлені на шийці осей діаметром 135 мм і експлуатувались у візках МТ-50. Випробовування проводились влітку 1955 р. на дільниці Інська – Татарська з метою визначення питомих опорів для дослідних потягів, складених із спеціально підібраних піввагонів. Результати порівнювалися з підшипниками ковзання. Встановлено, що опір руху був найменший у вагонах, обладнаних циліндричними роликовими підшипниками ЦКБ-561 та ЦКБ-562: на швидкості 50 км/год порівняно з підшипниками ковзання був менший на 8,3 %.

Також під час цих випробувань визначили необхідну кількість мастила, яку потрібно закладати в буксовий вузол, і була визначена залежність питомого опору руху від температури зовнішнього середовища.

Після розроблення нових циліндричних підшипників зі зменшеними габаритними розмірами ЦКБ-1521, ЦКБ-1522 (у сучасному варіанті 42726 та 232726) випробовування виконувалися на дільниці Інська – Омськ, всі вагони були на візках ЦНП-ХЗ. Різниця опору в повністю завантажених дослідних вагонів і вагонів із

підшипниками кочення при однакових умовах на швидкостях від 20 до 90 км/год знижується відповідно від 25 до 17,5 %. Додатково було визначено вплив стану колії на опір руху з використанням вимірювача прискорень. Встановлено, що стан колії значно впливає на опір руху, а отже, утримання колії в належному стані є важливим засобом для зменшення опору руху.

У статтях [2, 3] наведено результати експериментальних досліджень з визначення моменту опору обертання циліндричних роликових підшипників. Там же визначено, що поява осьових сил істотно підвищує момент опору.

Подібні дослідження [5], проведені в Ростовському інституті інженерів залізничного транспорту, підтвердили переважаючий вплив осьових сил на величину моменту опору.

Суттєві теоретичні дослідження були проведені фахівцями Всесоюзного заочного інституту інженерів залізничного транспорту під керівництвом О.М. Філатової. Вони намагалися підвищити ефективність функціонування циліндричних роликових підшипників шляхом оптимізації контакту торців роликів з бортами кілець з метою забезпечення сприятливого гідродинамічного режиму змащення поверхонь, що труться. Для вирішення даного завдання [7, 8] пропонувалось використовувати ролики з закругленими торцями. Автори розглядали різні форми закруглених торців роликів, визначалися радіуси їх закруглень для забезпечення якнайкращих умов змащування і мінімізації тертя в контактні ролик-борт.

Таким чином, на підставі експериментальних і теоретичних досліджень [10] встановлено сукупність факторів, що обумовлюють тертя в роликовому підшипнику. Згідно з сучасними уявленнями момент тертя роликового підшипника є функцією навантаження, частоти обертання, параметрів і способу змащення, конструкції

підшипника, якості його робочих поверхонь, якості монтажу підшипника, теплового режиму підшипникового вузла.

Джерела втрат у роликовому підшипнику можна умовно розділити на дві групи: до першої належать втрати, пов'язані з зіткненням деталей підшипника в процесі його роботи, до другої – втрати, пов'язані з опором мастила, що знаходиться у внутрішній порожнині підшипника.

У першій групі основними є тертя на доріжках кочення і тертя в контактах торців з опорним бортиком внутрішнього кільця. Тертя в контактах роликів з сепаратором, як правило, мале, проте при серйозних порушеннях технології виготовлення сепаратора, складання і монтажу підшипників може виявитися значним.

Тертя на доріжках кочення має місце при всіх режимах його роботи і збільшується зі збільшенням діючого на підшипник навантаження. Встановлено, що тертя на доріжках кочення пропорційно сумі довжин всіх лінійних контактів у підшипнику.

Величина тертя в контакті торця ролика з опорним бортиком внутрішнього кільця залежить від конструкції торцевого упору і від режиму змащення в контакті. При гідродинамічному режимі змащення вона не перевищує 15 % сумарних втрат у підшипнику. При низьких, а також надвисоких частотах обертання втрати різко зростають, внаслідок того, що контакт працює в умовах змішаного або граничного тертя. При невисоких швидкостях обертання переважає тертя в контакті «ролик-бортик».

До другої групи належать втрати на бокових поверхнях сепаратора, які при

достатньо великій кількості мастила в порожнині підшипника мають місце при всіх режимах роботи і зростають пропорційно частоті обертання.

Крім зазначених факторів на момент тертя конічного роликового підшипника істотно впливають (у бік збільшення) похибки виготовлення (розбіжність полюсів, дефекти робочих поверхонь, значний дисбаланс сепаратора та ін.), монтажу (неспіввісності, перекося, неправильний вибір натягу та ін.) і мастила (неправильно вибране мастило, сторонні домішки в мастилi та ін.).

Якщо виключити джерела втрат, які проявляються в екстремальних режимах роботи, то момент тертя підшипника загального застосування умовно можна подати з таких складових:

$$M = M_k + M_b + M_c + M_t,$$

де M_k – момент тертя, що виникає в контактах роликів з доріжками кочення кільця;

M_b – момент тертя, що виникає в контактах торців роликів з опорним бортом внутрішнього (зовнішнього) кільця;

M_c – момент опору сепаратора;

M_t – додатковий момент опору, що є наслідком технологічних та експлуатаційних похибок.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Впровадження нових, сучасних типів підшипників дозволить не тільки вирішити це завдання, а ще і збільшити міжремонтні пробіги вагонів та осьове навантаження.

Список літератури

1. Бредихин, Н.А. Трение в буксах подвижного состава [Текст] / Н.А. Бредихин // Труды МИИТа им. Ф.Э. Дзержинского. – М.: Гострансиздат, 1932. – Вып. XXVII. – С. 4-69.
2. Бруско, Б.Т. Исследование потерь на трение в железнодорожных буксовых подшипниках [Текст] / Б.Т. Бруско // Труды ВНИИПП. – М.: Специнформцентр. – 1960. – Вып. 137. – С. 79-107.

3. Гайдамака, А.В. Влияние эксцентриситета приложения осевой нагрузки при комбинированном нагружении подшипника на сопротивление его вращению [Текст] / А.В. Гайдамака // Межвуз. сб. науч. трудов. – Харьков: ХИИТ, 1987. – Вып. 3. – С. 18-20.
4. Ершков, Н.Д. Техничко-экономическая эффективность перевода грузовых вагонов на роликовые подшипники [Текст] / Н.Д. Ершков // Вопросы перевода подвижного состава на роликовые подшипники. Труды ВНИИЖТ. – М.: Транспорт, 1961. – Вып. 221. – С. 46-55.
5. Малоземов, Н.А. Экспериментальное исследование моментов трения в буксовых подшипниках качения при осевом нагружении [Текст] / Н.А. Малоземов, О.П. Вендровский // Межвуз. темат. сб. – Ростов-на-Дону: РИИЖТ, 1982. – №167. – С. 34-38.
6. Осипов, С.И. Основы тяги поездов [Текст]: учеб. для студ. колледжей и техникумов ж.д. трансп. / С.И. Осипов, С.С. Осипов. – М.: УМК МПС России, 2000. – 592 с.
7. Филатова, Е.М. Момент сопротивления вращению цилиндрического роликового подшипника при комбинированной нагрузке [Текст] / Е.М. Филатова, В.С. Мартынов // Межвуз. темат. сб. – Ростов-на-Дону: РИИЖТ, 1977. – Вып. 140. – С. 66-74.
8. Филатова, Е.М. Сравнительная оценка сопротивления вращению цилиндрического роликового подшипника при плоском и выпуклом контактах "ролик-борт" [Текст] / Е.М. Филатова, В.С. Мартынов // Сб. науч. трудов. – М.: ВЗИИТ, 1978. – Вып. 97. – С. 72-84.
9. Шаронин, В.С. Исследование сопротивления движению грузовых и пассажирских вагонов на роликовых подшипниках [Текст] / В.С. Шаронин, Ю.М. Проскурина, В.Е. Пини // Вопросы перевода подвижного состава на роликовые подшипники. Труды ВНИИЖТ. – М.: Транспорт, 1961. – Вып. 221. – С. 25-45.
10. Witte Dwight C. Operating torque of tapered roller bearings [Текст] ASLE Trans, 16, №1, 1973.

Ключові слова: буксовий вузол, підшипник, надійність, ресурсозберігаючі технології, питомий опір.

Анотації

Розглянуто основні фактори, що впливають на питомий опір підшипників буксових вузлів. Проведено аналіз праць, присвячених випробуванням і дослідженням питомого опору руху вагонів, обладнаних роликовими підшипниками.

Рассмотрены основные факторы, влияющие на удельное сопротивление подшипников буксовых узлов. Проведен анализ трудов, посвященных испытаниям и исследованию удельного сопротивления движению вагонов, оборудованных роликовыми подшипниками.

Considered the main factors that influence on the resistivity of bearings axle boxes. Made the analysis of the works devoted to testing and research resistance to movement of cars equipped with roller bearings.

УДК 629.45/46.075

*Канд. техн. наук А.П. Горбенко,
І.І. Кірімов*

КОНСТРУКЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ВАГОНА З ПІДВИЩЕНИМ РІВНЕМ БЕЗПЕКИ ПАСАЖИРІВ

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

Підвищення швидкостей руху пасажирських поїздів до 160-200 км/год внесе на залізниці України якісно новий технічний рівень. Вагони нового покоління швидкісних поїздів повинні повною мірою відповідати міжнародним вимогам як за технічними параметрами, так і за показниками комфорту та безпеки пасажирів. Одне з актуальних завдань, вирішення якого визначає конкурентоспроможність залізничного транспорту на ринку транспортних послуг, – досягнення безпечних перевезень пасажирів.

Як свідчить аналіз аварійних ситуацій, найбільш важкі наслідки виникають при зіткненні вагонів внаслідок наїзду поїзда на перешкоду (частіше транспортні засоби), сходу з рейок одного чи групи пасажирських вагонів. У результаті виникають ударні потужні динамічні навантаження, що призводять до надмірного деформованого стану і навіть зруйнування пасажирського салону кузова.

Щоб підвищити протидію таким наднормативним ударним силам при аварійних ситуаціях, раніше була прийнята технічна концепція максимального збільшення жорсткості кузова. Нормами [2] також передбачені додаткові вимоги до конструкції кузова. Зокрема сума моментів опору стояків кінцевої частини кузова, включаючи і стояки тамбурної перегородки, повинна бути не менше $1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$. У торцевій стіні вагона повинні бути поставлені два головних стояка з моментом опору не менше $0,35 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ кожний. Збільшення загальної жорсткості

кузова та несучих стояків у кінцевих його частинах певною мірою підвищує безпеку пасажирів, збільшує частоти власних вертикальних згинальних коливань вагона, проте збільшується і тара вагона.

Досвід США і країн ЄС, проведені дослідження [3], [4], [5] показують, що для підвищення рівня безпеки пасажирів є більш ефективний підхід. Він полягає в обладнанні вагона пристроями пасивного захисту від аварійних зіткнень. При цьому «заохочується» деформація спеціально створених для захисту вагона так званих жертвених зон. Їх основна функція – це сприйняти при зіткненні удар на себе, поглинаючи кінетичну енергію і тим самим перешкоджаючи зруйнуванню конструкції вагона. Зона зруйнування навмисне приноситься в «жертву», щоб захистити пасажирський салон і забезпечити захист пасажирів. Тому для високої енергоємності жертвенної зони використовується метал з відносно малою величиною модуля пружності.

Різновиди конструкцій жертвених елементів і місць їх розташування показані на рис. 1-3. Зокрема на рис. 1 зображена модернізована рама пасажирського вагона з типовим автозчипним пристроєм залізниць України та країн СНД. При дії аварійного ударного навантаження послідовно утоплюються автозчеп і буфери. Поглинальні апарати закриваються, і збиткова (не поглинута апаратами) великої величини кінетична енергія передавалась би на конструкцію вагона і пасажирів. А завдяки наявності жертвених пристроїв у

вигляді блоків сотових елементів 1 ця збиткова енергія удару поглинається шляхом пластичної деформації і зруйнування їх. Блоки розташовані по одному за кожним буфером. Зруйнування

блоків 1 дозволяє, у кращому випадку, залишити недоторканою чи частково (при великих ударах) навантаженою пасажирську зону.

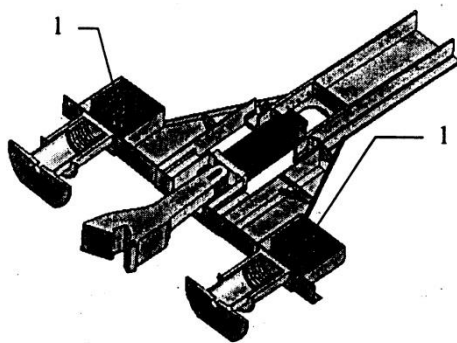


Рис. 1. Модернізована рама пасажирського вагона

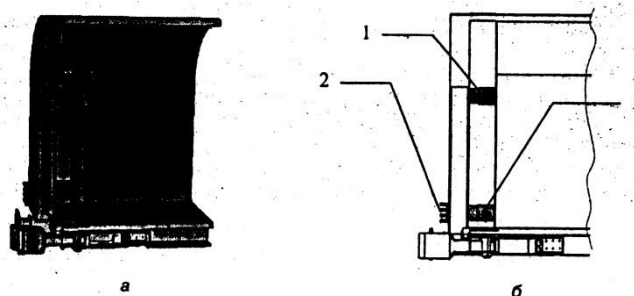


Рис. 2. Кузов вагона, торцеві частини якого містять жертвенні зони

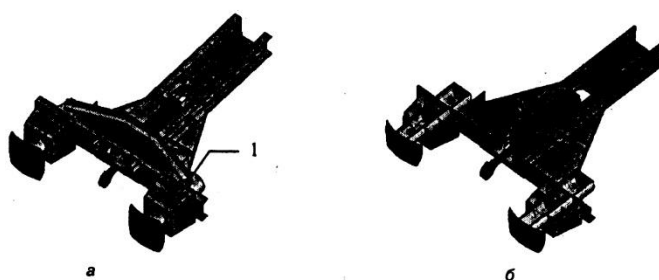


Рис. 3. Рама вагона, буфери якої обладнані жертвенними елементами у вигляді зрізаної піраміди

На рис. 2, а показана торцева частина кузова, обладнана пристроями пасивного захисту. Як видно на схемі (рис. 2, б), тут наявні жертвенні елементи 1 та протиїдйомні пристрої 2 у вигляді

рифлених металевих пластин. Останні призначені для запобігання вертикальних зміщень одного вагона відносно другого. При аварійному зіткненні автотцепи та буфери стискаються і переміщуються

всередину вагона, протипідйомні пристрої змикаються і забезпечують взаємодію вагонів лише в поздовжньому напрямку та деформацію жертвених елементів 1. У цьому випадку кінетична енергія удару поглинається шляхом зруйнування жертвених зон у певній послідовності за довжиною поїзда.

У поїздах постійного формування доцільно обладнати пасажирські вагони роздільними полегшеними тягово-зчіпними та ударними приборами (рис. 3, б). При такому технічному рішенні ударні стискаючі зусилля сприймаються енергоємними буферами, обладнаними жертвеними елементами у вигляді зрізаної піраміди.

Ефективність рекомендованих пристроїв пасивного захисту пасажирського вагона найбільш достовірно оцінюється за результатами проведених динамічних (при співударі) випробувань. Об'єктом випробувань є натурний зразок вагона, обладнаний жертвеними елементами. До випробувань на співудар допускаються вагони, що мають достатню міцність за результатами розрахунків і попередніх статичних випробувань.

Співудар здійснюється на спеціальному стенді в підпертому стані дослідного вагона. Допускається проводити випробування на залізничних коліях з використанням маневрового локомотива, вагона-бойка і підпору. Маса вагона-бойка в межах (60 ± 2) т. Засоби вимірювальної техніки повинні забезпечувати реєстрацію дослідних динамічних процесів у діапазоні частот до 40 Гц. Під час дії наднормативних аварійних ударних навантажень за вибраним сценарієм (програмою) випробувань визначаються показники:

- динамічні напруження в елементах вагона;
- сила удару в автозчеп;
- характерні пошкодження або руйнування конструкції.

За результатами аналізу наслідків співударів вагонів із наднормативними ударними силами робиться висновок щодо міцності і надійності конструкції вагона в позаштатних ситуаціях. При співударі вагонів наднормативною силою не допускається зруйнування пасажирських диванів, крісел, перегородок, внутрішнього устаткування; зруйнування несучих елементів у пасажирських зонах кузова, що створюють небезпеку для пасажирів та обслуговуючого персоналу; порушення конструкцій зв'язків візків, автозчепів і гальмівних пристроїв з кузовом вагона.

Для попереднього теоретичного дослідження динамічного навантаження конструкцій локомотива і пасажирських вагонів, виникаючого в аварійних ситуаціях, які характеризуються наїздом поїзда на нерухому перешкоду, необхідно вирішити складне з багатоваріантними вхідними даними та вихідними параметрами завдання. Тому необхідно вибрати адекватну математичну модель руху поїзда. Модель, за допомогою якої визначаються вертикальні і поздовжні переміщення та прискорення кузовів, візків екіпажів поїзда, розглянута в роботах [4, 5].

У випадку оцінки поздовжньої динаміки поїзда може бути використана одномірна розрахункова комп'ютерна модель поїзда. У ній локомотив і вагони представлені ланцюгом твердих тіл, з'єднаних між собою нелінійними елементами, що деформуються. Тоді рівняння руху поїзда, що записані у формі Коші, мають вигляд

$$\overset{\square}{V} = \frac{S_i - S_{i+1} + F_i}{m_i}; \quad \overset{\square}{x} = V_i \quad (i=1, 2, \dots, n), \quad (1)$$

де S_i, S_{i+1} – поздовжні зусилля в міжвагонних з'єднаннях i -го вагона;

F_i – зовнішня сила, що діє на i -й екіпаж;

m_i – маса i -го екіпажу;

V – швидкість руху i -го екіпажу.

Система рівнянь (1) розв'язується методами числового інтегрування. При цьому початкові умови треба прийняти такі:

$$V_i(0) = V_{i0}; x_i(0) = x_{i0}; x_1(0) = x_{10}.$$

Дослідження проведено для одного з поїздів, що зіштовхується з нерухомою опорою, маса якої змінюється в межах 5, 10, 50 і 100 т. Швидкість руху 10, 20, 30, 40, 50 і 60 км/год. В якості критерію безпеки пасажирів вибрана умова неперевищення прискореннями, діючими на пасажирів при аварійних режимах, граничної величини 3g.

Розподілення максимальних поздовжніх прискорень по довжині поїзда при співударі з перешкодою масою 100 т і різними швидкостями руху поїзда показано на графіках на рис. 4, 5.

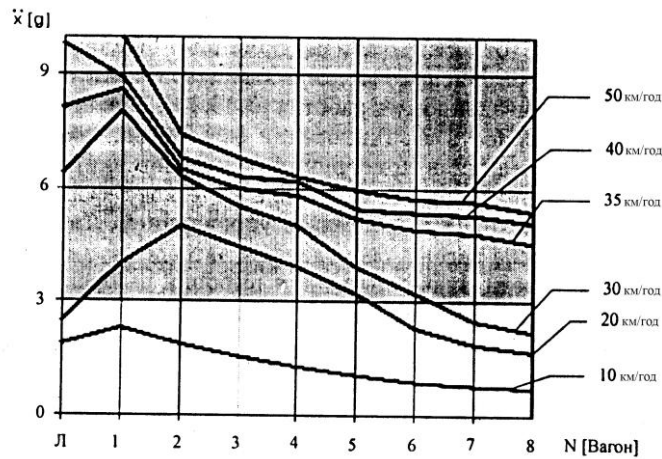


Рис. 4. Розподілення максимальних прискорень за довжиною поїзда при співударі з перешкодою масою 100 т (лише автозчепи СА-3)

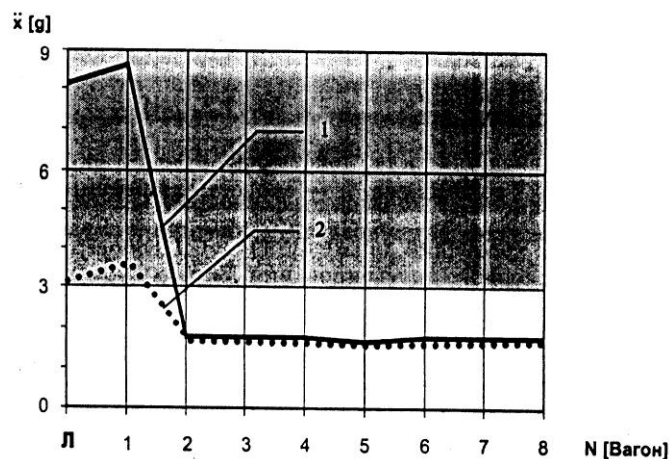


Рис. 5. Розподілення максимальних прискорень за довжиною поїзда при співударі з перешкодою масою 100 т (засоби пасивного захисту)

Із графіків на рис. 4 видно, що при зазначених умовах при швидкості співудару близько 15 км/год потрібно локомотив і вагони оснащати пасивними пристроями захисту.

Характер графічних залежностей, наведених на рис. 5, свідчить про ефективність обладнання жертвеними

елементами як локомотива, так і вагонів поїзда.

Безумовно, актуальність проведення технічних заходів щодо підвищення безпеки перевезень пасажирів не викликає сумніву. Тому потребується розроблення відповідних галузевих стандартів України з питань захисту пасажирів у випадках аварійних зіткнень рухомого складу.

Список літератури

1. Конструирование и расчет вагонов [Текст]: учебник / В.В. Лукин, П.С. Анисимов, В.Н. Котуранов и др., под. ред. П.С. Анисимова. – М.: ФГОУ, 2011. – 687 с.
2. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизированных вагонов железных дорог колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст]. – М.: ГосНИИВ, ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.
3. Беляев, В.И. Обеспечение безопасности пассажиров поезда постоянного формирования при аварийных соударениях [Текст] / В.И. Беляев, Ю.М. Черкашин, Ю.Н. Койчев // Вестник ВНИИЖТ. – 2000. – № 4. – С. 13-17.
4. Богомаз, Г.И. Повышение безопасности пассажирского поезда при аварийных ситуациях [Текст] / Г.И. Богомаз, А.Д. Лашко, А.Н. Пшинько и др. // Залізничний транспорт України. – 2007. – № 4. – С. 44-48.
5. Блохин, Е.П. Моделирование движения поезда в аварийных ситуациях [Текст] / Е.П. Блохин, А.Н. Пшинько, С.В. Мямлин и др. // Залізничний транспорт України. – 2005. – № 2. – С. 16-18.

Ключові слова: пасажирський вагон, кінцева частина вагона, співудар, аварійне зіткнення, безпека пасажирів, пристрої пасивного захисту, жертвенні елементи, буфери, автозчеп.

Анотації

Розглянуто актуальне питання забезпечення безпеки пасажирських перевезень. Вказано можливі технічні пристрої пасивного захисту пасажирів при аварійному зіткненні поїзда з нерухомою перешкодою. Наведено методику експериментального випробування модернізованого пасажирського вагона та математичну модель руху пасажирського поїзда.

Рассмотрен актуальный вопрос обеспечения безопасности пассажирских перевозок. Указаны возможные технические устройства пассивной защиты пассажиров при аварийном столкновении поезда с неподвижным препятствием. Приведены методика экспериментального испытания модернизированного пассажирского вагона и математическая модель движения пассажирского поезда.

As a main question authors describe the safety of passenger operation. The possible technical facilities of passive passenger-protection system were estimated in case of accident train collision. The methodology of experimental researches of rebuild carriage together with mathematical model of passenger train traffic was proposed in the article.

УДК 629.45.001.42

*Канд. техн. наук І.Д. Борзилов,
О.І. Лапатін,
канд. техн. наук О.С. Крашенінін*

ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДОВИХ ЩОДО АНАЛІТИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

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

Постановка проблеми. Надійна робота пасажирських вагонів в експлуатації забезпечується, у першу чергу, за рахунок науково обґрунтованого і економічно виправданого терміну їх служби. Залежно від терміну служби відбувається погіршення технічного стану пасажирських вагонів і знижується їх експлуатаційна надійність. Встановлений нормативний термін експлуатації пасажирських вагонів (28 років) не є граничним у сучасних економічних умовах залізниць. Через брак коштів для закупівлі нових вагонів терміни експлуатації вагонів постійно подовжуються. Разом з тим саме економічна складова на підставі низки технічних чинників дозволяє встановити оптимальні терміни експлуатації пасажирських вагонів. Економічний вплив на необґрунтований термін експлуатації обумовлюється прогресуючим збільшенням додаткових витрат і втрат прибутків вкладених коштів на одиницю роботи пасажирського вагона по мірі його старіння. Якщо б не була первісна вартість вагона й експлуатаційні витрати на його використання, а також втрати прибутків від інших можливостей використання вкладених коштів, пасажирський вагон повинен експлуатуватися доти, поки питомі витрати й втрати на одиницю виконаної роботи не досягнуть мінімального значення. Тому проблема дослідження складових аналітичного розрахунку терміну експлуатації пасажирських вагонів є на цей час актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми експлуатації пасажирських вагонів, у яких у результаті певної деградації властивостей розвиваються процеси старіння, що призводять до зниження міцності елементів конструкції та впливають на терміни їх служби, досліджувалися в роботах [1-3].

Однак слід зазначити, що на сьогодні ще не повністю досліджені складові аналітичного розрахунку терміну експлуатації пасажирських вагонів, хоча стосовно тягового рухомого складу такі публікації існують [4-5].

Постановка завдань. Метою даної статті є дослідження складових щодо аналітичного визначення терміну експлуатації пасажирських вагонів. Оскільки пасажирський вагон має змінюване конструктивне і поновлюване неконструктивне обладнання, визначення оптимального терміну служби розділяється на два етапи: на першому етапі необхідно знайти оптимальні терміни експлуатації всього конструктивного і неконструктивного обладнання, на другому – оптимальний термін експлуатації пасажирського вагона в цілому.

Виклад основного матеріалу дослідження. Використовування пасажирських вагонів супроводжується певними витратами і втратами, які можуть бути разовими (придбання вагона $Y_1 = A$), пропорційними часу використання (наприклад, витрати на технічне

обслуговування та ремонт, $Y_{II} = Bt$) і прогресуючими. При цьому доцільно заздалегідь прийняти $Y_I = A = Q_m - Q_I$, де $Q_m - Q_I$ - первісна вартість Q_m вагона, зменшена на вартість Q_I реалізованих залишків при знятті його з експлуатації.

Прогресуючі витрати і втрати за часом роботи вагона можуть бути врахованими найбільш універсальною ступеневою функцією вигляду

$$Y_{III} = Ct^\delta,$$

де C – постійний для даного вагона (обладнання) коефіцієнт, що визначає вихідну норму прогресуючих витрат і втрат;

δ – показник ступеня зростання витрат і втрат внаслідок старіння вагона.

Побудована в логарифмічній сітці ця функція перетворюється в пряму, а при відповідному доборі значень C і δ лінії, що задовольняють рівняння $Y = Ct^\delta$, можуть означати різноманітні випадки зміни прогресуючих витрат і втрат при експлуатації старіючого пасажирського вагона і його обладнання.

На рис. 1 наведено декілька графіків можливих варіантів оцінки прогресуючих витрат і втрат при експлуатації пасажирського вагона.

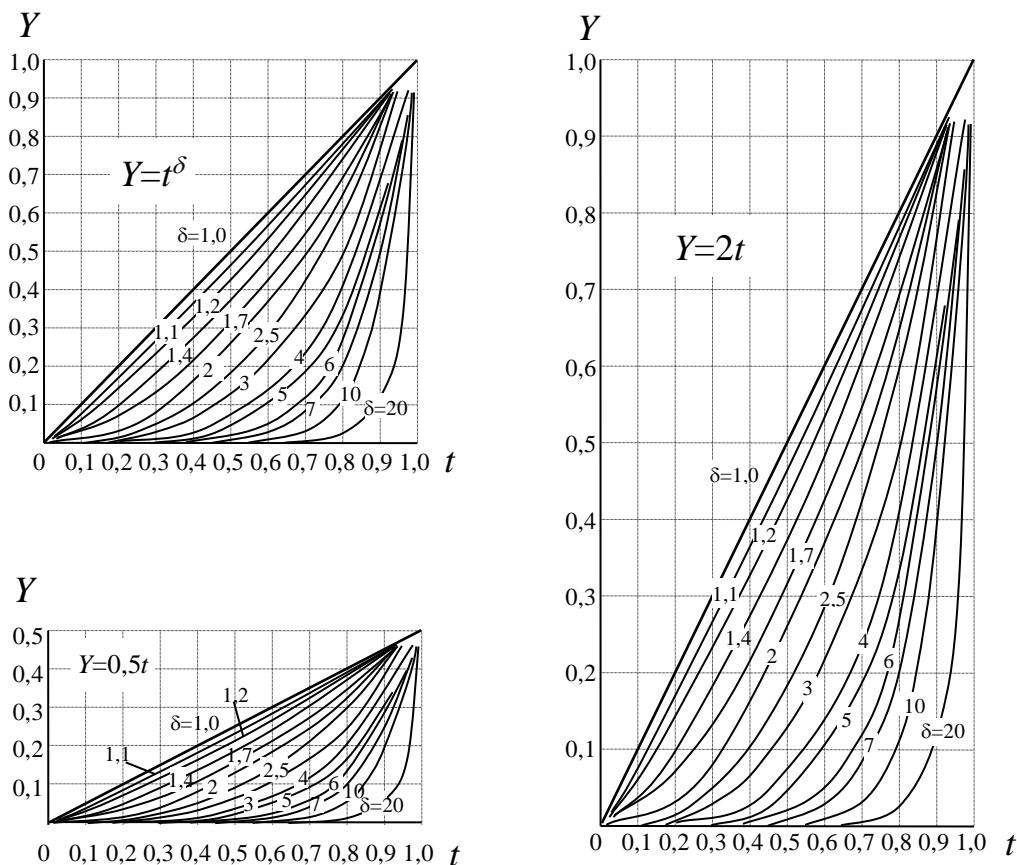


Рис. 1. Графіки оцінки ступеня δ прогресуючих витрат і втрат при врахуванні оптимальних термінів служби машин:
а – при $C = 1$; б – при $C = 0,5$; в – при $C = 2$

Для розв'язання практичних задач, що систематизують дані дослідів, можна побудувати графік прогресуючих витрат і втрат і, порівнюючи його криві з кривими допоміжного графіка (рис. 1) шляхом добору значень C і δ , приблизно визначити оптимальний термін експлуатації.

Таким чином, сумарні витрати і втрати при експлуатації, пов'язані з використанням пасажирського вагона, можуть бути виражені функцією

$$Y = Y_I + Y_{II} + Y_{III} = A + Bt + Ct^\delta. \quad (1)$$

Якщо розділити сумарні витрати Y на всю виконану вагоном роботу, виражену через час t роботи, то отримаємо значення питомих витрат і втрат U .

За наявності функцій витрат і втрат, зазначених у рівнянні (1), визначення оптимального терміну служби пасажирського вагона зводиться до знаходження мінімуму функції $U = \frac{Y}{t}$, тобто мінімуму функції вигляду

$$U = \frac{A}{t} + B + t^{\delta-1}. \quad (2)$$

Прирівнюючи до нуля похідну функції (2), одержуємо вираз

$$t = \sqrt[\delta]{\frac{A}{(\delta-1)C}}. \quad (3)$$

З виразу (3) випливає, що оптимальний термін служби пасажирського вагона, як і будь-якого іншого технічного об'єкта, визначається зі співвідношення первісних витрат на придбання вагона (з урахуванням реалізації наступних його залишків), постійного коефіцієнта C , що враховує витрати і втрати від експлуатації

на одиницю наробітку, і показника δ , що визначає інтенсивність прогресуючого зростання цих витрат і втрат внаслідок старіння вагона.

З графіків (рис. 2, а) видно, що при одній і тій самій інтенсивності зростання витрат і втрат при використанні старіючого пасажирського вагона термін служби більш дорогого вагона повинен бути більшим, ніж менш дорогого.

А при одній і тій самій вартості вагона оптимальний термін служби знижується, якщо зростає інтенсивність прогресуючих витрат і втрат (рис. 2, б).

Висновки. Таким чином, для визначення оптимального терміну експлуатації пасажирського вагона необхідно визначити складові рівняння (1) сумарних витрат і втрат при використанні вагона; обсяг виконаної його роботи або час його використання і скласти рівняння (2) питомих витрат і втрат; оптимальний термін служби за рівнянням (3).

Для отримання необхідного результату необхідно побудувати графічні залежності за даними спостережень, визначити за ними величини A і B і далі знайти складові функції (рівняння (1)), що характеризують процес прогресуючих витрат і втрат $Y_{III} = Ct^{\delta_{III}}$.

За статистичними або експериментальними даними, що встановлюють закономірність зростання сумарних витрат і втрат при використанні обладнання пасажирського вагона, визначають оптимальний термін експлуатації за допомогою графіків, наведених на рис. 1.

Алгоритм пошуку складається з таких етапів:

1. Будується графік, що характеризує зростаючі витрати.
2. Співставляючи цей графік з допоміжними графіками, знаходять криву (найбільш близьку за кривизною до побудованого графіка), характеристичні параметри якої відомі.

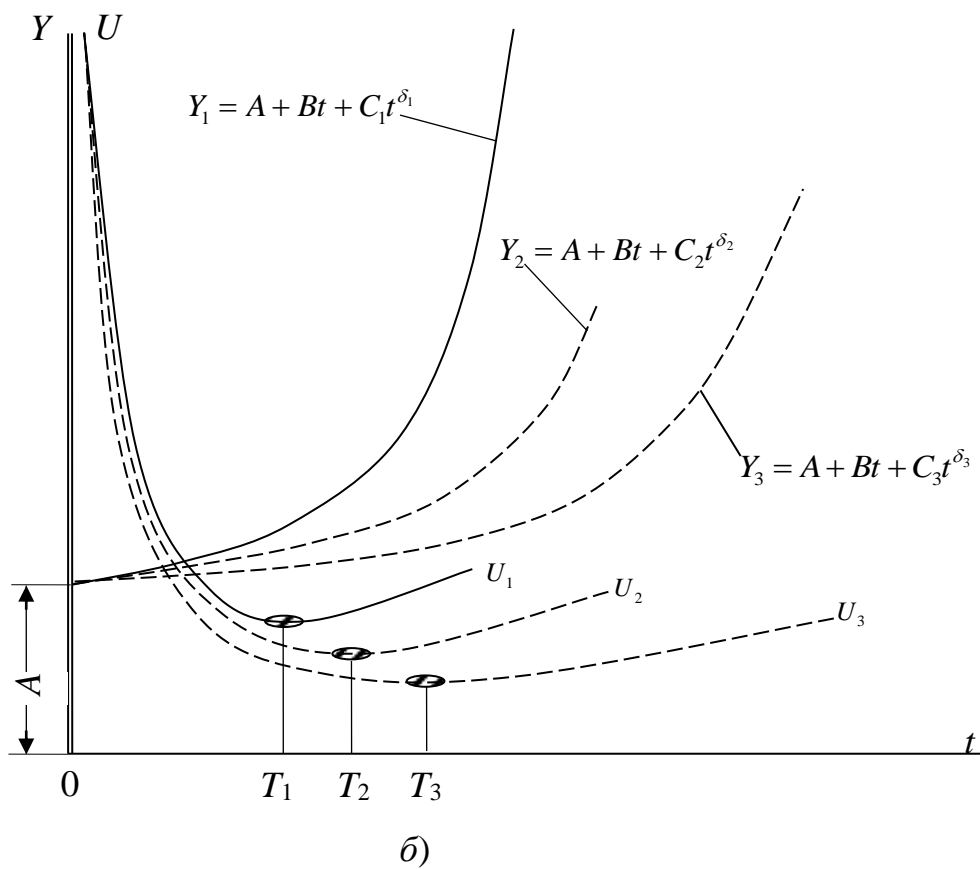
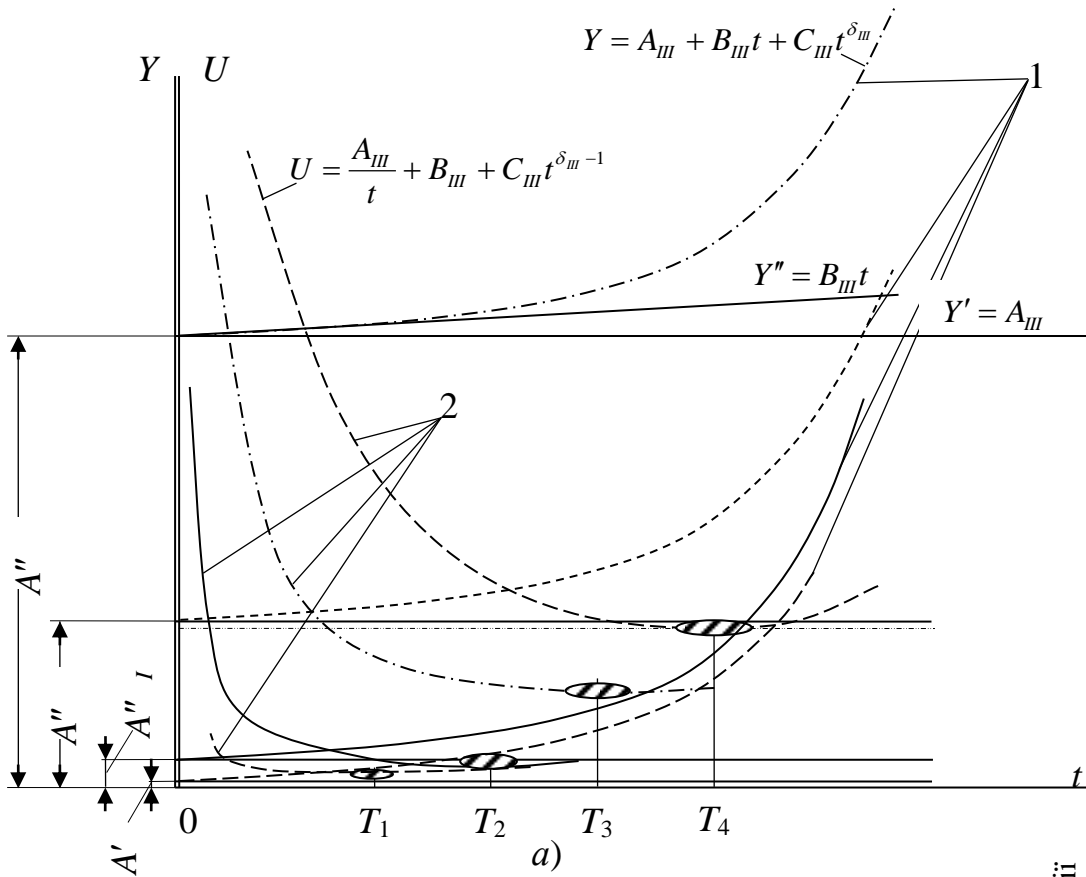


Рис. 2. Графіки сумарних питомих витрат і витрат від експлуатації пасажирського вагона по мірі його старіння:
 а – при однаковій інтенсивності зростання прогресуючих витрат і витрат; б – при різній інтенсивності зростання прогресуючих витрат і витрат; 1 – суммарні витрати і витрати; 2 – питомі витрати і витрати

3. Не порушуючи збігу графіка з допоміжною кривою, визначають на кресленні всі необхідні дані для складання повного рівняння сумарних витрат і втрат ($Y = A + Bt + ct^\delta$).

4. Виходячи з отриманих даних складають рівняння сумарних і питомих витрат і втрат і знаходять відповідні їм розв'язки щодо оптимального значення t .

Список літератури

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. Наукові підходи до корегування існуючої системи технічного утримання вагонів за умов їх старіння [Текст] / І.Д. Борзилов // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 123. – С. 39–45.
3. Крашенінін, О.С. Обґрунтування оптимального терміну експлуатації тягового рухомого складу [Текст] / О.С. Крашенінін, Є.В. Щипак, С.А. Матвієнко, О.О. Шпатіна // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонДІЗТ, 2011. – Вип. 25. – С. 126-128.
4. Крашенінін, О.С. Визначення граничних термінів довговічності тягового рухомого складу [Текст] / О.С. Крашенінін, О.М. Обозний // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 122. – С. 134-140.

Ключові слова: пасажирський вагон, термін експлуатації, витрати і втрати, старіння.

Анотації

Запропоновано алгоритм аналітичного визначення оптимального терміну експлуатації пасажирського вагона на підставі розрахунку сумарних витрат і втрат під час експлуатації вагона і тривалості часу його використання.

Предложен алгоритм аналитического определения срока эксплуатации пассажирского вагона на основании расчета суммарных расходов и потерь во время эксплуатации вагона и продолжительности времени его использования.

The algorithm analytical determination term of exploitation passenger carriage is offered on the basis calculation total charges and losses during exploitation carriage and duration time his use.

РУХОМИЙ СКЛАД ТА СПЕЦІАЛЬНА ТЕХНІКА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ. ЛОКОМОТИВИ

УДК 629.442.3

*Д-р техн. наук Д.С. Жалкін,
Є.В. Борщ*

ВИБІР ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТЕПЛОВОЗА М62

Постановка проблеми. Знос рухомого складу, термін експлуатації якого 25-30 років, складає більше 75 % [1]. Парк тепловозів М62 складає більше 300 секцій 1975-1987 років побудови. Тепловози використовуються у вантажній роботі та приміському сполученні. Віковий і технічний стан тепловозів потребує термінової його заміни на більш сучасний, з кращими техніко-економічними параметрами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В умовах значущої відсутності пропозицій від вітчизняних тепловозобудівників виникає інтерес до модернізації тепловозів. Починаючи з 1999-2001 років стало відомо декілька проектів модернізації тепловозів М62. Підсумовуючи багаторічний і різноманітний досвід модернізації тепловозів М62, можна виділити три основні напрями. По-перше, це реконструкція тепловозів з установленням нових дизель-генераторів Коломенського заводу. Дана технологія знайшла застосування в Росії, Білорусії, Узбекистані та Литві [2]. По-друге, набув поширення проект фірми CZ LOCO з використання дизелів фірми Caterpillar. Такий досвід є в Литві, Білорусії та Угорщині [3]. По-третє, самостійним напрямком оновлення парку дизельних локомотивів стало установлення нових модулів фірми General Electric. Такий досвід є в Казахстані, Монголії, Росії та в Україні [4].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. До нашого часу немає однозначного підходу до критеріїв вибору енергетичної установки (ЕУ) тепловозів, що проходять комплексну модернізацію, які б дозволили ув'язати обсяг робіт та параметри нової ЕУ з терміном експлуатації й технічним станом тепловоза.

Мета статті – сформулювати основні вимоги до вибору енергетичної установки для модернізації тепловозів серії М62.

Виклад основного матеріалу дослідження. Перевагою модернізації є менші капітальні витрати в порівнянні з придбанням нових локомотивів. Основний недолік – неможливість створити в результаті модернізації повністю сучасний локомотив. Відомі варіанти модернізації тепловозів М62 із заміною енергетичної установки (рисунок):

- варіант, за яким переробляються двосекційні тепловози 2М62(У), – з установленням нового американського дизеля CATERPILLAR 3512V, нового тягового генератора змінного струму (трифазного, німецького виробництва), випрямної установки та ін. Тут маємо більш глибоку модернізацію, зокрема, компресор установлюється в задньому тамбурі, значно переробляється пульт управління тепловозом і вся схема живлення;

- абсолютно особливий напрямок реконструкції тепловозів було розроблено

компанією General Electric. Це модернізація з використанням готових модулів, розроблених спеціально для ремоторизації локомотивів М62. Модернізація, запропонована GE Rail, має на увазі не тільки заміну дизеля. Мова йде про оновлення практично всього основного і допоміжного обладнання тепловоза. У комплект для модернізації включена і мікропроцесорна система. Вона отримала назву BrightStar і проводить діагностику та управління роботою локомотива. При спрощеній процедурі технічного обслуговування система дозволяє підвищити надійність і готовність тепловоза, знизити рівні витрат палива і мастила, шкідливих викидів.

- установа на тепловози М62 і 2М62, замість штатного, нового дизель-генератора 5-26ДГ Коломенського заводу дозволяє зберегти на модернізованому тепловозі все допоміжне й електричне устаткування; замість фільтрів грубого і тонкого очищення масла встановлюють один німецький "BOLL-KIRH". У комплект поставки цих дизель-генераторів входить удосконалена двоступенева система очищення повітря (з «мультициклоном» і паперовими фільтрами);

- установа на тепловози М62 і 2М62, замість штатного, нового дизеля 4Д80Б є найменш радикальним у порівнянні з іншими проектами, але його не було реалізовано.

Основні техніко-економічні показники дизелів, що пропонуються для модернізації тепловозів М62, наведено у таблиці.

Роботи з комплексної модернізації тепловоза М62 з енергетичною установкою General Electric виконані в локомотивному депо Ковель Львівської залізниці у 2011 році. Проведено капітальний ремонт і модернізацію екіпажної частини, тягових електродвигунів з відновленням ресурсу; дефектоскопія, посилення несучих конструкцій з продовженням терміну служби тепловоза на 20 років; установа нової дизель-генераторної установки з мікропроцесорною системою управління та діагностики; модернізація кузова та кабіни машиніста; заміна допоміжного та встановлення додаткового обладнання. Результати дослідної експлуатації показали зниження витрат палива на 23 %. Термін окупності 5,2 роки.



Рис. 1. Тепловоз серії М62 після модернізації

Показники енергетичних установок

Параметри	Тип енергетичної установки				
	14Д40	5-26ДГ	CAT3512	7FDL12	4Д80Б*
Потужність, кВт	1470	1470	1700	2290	1470
Число циліндрів	12	12	12	12	10
Частота обертання колінчастого вала, хв ⁻¹	750	750	1800	1050	750
Питома витрата палива на номінальній потужності, г/кВтгод	230	202,5	189	191	201
Витрата палива на холостому ходу, кг/год	16	9,0	6,0	7,0	8,0
Питомі витрати оливи у відсотках від витрати палива, %	3,00	1,2	0,2	0,3	1,0
Маса, кг	12500	16500	6240	15849	22500
Габаритні розміри (LxVxH), мм	5694x1818x2405	6200x1820x2893	3067x1785x1806	3970x1740x2980	3688x1616x2840

* - проектні дані.

Тепловози типу М62 з дизель-генераторами 5-26ДГ експлуатуються з 1996 року на Жовтневій залізниці. З 2002 року дизель-генератори 5-26ДГ поставляються в Білорусію і Монголію. З 2003 року – в Литву. У 2006 році почалася поставка двигунів в КНДР. Відома успішна модернізація тепловоза М62 з дизелем типу Д49 на Маріупольському металургійному комбінаті ім. Ілліча в Україні.

Установлення на тепловозах типу М62 дизель-генераторів 5-26ДГ, у конструкції якого реалізовані новітні конструкторські розробки, дозволяє підвищити ефективність використання тепловоза і знизити:

- витрати на обслуговування та ремонт;
- експлуатаційна витрата палива до 20 %;
- витрату палива на режимі холостого ходу ~ в 1,8 разу;
- витрати мастила ~ в 1,5 разу.

Термін окупності модернізації тепловоза з установленням дизель-генератора 5-26ДГ становить 2,5 роки.

Проведений аналіз можливості модернізації тепловозів М62 заміною

енергетичної установки показує таку доцільну стратегію заміни: для тепловозів з терміном служби 20-25 років комплексну заміну силового обладнання за проектом General Electric з одночасним продовженням терміну служби на 20-25 років; для тепловозів з уже продовженим терміном служби заміну тільки енергетичної установки з установленням дизель-генератора 5-26ДГ, який має конструкцію, близьку до дизеля 14Д40, та потребує найменших витрат на організацію його експлуатації й технічного обслуговування.

Висновки і перспективи розвитку.

Заміна енергетичної установки тепловоза М62 дозволяє підвищити продуктивність локомотива, знизити питомі витрати енергоресурсів до 20 %, збільшити пробіги між ТО та ПР.

Наступний крок після напрацювання досвіду експлуатації тепловозів з модернізованими енергетичними установками – організація власного виробництва сучасних локомотивів.

Список літератури

1. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки [Текст] / Укрзалізниця. – К., 2009. – 299 с.
2. Ильин, Ю. Модернизировать или купить [Текст] / Ю. Ильин // Транспорт. 2011. – № 10. – С. 18-24.
3. Мовчан, А. Опыт проведения модернизации тепловозов серии М62, 2М62 и 2М62у на UAB VILNIAS LOKOVJNYVU REMONTO DAPAS [Текст] / А. Мовчан, Ф. Винклер // Локомотив-информ. – 2007. – № 11. – С. 36-42.
4. Укрзалізниця оцінила новий модернізований тепловоз серії М62 с використанням силового обладнання «Дженерал Моторс» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://railway.in.ua/news>.

Ключові слова: тепловоз, енергетична установка, дизель, модернізація, енергозбереження.

Анотації

Проведено аналіз та розглянуто переваги модернізації тепловозів серії М62 із заміною штатних енергетичних установок на сучасні більш економічні.

Проведен анализ и рассмотрены преимущества модернизации тепловозов серии М62 с заменой штатных энергетических установок на современные более экономичные.

The analysis and discusses the advantages of modernization locomotives М62 replacement of staff on modern power plants more efficient.

УДК 629.424.1

*І.І. Вівчарський,
асп. А.Л. Сумицов,
д-р техн. наук А.П. Фалендиш*

**ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ
ЗМАЩЕННЯ НА ТЕПЛОВОЗАХ**

Автоматичні централізовані системи змащення (АЦСЗ) використовуються в різноманітних системах, де є потреба у зменшенні тертя, від верстатів до різних видів транспорту. У транспортній сфері найбільше поширені ці системи на важкій кар'єрній техніці (екскаватори, самоскиди, бульдозери і т.п.), де виявилася висока ефективність застосування цих систем завдяки зменшенню трудомісткості технічного обслуговування і поточного

контролю й деякого збільшення ресурсу вузлів, у яких підтримується оптимальний режим роботи поверхонь тертя.

Перспективним напрямом використання АЦСЗ може бути їх установлення на рейковий рухомий склад, зокрема на локомотиви. З огляду на досвід експлуатації АЦСЗ на автомобільному транспорті та підійомно-транспортній техніці можливо припустити, що застосування АЦСЗ на тяговому рухомому

складі дозволить підвищити ресурс вузлів з підшипниками ковзання та кочення, зменшити час і трудомісткість проведення технічного обслуговування ТО-2, ТО-3 та ПР-1 за рахунок виключення операцій, пов'язаних з ручним змащенням.

Ручне змащування неминуче носить дискретний характер з об'єктивних причин. Навіть залишаючи осторонь перевитрату дорогого матеріалу (оскільки набивка зазвичай проводиться в максимально допустимій кількості), не вдається уникнути виникнення тимчасових періодів

з обмеженим вмістом мастила в підшипниках. Це явище ілюструє рис. 1.

На недостатню кількість мастильних матеріалів підшипники кочення реагують підвищеним зносом бігової доріжки; а підшипники ковзання – підвищеним зносом та завальцюванням внутрішніх каналів. Ці явища повністю усуваються при використанні централізованої системи змащення. Строго дозовані дрібні порції, що подаються через оптимізовані інтервали, створюють повний ефект безперервного змащення вузла. Цей стан добре ілюструє рис. 2.

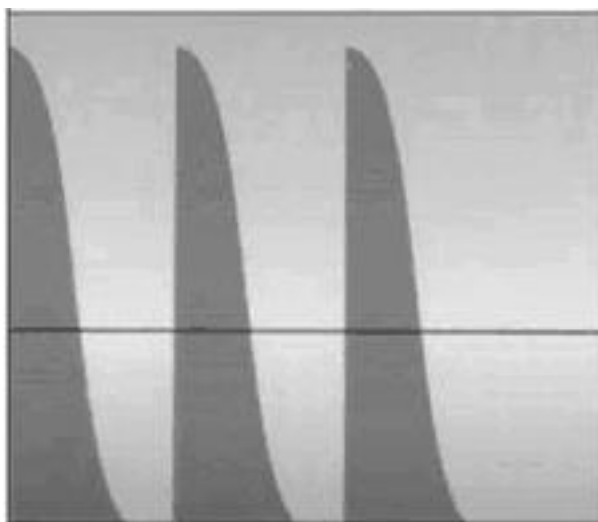


Рис. 1. Графік кількості мастила в підшипнику ковзання при ручному додаванні мастила

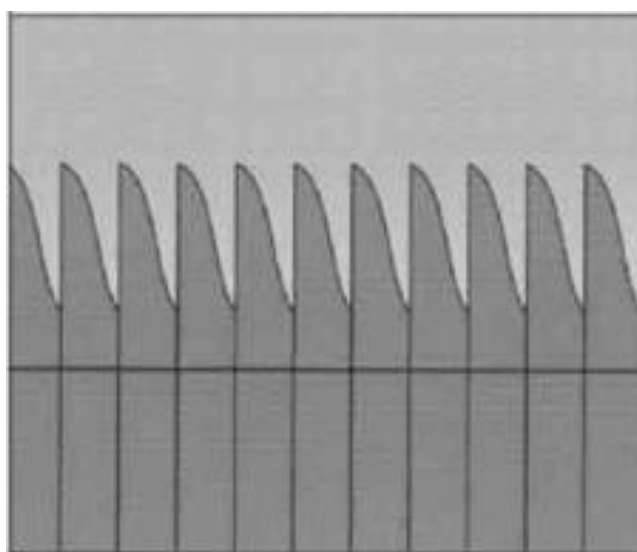


Рис. 2. Графік кількості мастила в підшипнику ковзання при застосуванні автоматичної системи змащення

Добре відомо, що від часу, від теплових впливів мастило всередині підшипника твердне і відкладається у внутрішні порожнини підшипника. Як би регулярно не проводилося змащення, для збереження підшипника його необхідно очищати і промивати. Розбирання або демонтаж вузла, особливо розташованого у важкодоступному місці, – дуже трудомістка і дорога операція. Але при застосуванні централізованої системи змащення ця проблема зникає, що вносить додатковий аргумент на користь даної установки. Відбувається це тому, що насос, створюючи тиск мастила в системі до 35 МПа і постійно подаючи «кванти» мастила, весь час видавлює загусле мастило з підшипника, тим самим постійно оновлюючи весь об'єм мастила у вузлі. При цьому малість самих порцій і можливість подачі їх безпосередньо під час роботи механізму виключає ефект появи масляної «шуби» навколо вузла.

Цей ефект підтверджується багаторічною практикою застосування централізованих систем змащення в різних механізмах, включаючи ті що працюють у найнесприятливіших умовах: у шахтах, кар'єрах, пустелях [1].

У першій половині ХХ століття для поліпшення змащування тертьових частин,

полегшення праці паровозних бригад і економії мастильних матеріалів на паровозах використовували централізоване змащення букс. Замість індивідуального ручного змащення кожної букси на паровозі встановлювали прес-маслянку, що приводилася в рух від паророзподільного механізму, від якої проводилися трубки до букс [2].

У централізованих системах змащення паровозів використовували також так звані маслорозподільники, які автоматично розділяють маслопровід одного відростка прес-маслянки на два або чотири маслопроводи. Таким чином, збільшується кількість точок змащування від однієї прес-маслянки. Такий спосіб змащення букс був застосований на паровозах Л, ЛВ, Еа, Е^{тм}, ЕМВ, Ер (остання партія), ПЗб і на партії паровозів ФД. При цьому на паровозах ЛВ, Ер ЕМВ та ФД централізоване змащення влаштована з маслорозподільниками. На паровозі ПЗб, що мав роликові букси із самостійним змащенням, централізовано проводилося змащення буксових лиць та накладок рами [3]. Приклад централізованої системи змащення паровоза серії Л наведений на рис. 3.

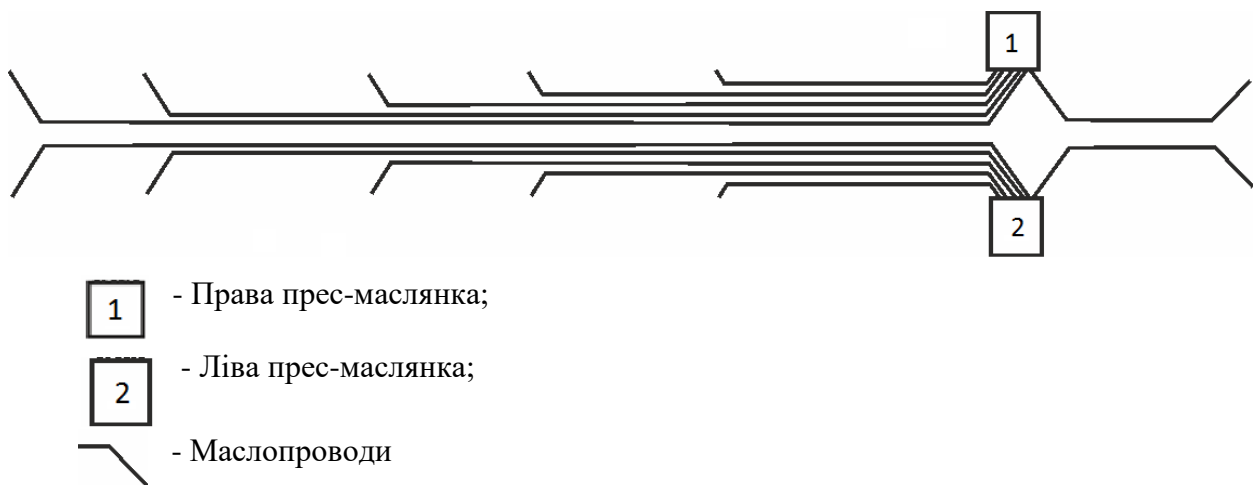


Рис. 3. Система централізованого змащення паровоза серії Л

Розглянемо докладніше можливість застосування АЦСЗ на тепловозах на прикладі перспектив встановлення їх на тепловозах серій ЧМЕЗ, М62 та 2ТЕ116.

Тепловоз ЧМЕЗ – основний маневровий тепловоз на залізницях України з кузовом капотного типу, з осьовою формулою 3о – 3о. Система АЦСЗ для цього тепловоза повинна мати дві незалежні системи. Перша система повинна проводити змащення вузлів мастилом залізничним типу ЖРО. Відповідно до ЦТ – 0187 «Правила проведення технічного обслуговування та поточних ремонтів тепловозів ЧМЕЗ» [4] ця система зможе замінити ручну заміну та поповнення мастила таких вузлів:

- підшипники вентиляторів охолодження ТЕД;
- підшипники крайніх важелів гальма візка;
- буксові підшипники колісних пар;
- підшипники кочення електродвигунів;
- підшипникові вузли електродвигунів вентиляторів;
- підшипникові вузли маслопрокачувального насоса;
- підшипникові вузли тягового генератора;
- підшипникові вузли двомашинного генератора;
- хрестовина вала привода та підп'ятник вентилятора холодильника.

Друга система має проводити змащення вузлів мастилом УС за ГОСТ 1033-79 або солідолом синтетичним ГОСТ 4366-76. Вона буде обслуговувати такі вузли:

- шарнірні ланки важільної передачі візка і ручного гальма;
- шарнірні гнізда підвіски головної рами тепловоза;
- обойми підвісок ТЕД;
- напрямні та трубки штоків поршнів гальмових циліндрів;
- привод жалюзі.

Можливе додаткове встановлення систем:

- зі змащення зубчастої передачі мастилом СТП ТУ38.УССР2-23-2-80, що дозволить скоротити витрати на мастило за рахунок зменшення витрати мастила та більш якісного розпилу безпосередньо в зону контакту зубчастих коліс;

- змащення МОП ТЕД. Але складність такої системи полягає в необхідності сезонної заміни мастила. Влітку застосовують мастило марки Л за ГОСТ 610-72, взимку – З за ГОСТ 610-72. Це призводить до необхідності промивання системи, що у свою чергу впливає на експлуатаційні витрати АЦСЗ, зменшуючи економічний ефект. Однак при застосуванні АЦЗП можливе розроблення методики запровадження всесезонного мастила. Іншим напрямом можливе використання підшипників кочення як моторно-осьових, однак цей напрям недостатньо вивчений на сьогоднішній день;

- гребнезмащення. У цьому напрямі проводиться найбільше дослідів. Результати доводять ефективність їх застосування. Використання цієї системи зменшує знос колісних пар і полегшує проходження кривих ділянок колії та стрілочних переводів.

Такий комплекс систем змащення дозволив би скоротити витрати на змащення вузлів. Складність проектування, встановлення та використання комплексу АЦСЗ (КАЦСЗ) може бути подолана, ґрунтуючись на досвіді встановлення систем портових кранів, де одночасно працюють від двох до чотирьох незалежних систем змащення вузлів [1].

КАЦСЗ тепловозів серії М62 та 2М62, ґрунтуючись на накопиченому досвіді експлуатації та «Правилах проведення технічного обслуговування та поточних ремонтів тепловозів М62, 2М62, М62У, 2М62У» ЦТ-0044 [5], матиме такі чотири АЦСЗ:

- 1) система змащення мастилом ЖРО:
 - підшипники вентиляторів компресора;

- підп'ятник вентилятора холодильника;
 - підшипники тягового генератора;
 - підшипники ТЕД;
 - підшипники двомашинного агрегату;
 - електродвигуни привода допоміжних машин (маслопрокачуючий насос, паливопрокачуючий насос, вентилятор калорифера, синхронний підбуджувач);
 - реверсор (підшипники і шийки вала, робочі поверхні роликів і кулачкових шайб, поверхні повідка і пластини пневмопривода, поверхні штока);
 - контактор послаблення поля (підшипники і шток);
 - опори рами кузова;
 - буксовий підшипник кочення;
 - фрикційний гасник коливань;
 - вентилятор охолодження головного генератора;
 - вентилятор охолодження ТЕД;
 - привод швидкостеміра;
 - перехідна площадка між секційного з'єднання (поверхні тертя: штока, напрямні осей, торцевих накладок, шарнірні з'єднання ресори);
 - шарнірні з'єднання гальмівної важільної передачі;
- 2) система змащення мастилом осьовим (влітку Л, взимку З або С за ГОСТ 610-72):
- шкворневий вузол;
 - опори рами візка;
 - осьовий упор щелепової букси;
 - поверхні тертя наличників;
 - моторно-осьові підшипники;
- 3) система змащення тягового редуктора мастилом ОС, що відповідає ТУ38-401.58-81-94;
- 4) система гребнезмащення.

Тепловоз 2ТЕ116 є основним вантажним тепловозом на більшості залізниць України. Тому доцільно розглянути можливість створення КАЦСЗ для цього тепловоза. Змащення вузлів цього локомотива проводиться у

відповідності до ЦТ-0043 «Правила проведення технічного обслуговування та поточних ремонтів тепловозів 2ТЕ116» [6]. Опираючись на ці правила, можливо запропонувати таку структуру КАЦСЗ:

1) система змащення ЖРО:

- підшипники та шарніри механізму керування паливними насосами;
- підшипники тягового генератора;
- підшипники ТЕД;
- підшипники збуджувача ВС-650;
- підшипники стартер-генератора;
- підшипники електродвигуна привода компресора;
- шліцьові з'єднання карданного та шліцьового валів;
- підшипники вентиляторів охолодження ТЕД;
- підшипники електродвигуна вентилятора охолодження випрямної установки;
- шарнір, ролики та підшипники реверсивного вала;
- вузли реверсора ППК-8064;
- гальмівна важільна передача;
- привод швидкостеміра;

2) система змащення осьовим мастилом влітку Л, взимку З:

- МОП;
- опори рами та шкворневого вузла;

3) система змащення тягового редуктора мастилом ОС, що відповідає ТУ38-401.58-81-94;

4) система гребнезмащення.

У цілому наведені системи для тепловозів 2ТЕ116, М62 та ЧМЕЗ мають багато спільного. Застосування однакових мастильних матеріалів та аналогічних точок змащення дає можливість створення систем з високим ступенем уніфікації. Системи гребнезмащення вже застосовують на деяких локомотивах. Тому складності з їх упровадженням в КАЦСЗ не виникатиме. Створення та налагодження роботи КАЦСЗ на локомотивах, ґрунтуючись на досвіді провідних компаній у галузі портової та кар'єрної техніки, не займе багато часу і надасть високого економічного ефекту за рахунок суттєвого збільшення ресурсу вузлів та агрегатів.

Список літератури

1. Централизованная система смазки порталных кранов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://irbis.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=502&Itemid=485
2. Централизованная смазка паровозов [Текст] / В.А. Едидович, В.Е. Ильчук, П.Н. Рудницкий, Ф.Д. Ткаченко. – М.: Трансжелдориздат, 1956. – 128 с.
3. Паровозы. Общий курс конструкций и элементы теории [Текст] / под ред. проф. А.А. Чирикова. – М.: Государственное транспортное железнодорожное издательство, 1953. – 696 с.
4. Правила проведення технічного обслуговування та поточних ремонтів тепловозів ЧМЕЗ, ЧМЕЗТ, ЧМЕЗЕ [Текст]: ЦТ – 0187. – К.: Укрзалізиця, 2010. – 280 с.
5. Правила проведення технічного обслуговування та поточних ремонтів тепловозів М62, 2М62, М62У, 2М62У [Текст]: ЦТ-0044. – К.: Укрзалізиця, 2002. – 275 с.
6. Правила проведення технічного обслуговування та поточних ремонтів тепловозів 2ТЕ116 [Текст]: ЦТ – 0043. – К.: Укрзалізиця, 2002. – 262 с.

Ключові слова: централізовані системи змащення, тепловози, М62, ЧМЕЗ, 2ТЕ116, системи грбнезмащення.

Анотації

Розглянуто перспективи запровадження централізованих систем змащення на тепловозах. Запропоновані варіанти таких систем для тепловозів серій ЧМЕЗ, М62 та 2ТЕ116 у відповідності до існуючих конструкцій та вимог чинних інструкцій.

Рассмотрены перспективы установки централизованных систем смазки на тепловозах. Предложены варианты такой системы для тепловозов серий ЧМЭЗ, М62 и 2ТЭ116 которые приспособлены к особенностям их конструкции и соответствуют требованиям существующих инструкций.

The paper discusses the prospects install centralized lubrication systems in locomotives. Variants of such a system for diesel СМЕЗ series, М62 and 2ТЕ116 are adapted to the characteristics of their design and comply with existing regulations.

УДК 629.424

Д.Г. Олійник

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВА
ТЕПЛОВОЗАМИ ПРОМИСЛОВОГО ТРАНСПОРТУ**

Представив д-р техн. наук, професор Д.С. Жалкін

Постановка проблеми. Транспорт – одне з необхідних загальних умов виробництва. Здійснюючи перевезення на підприємстві, між підприємствами,

транспорт впливає на масштаби державного виробництва та його темпи.

Залізничний транспорт є великим споживачем енергетичних ресурсів. У

загальних експлуатаційних витратах промислового залізничного транспорту паливно-енергетичні витрати досягають 16-20 % [1, 2].

Відсоток витрат на паливо від загального обсягу витрат на експлуатаційну роботу маневрового локомотива складає приблизно 80 %, на заробітну плату локомотивним бригадам – 10%, на амортизаційні відрахування – 10 % [3].

Ефективність енерговикористання на залізничному транспорті промислового підприємства визначається не тільки конструкцією технічних засобів, але й організацією всього перевізного процесу, умовами обслуговування локомотивів та їх технічним станом.

У зв'язку з актуальністю питання економії та обліку енергоресурсів на залізничному транспорті промислового підприємства важливе значення мають нормування та облік витрат палива локомотивами, а також застосування локомотивів з поліпшеними характеристиками.

Аналіз проблеми. Актуальність теми визначається гостротою проблеми енергозбереження на залізничному транспорті промислових підприємств.

Як показує аналіз роботи тепловозів промислового транспорту, витрата дизельного палива залежить від багатьох причин: технічного стану, характеристик, якісного виконання технічного обслуговування та ремонту, професійного водіння поїздів локомотивними бригадами, обсягів і характеру роботи, простою локомотива в очікуванні роботи, режимів роботи, температури навколишнього середовища та ін.

Поряд з цим важливим джерелом економії палива і бережливого його використання є зниження витрат палива при транспортуванні, зливі, зберігання і видачі його на тепловози.

Мета статті. Проаналізувати витрати палива тепловозами на промисловому підприємстві та запропонувати заходи

щодо підвищення їх енергетичної ефективності при виконанні заданого обсягу роботи.

Викладання основного матеріалу.

Вплив різних факторів на витрату палива транспортним засобом теоретично й експериментально досліджувався багатьма авторами. До таких факторів належать профіль ділянки обігу, опір руху, температура зовнішнього повітря, маса поїзда, швидкість руху, серія локомотива та ін. Основні фактори, які впливають на витрату палива тепловозом при роботі на металургійному комбінаті, розглянуто в ряді робіт.

У першому десятилітті нового тисячоліття закінчився ресурс випущених у радянський час локомотивів. Керівництву Укрзалізниці довелося виробити стратегію забезпечення перевезень на залізницях України. У ній сформульовані основні напрями оновлення тягового рухомого складу залізниць [5]. Це повною мірою стосується також локомотивів промислового транспорту, які працюють у маневровій роботі, зокрема на металургійних підприємствах.

Проблеми оновлення локомотивного парку вирішуються за рахунок підвищення ефективності існуючого тягового рухомого складу через модернізацію. Модернізація дає змогу підвищити техніко-економічні показники роботи тепловоза, підвищити його потужність і тягові параметри. Для прикладу розглянемо модернізацію тепловозів серії М62, а саме заміну енергетичної установки підприємством ВАТ «Тепловозоремонтний завод» (Полтава).

Параметри тепловозів М62 на номінальному режимі до і після модернізації наведені у таблиці.

Як показує аналіз даних таблиці, модернізовані тепловози М62 (з дизелем Д49) мають меншу питому витрату палива при номінальній потужності (202,5 проти 215), а також при роботі на холостому ходу (9 проти 16). Серійні тепловози М62 мають

Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту. Локомотиви

також значну витрату дизельного мастила порівняно з модернізованими. Модернізовані тепловози мають також

меншу витрату палива на локомотиво/годину (рис. 1, 2).

Таблиця

Витрата палива тепловоза серії М62 до і після модернізації

До і після модернізації	Потужність, кВт	Частота обертання колінчатого вала	Питома витрата палива на режимі повної потужності, г/кВт год	Годинна витрата палива на холостому ході, кг/год
До 14Д40 (4-14ДГ)	1470	750	215	16
Після Д49 (5-26ДГ)	1470	750	202,5	9

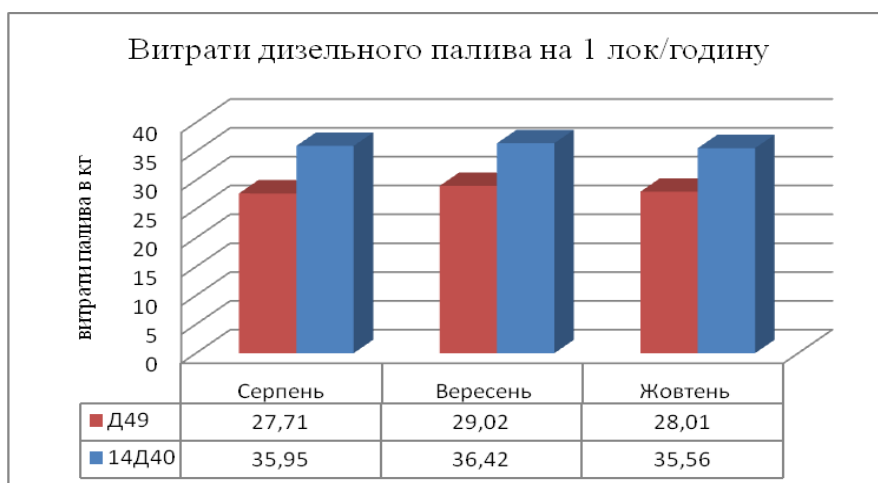


Рис. 1. Витрати палива тепловозів М62 з дизелями 14Д40 та Д49

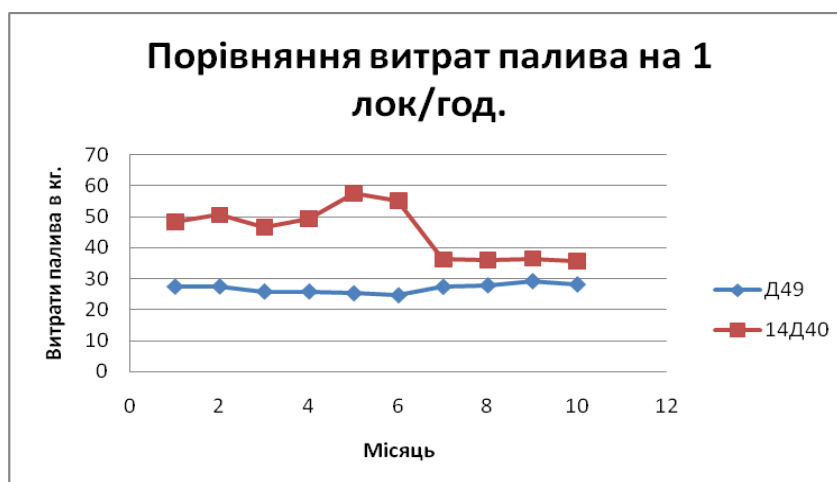


Рис. 2. Графік витрат палива за 10 місяців дизелями 14Д40 і Д49 на 1 лок/год на тепловозі М62 в умовах металургійного підприємства

На підставі наведеного можливо зробити висновок, що модернізація маневрових тепловозів новим силовим обладнанням дає значну економію палива та мастила.

Безперервний контроль параметрів тепловозів в експлуатації є одним з найважливіших способів підвищення їх експлуатаційної економічності. Експлуатаційна економність досягається також за рахунок удосконалення нормування витрат палива на підставі об'єктивної інформації щодо режимів роботи тепловоза і витрат палива під час експлуатації, підвищення надійної роботи силової установки внаслідок своєчасного виявлення і попередження аварійних режимів роботи, покращення технічного й теплотехнічного стану тепловоза.

Основний обсяг перевезень на промислових підприємствах виконується маневровими тепловозами, які до теперішнього часу не обладнанні повною мірою приладами автоматизованого обліку витрат палива.

На теперішній час у локомотивних депо в основному облік і аналіз витрат палива здійснюється на основі даних, що вносяться машиністами до маршрутного листа. На початку та наприкінці робочої зміни машиністи візуально визначають кількість пального в паливному баку за паливною рейкою чи мірним склом. Об'ємна витрата палива визначається за різницею цих вимірювань.

Під час ведення поїзда машиніст повинен вибирати найвигідніші режими роботи дизеля і генераторної установки, з великим мистецтвом використовувати кінетичну енергію поїзда, а також протибуксувальні і гальмівні засоби, постійно підтримувати оптимальний температурний режим мастила й охолоджувальної води в дизелі, оскільки зниження температури мастила на 4-5 °С збільшує витрату палива на 1 %.

З метою економії витрат палива в кожному локомотивному депо на основі передового досвіду водіння поїздів на ділянках обертання тепловозів розроблені режимні карти. У цих картах указані положення контролера, швидкість руху, місце вмикання гальм та інші рекомендації щодо раціонального ведення поїзда.

Протягом останніх років на промислових підприємствах проводять роботи із застосування автоматизованих вимірювальних систем витрат палива (наприклад система «Дельта»). Вони реєструють характеристики робіт тепловоза з позначенням режимів стоянки і руху, роботи дизеля на холостому ходу, під навантаженням і вимкненого, характеристики руху тепловоза під час тяги і режиму вибігу, пробіг, середню технічну швидкість, загальні витрати палива та ін. Визначення економії палива за зміну визначається порівнянням фактичних витрат з розрахунковим значенням.

При визначенні розрахункового значення витрат палива необхідно також урахувати, що на промисловому транспорті тепловоз долає не тільки підвищений опір руху, але й витрачає більше палива на допоміжні операції з обслуговування поїзда (обгін локомотива, поповнення гальмівної магістралі, проба гальм та ін.) Крім того, додаткові витрати палива необхідні для забезпечення роботи допоміжних машин на холостому ходу двигуна на стоянках. Ці витрати повинні входити у норму витрати палива віднесено до 10 тис. ткм брутто.

На питому витрату палива істотно впливає також незначна дальність перевезень і невисокі швидкості руху, що характерно для підприємств промислового транспорту.

Для визначення розрахункового значення величини витрат палива існує велика кількість методів [4].

Основні методи нормування витрат палива наведені на рис. 3.

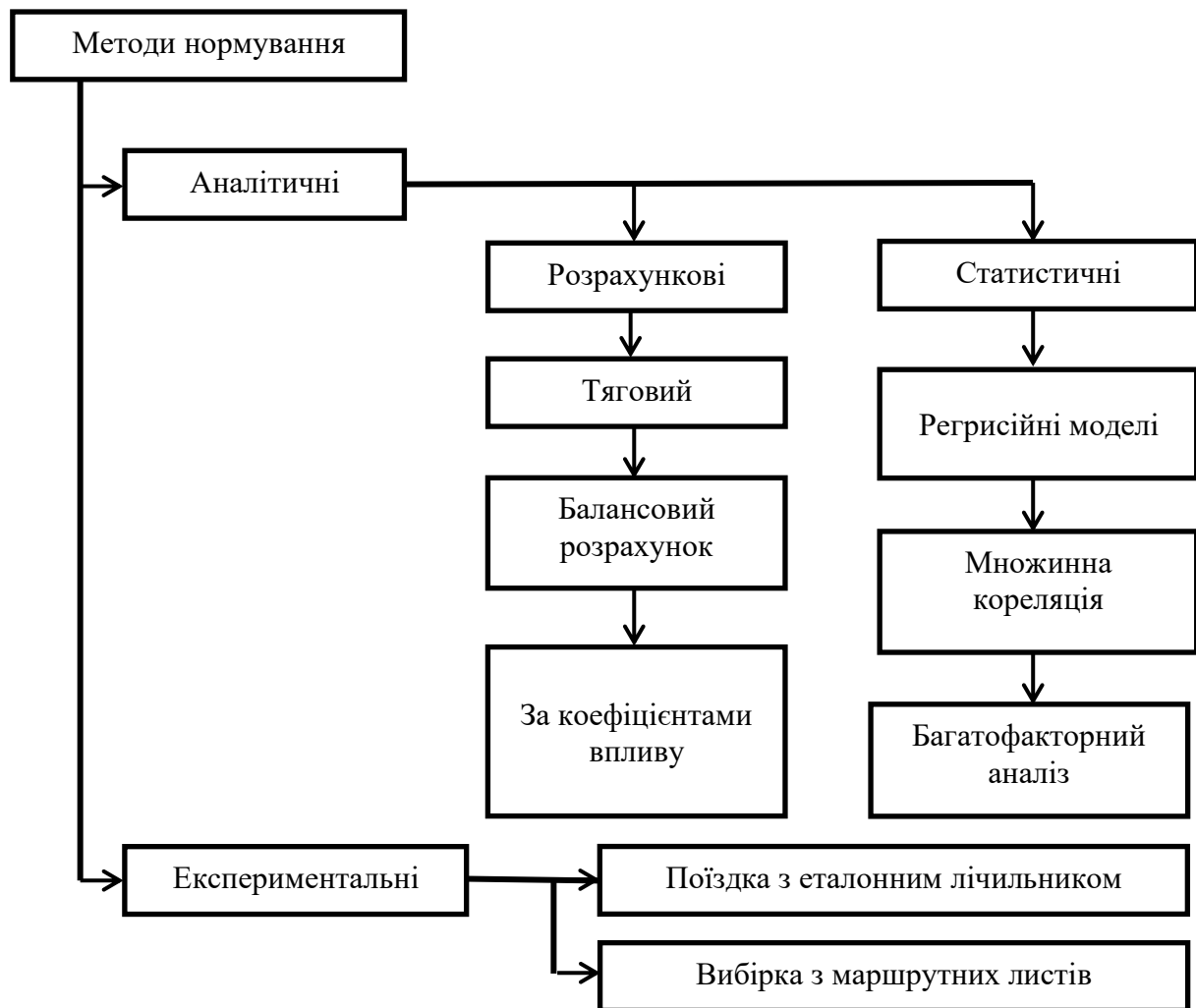


Рис. 3. Методи нормування енерговитрат

Розрахунково-аналітичні методи базуються на законах збереження і перетворення енергії при таких допущах: ідеалізація процесу руху при виконанні маневрових операцій, постійність тягово-енергетичних характеристик маневрових локомотивів під час експлуатації, додавання коефіцієнта впливу експлуатаційних факторів.

Розрахунково-статичні методи базуються на математичній обробці тягово-енергетичних випробувань, первинної і періодичної звітності.

Експлуатаційні методи базуються на висновках багаторічної роботи та досвіду груп локомотивних депо.

Методика технічного нормування витрат дизельного палива тепловозами для промислових підприємств у минулому була розроблена ВННІОЧермет. Дана методика передбачає розподіл роботи локомотивів на поїзну і маневрову. Для кожної роботи є свій метод розрахунку норми витрати палива в залежності від вихідної норми витрати, отриманої на основі паливно-енергетичного паспорта тепловоза і ряду коефіцієнтів, установлених шляхом математичної обробки великого обсягу статистичних даних.

Аналіз структури перевезень показав, що кількість локомотивів на внутрішніх перевезеннях визначається не стільки

обсягом роботи, скільки необхідністю чіткого транспортного обслуговування основного виробництва. Все це впливає на їх продуктивність і величину питомих витрат палива [6, 8].

Норми витрати палива тепловозами на внутрішні перевезення визначаються за формулою

$$G_m = G_o K_u K_\tau \text{ в кг/1000т,} \quad (1)$$

де G_o – вихідна норма для тепловоза даної серії при його роботі з поїздами заданої ваги і при заданій швидкості руху на горизонтальному шляху, яка отримана на основі паливно-енергетичного паспорта;

K_u – коефіцієнт, що враховує ступінь використання локомотива;

K_τ – температурний коефіцієнт, що відображає вплив сезонних метеорологічних умов на витрату палива.

Вихідна норма визначається в залежності від середньої потужності тепловоза N_φ , який експлуатується на перевезеннях.

У роботах Толкачова О.В. наведена така методика нормування витрат палива на маневрову роботу [7]:

$$b = b_Q + b_m + b_t + b_z + b_{ст}, \quad (2)$$

де b_Q – витрати палива на переміщення поїзда і службові потреби, а також витрати на гальмування, кг/10⁴ ткм брутто;

b_m – витрати палива, які залежать від кількості осей поїзда, кг/10⁴ ткм брутто;

b_t – витрати палива, який враховує відхилення фактичного від прийнятого в розрахунках часу руху, кг/10⁴ ткм брутто;

b_z – витрати палива на розгін поїзда, кг/10⁴ ткм брутто;

$b_{ст}$ – витрати палива під час зупинок на станціях, кг/10⁴ ткм брутто;

Багато авторів відзначають той факт, що на витрату палива істотно впливає теплотехнічний стан тепловоза. Ураховуючи факт масової модернізації тепловозів, у процесі якої відбувається заміна силових установок тепловозів, які відслужили свій термін, на дизелі сімейства Д49, особливе значення має розроблення методики нормування витрат палива в експлуатації на основі параметрів, що характеризують теплотехнічний стан тепловозного дизеля.

Беручи до уваги факт модернізації тепловозів зміною старих дизелів на дизелі сімейства Д49, перспективним може стати розроблення методики нормування витрат палива в експлуатації на базі параметрів, що визначають теплотехнічний стан тепловозного дизеля.

Висновки.

Експлуатаційна економічність в умовах промислового підприємства досягається на основі інформації про режими роботи тепловозів і витрат палива в експлуатації. Способи отримання такої інформації різні і визначаються завданням і фінансовими можливостями. Модернізацію тепловозного парку слід проводити за рахунок зміни застарілих дизелів на нові дизелі Д49 Коломенського тепловозобудівного заводу. Отримуючи дані за результатами теплотехнічних випробувань сімейства дизелів типу Д49, можливе уточнення розрахункового методу нормування витрат палива тепловозами в експлуатації.

Список літератури

1. Перепелюк, А.В. Экономика промышленного транспорта [Текст]: учеб. для ВУЗов по специальности «Промышленный транспорт» / А.В. Перепелюк, В.О. Бондаренко, Л.А. Мироненко. – М.: Высш. шк., 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.
3. Данько, Н.И. Научные основы ресурсосберегающих технологий при организации грузовых железнодорожных перевозок [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Харьков: Харьков. нац. акад. гор. хоз-ва, 2005. – 40 с.
4. Божеларский, Я.В. Удосконалення нормування витрат дизельного палива маневровими тепловозами [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2007. – 24 с.
5. Концепция и программа реструктуризации на железнодорожном транспорте Украины [Текст]. – К.: НАБЛА, 1998. – 145 с.
6. Сирота, И.М. Расход дизельного топлива тепловозами (методика технического нормирования) [Текст]/ И. М. Сирота // ПТ. – 1973. – № 4. – С. 23-24.
7. Тверитин, В.Н. Нормирование расходов топлива тепловозами [Текст] / В.Н. Тверитин // ПТ. – 1978. – № 7. – С. 22-23.
8. Тверитин, В.Н. Способ нормирования расхода топлива [Текст] / В.Н. Тверитин // ПТ. – 1977. – № 7. – С. 12-13.

Ключові слова: витрати палива, тепловози, модернізація, ефективність, промисловий транспорт, дизель, нормування, контроль витрат.

Анотації

Проведено аналіз ефективності використання дизельного палива на промисловому металургійному підприємстві, виявлені основні фактори, які впливають на витрату палива маневровими тепловозами, встановлені причини невиконання норм витрат палива.

Зроблено висновок щодо можливості підвищення паливної ефективності маневрових тепловозів в умовах промислового підприємства за рахунок модернізації тепловозів новим силовим обладнанням, застосування сучасних систем контролю витрат палива та удосконалення методу розрахунку норм витрат.

Проведен анализ эффективности использования топлива на промышленном металлургическом предприятии, выявлены основные факторы, влияющие на расход топлива маневровыми тепловозами, установлены причины невыполнения норм расхода топлива.

Сделан вывод относительно возможности повышения топливной эффективности маневровых тепловозов в условиях промышленного предприятия за счет модернизации тепловозов новым силовым оборудованием, применения современных систем контроля расхода топлива и усовершенствования метода расчета норм расхода.

The analysis of the efficiency of diesel fuel on an industrial steel company identified the main factors that affect fuel locomotives set rules for default fuel consumption.

The conclusion about the possibility of increasing the fuel efficiency of shunting locomotives in industrial enterprises by upgrading locomotives new power equipment, the use of advanced control fuel consumption and improved method of calculating consumption rates.

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ НОВИХ ПРИСТРОЇВ БЕЗПЕКИ РУХУ

Представив д-р техн. наук, професор А.П. Фалендиш

Постановка проблеми. Аналіз причин порушень безпеки руху показує, що їх значна кількість обумовлена недостатньо високим рівнем професіоналізму і низькою технологічною дисципліною персоналу, що безпосередньо бере участь у перевізному процесі. Підвищення безпеки руху поїздів є пріоритетним напрямком розвитку залізничного транспорту значної частини рухомого складу. У галузі і компанії багато що робилося і робиться для підтримки належного рівня надійності технічних засобів і безпеки руху поїздів.

Однак до теперішнього часу вичерпані практично всі можливості системи управління безпекою щодо подальшого розвитку і розширення функціональності. Тому досягнення мети, забезпечення гарантованої (нормативної) безпеки при мінімальному обсязі ресурсів вимагає застосування нових принципів, методів і засобів переходу до нового цільового стану системи управління безпекою перевезень.

Мета статті. Визначити основні переваги нових пристроїв безпеки руху поїздів та приклади їх застосування, переваги нових комплексів.

Матеріали та результати досліджень. «Програма підвищення безпеки руху» поїздів почала реалізовуватися з 1 березня 2011 року. Суть модернізації – заміна приладів безпеки, які виробили свій ресурс. Замість них встановлюються надійні, виконані на сучасній елементній базі прилади. Наприклад, застосовується автоматична локомотивна сигналізація неперервного типу АЛС, основні елементи якої – підсилювач і дешифратор, побудовані на

кодових реле. У радіоелектроніці реле і його контакти – найненадійніший вузол. Сьогодні як основний пристрій безпеки на всіх типах локомотивів і МВРС на ділянках залізниць з автономною та електричною тягою постійного й змінного струму, обладнаних колійними пристроями АЛС, АЛС-ЕН, замість АЛС застосовується КЛУБ-У. Схемотехнічні рішення в пристрої реалізовані на базі мікропроцесорної техніки із застосуванням сучасних мікроконтролерів, кількість реле зведено до мінімуму. Надійність експлуатації системи набагато вище. Функція колишня – прийняття підлогових сигналів АЛС, їх декодування, відображення сигналів підлогового світлофора на локомотивному світлофорі БЛ-У для локомотивної бригади. Застосування мікропроцесорів, мікроконтролерів при виробництві системи безпеки КЛУБ-У збільшує функціональність пристрою за рахунок програмного забезпечення. Зараз у КЛУБ-У застосовується сьомий пакет програмного забезпечення. У 2012 році його змінить оновлений восьмий пакет – зараз іде його обкатка і налагодження. Пристрій КЛУБ-У реєструє більше показань, ніж швидкостемір – до 256 параметрів, які надходять в енергонезалежну пам'ять касети реєстрації. У результаті більш точно вимірюється фактична швидкість руху. Машиніст вставляє касету реєстрації, і вся інформація про поїзду записується в енергонезалежний модуль. Ці дані зв'язуються з електронною картою машиніста в єдину інформаційну систему. КЛУБ-У формує допустиму швидкість руху, враховуючи конструктивні особливості локомотива і показання

колійного світлофора. Швидкість руху контролюється так, що можна точно розрахувати кілька варіантів гальмування. Функція контролю за пильністю машиніста дозволяє знизити ймовірність помилок людського чинника. Виключається мимовільний рух, неможливість руху при відключеному ЕПК і вимкненій системі безпеки руху, приймання сигналів режимів роботи «поїзної» або «маневрової» від органів управління локомотива.

Можливості КЛУБ-У із самодіагностики.

Система повідомляє про модулі і блоки, що вийшли з ладу, під час ремонту, що знижує час на техобслуговування і пошук несправностей. Ще один пункт модернізації – установа систем автоматичного управління гальмуванням поїзда САУТ-ЦМ/485. При необхідності роботи у вантажопасажи́рському варіанті алгоритм задається перемиканням тумблера. САУТ-ЦМ/485 інформує про резерв швидкості в кожній точці шляху – різницю допустимої і фактичної швидкостей, довжину блок-ділянки, точку прицільної зупинки біля вихідного світлофора. У результаті підвищується безпека руху.

Безпека руху – важливий показник стійкої й успішної роботи локомотивного господарства залізниць. Тому керівництво галузі приділяє постійну увагу вдосконаленню приладів безпеки. При цьому перед розробниками пристроїв даного призначення ставиться завдання передати частину функцій контролю безпеки руху від машиніста автоматиці, знизивши тим самим вплив людського чинника. За останні двадцять років у цій галузі було запропоновано чимало інноваційних рішень, завдяки яким були визначені найбільш затребувані функції приладів, що забезпечують безпеку руху. Найбільшу ефективність показали: використання радіоканалу для обміну інформацією між локомотивом і підлоговою частиною інфраструктури,

зчитування інформації з точкових підлогових датчиків, широке застосування супутникової навігації, безперервний контроль працездатності машиніста, взаємодія з іншими мікропроцесорними системами на борту тягової одиниці. Упровадження таких систем, як КЛУБ-У, САУТ-ЦМ і ТСКБМ, на певному етапі виправдало себе. Це дозволило поліпшити ситуацію з попередженням проїздів заборонних сигналів. Досвід експлуатації показав, що кожна система має свої переваги. Однак найбільш ефективно використання згаданих приладів безпеки в комплексі, коли пристрої функціонально доповнюють один одного в єдиному процесі забезпечення безпеки руху поїзда.

Фахівці ПКБ ЦТ розробили комплексні проекти модернізації, за якими локомотиви оснащуються приладами безпеки в ході заводських ремонтів. Однак таке «механічне» об'єднання на одному локомотиві різних систем має не тільки позитивні сторони, але й певні недоліки. Кабіна машиніста виявилася перевантаженою дублюючими один одного інформаційними блоками і пристроями, а машиніст, замість контролю безпеки руху поїзда, змушений у результаті стежити за роботою самих приладів. У частині реєстрації і розшифрування поїзних параметрів склалася ситуація, коли є два, а то й три джерела даних. При цьому прочитана з них інформація може відрізнитися. Незважаючи на комп'ютерну обробку, збільшилися обсяги операцій, пов'язаних з розшифруванням даних про поїздку, була потрібна особлива підготовка фахівців, що обслуговують системи дешифрації. Отже, впровадження нових приладів безпеки не полегшило, а ускладнило життя експлуатаційних депо. Спроби вирішити всі перелічені проблеми починалися, але далі одиночних зразків справа не пішла, а висока вартість цих розробок практично виключала їх масове впровадження.

Таким чином, передумовою для створення комплексу БЛОК стала потреба в системі, яка реалізовувала б усі функції забезпечення безпеки в єдиній оптимальній конструкції. При цьому її вартість повинна бути дешевше комплексу КЛУБ-У, САУТ-ЦМ/485 і ТСКБМ.

Результати приймальної комісії стали підставою для прийняття рішення оснащувати комплексом БЛОК нові електровози серій 2ЕС6, 2ЕС10 і ЕП20, а також тепловози серії 2ТЕ25А.

Структура, принцип роботи комплексу. Комплекс БЛОК являє собою модульну структуру, елементи якої відповідають за реалізацію функцій комплексу, а також забезпечують взаємодію із системами управління локомотива в єдиному процесі ведення поїзда. Функціональні елементи комплексу з'єднані між собою внутрішнім CAN-інтерфейсом. Комплекс здійснює контроль безпеки руху при веденні поїзда, у тому числі при обслуговуванні локомотива машиністом в одну особу.

Складові елементи комплексу БЛОК. Ще на етапі розроблення комплексу були закладені можливості інтеграції його з мікропроцесорними системами управління та діагностики локомотива. При цьому для реалізації функцій на локомотиві використовуються як нові, так і раніше розроблені технічні рішення, які добре зарекомендували себе в експлуатації. Основні складові бортового устаткування комплексу БЛОК:

- системна шафа СШ (рисунок);
- локомотивний блок індикації та блок індикації помічника машиніста;
- блок реєстрації БР і касета реєстрації КР;
- універсальний блок приймання сигналів АЛС-ТКС;
- мовний інформатор;
- блок зв'язку з датчиками швидкості БС-ДПС;
- приймальна котушка сигналів з рейкового кола КПРС;
- приймач сигналу ТСКБМ.



Рис. Системна шафа комплексу блок

До устаткування, використовуваного в роботі комплексу БЛОК, належать: електропневматичний клапан ЕПК, блок контролю несанкціонованого відключення

ЕПК ключем КОН, колійні датчики швидкості ДПС, антенне обладнання локомотива. Призначення основних складових комплексу БЛОК. Програмно-

обчислювальне ядро комплексу компактно розміщене у системній шафі. Ця шафа реалізує функції обробки даних про значення супутникової навігаційної системи, організацію радіообміну інформацією по каналах 160 МГц, «Tetra», GSM, GSM-R, параметри працездатності машиніста, а також контроль та організацію режиму обміну даними з іншими пристроями за допомогою внутрішнього CAN і додаткового цифрового інтерфейсу RS-485. У системній шафі розміщуються високочастотне обладнання, апаратура управління і модулі електроживлення. Високочастотне обладнання складається з модулів «Tetra» і GSM/GSM-R, радіомодему 160 МГц, що забезпечують двосторонній обмін інформацією та командами між стаціонарним (диспетчерським) пунктом і рухомих складом по цифровому радіоканалу на частотах 160 МГц «Tetra», GSM. При цьому для підключення поїзної радіостанції в системній шафі передбачений дуплексний фільтр.

Апаратура управління включає в себе:

- двоканальний модуль центральної обробки інформації, який контролює працездатність на підставі даних, отриманих від інших модулів по внутрішньому і зовнішньому CAN-інтерфейсах, задає остаточні значення допустимої і цільової швидкостей руху, необхідність проведення періодичної або одноразової перевірки пильності з урахуванням фізіологічного стану машиніста, формує дані для управління ЕПК і КОН, інформацію універсальному комплексу гальмівного обладнання локомотива для службового гальмування, мікропроцесорної системи управління локомотива, а також дані для їх порівняння модулем схеми безпеки, виконує апаратне порівняння повідомлень по двох каналах;

- модуль супутникової навігаційної системи та електронної карти, який приймає й обробляє дані з використанням Глобальної навігаційної супутникової

системи (ГЛОНАСС) спільно з уже застосовуваною «Global Positioning System» (GPS) від поєднаної антени «Tetra» / GSM / GSM-R / СНС, визначає залізничну координату локомотива та інші параметри руху (допустиму і цільову швидкості), тип і назву залізничного об'єкта, що знаходиться попереду руху поїзда, відстань до нього;

- модуль-шлюз CAN, який призначений для узгодження взаємодії комплексу БЛОК з мікропроцесорними системами управління локомотивом;

- модуль обчислювача системи автоматичного керування локомотива НД-САУТ, функції якого – розрахунок програмних швидкостей і прицільного гальмування, видачі команд на розбір тяги і гальмування, контроль швидкості з урахуванням поточних обмежень;

- модуль контролера телемеханічної системи контролю неспання машиніста ТСКБМ-К, який здійснює обробку інформації про фізіологічні параметри машиніста, який формує у внутрішній CAN-інтерфейс інформацію про необхідність додаткової перевірки працездатності машиніста шляхом натискання на спеціальну рукоятку пильності;

- фільтри зовнішніх ланцюгів, які виконують функцію фільтрації вхідних сигналів.

Блок джерела електроживлення, також наявний в системній шафі, призначений для перетворення нестабілізованої напруги первинної (бортової) мережі електроживлення постійного струму з номінальними значеннями 35-150 В (у залежності від типу локомотива) в стабілізовану напругу постійного струму з номінальним значенням 50 В.

Крім системної шафи, встановленої в кузові локомотива, інша апаратура комплексу розміщується також у кузові або в кабіні машиніста. Наявний у кабіні на пульті машиніста блок індикації, що являє собою рідкокристалічний дисплей,

призначений для індикації поїзної інформації: відображення сигналів світлофорів, поточного часу, часу руху за графіком, фактичної швидкості, допустимої швидкості, рекомендованої швидкості, цільової швидкості, прискорення, режиму роботи (поїзної, маневрової, подвійною тягою), частоти каналу АЛС або роботи каналу АЛС-ЕП.

Крім того, рідкокристалічний дисплей відображає залізничні координати, назви об'єктів, що знаходяться попереду, і відстані до них, дані про тиски, а також інформує про режим запису на касету реєстрації, забезпечує індикацію попередньої світлової сигналізації та перевірки пильності.

Блок реєстрації БР здійснює приймання повідомлень з внутрішнього CAN-інтерфейсу і їх запису на касету реєстрації. Локомотивний блок індикації помічника БІЛ-ПОМ відображає сигнали світлофорів. Блок узгодження сигналів колійних датчиків швидкості БС-ДПС забезпечує приймання даних від колійних датчиків швидкості ДПС, контроль працездатності датчиків, первинну обробку сигналів з гальванічною розв'язкою від бортової мережі, обчислює і формує вектор фактичної швидкості, прискорення і фактичної швидкості руху поїзда. Блок БС-ДПС також зберігає дані про поїзні характеристики в незалежній пам'яті. Блок універсального приймача АЛС-ТКС призначений для приймання безперервних рейкових каналів АЛС, АЛС-ЕН, колійних генераторів САУТ. Даний блок формує у внутрішній CAN-інтерфейс і додатковий цифровий інтерфейс RS-485 інформацію від приймальних котушок про поточні показання АЛС і даних, отриманих від підлогових пристроїв САУТ. Блок приймача підсистеми контролю неспання машиніста ТСКБМ-П здійснює приймання по радіоканалу від переносної частини ТСКБМ даних про фізіологічні параметри машиніста і передає їх по CAN-інтерфейсу. Приймальні котушки КПРС призначені для

роботи у двох діапазонах частот. Перший діапазон частот (НЧ) – сигнали рейкових кіл АЛС, другий діапазон (ВЧ) - сигнали колійних пристроїв САУТ. Суміщена антена радіоканалу «Tetra» / GSM / GSM-R / СНС призначена для роботи з локомотивними радіостанціями, а також у складі систем визначення місцезнаходження рухомого складу на базі стандартів GPS / ГЛОНАСС. Антена радіоканалу 160 МГц призначена для роботи на рухомих об'єктах залізничного транспорту в діапазоні частот 160 МГц. Пульт мовної інформації використовується для відтворення мовних повідомлень.

Переваги комплексу БЛОК. У комплексі БЛОК уперше конструктивно реалізований принцип об'єднання функціональних елементів у загальну систему з раціональним розміщенням інтелектуальних мікропроцесорних компонентів у загальному корпусі. Конструкція вийшла досить компактною і зручною для обслуговування. Так, контролер ТСКБМ-К, який займав простір у кабіні машиніста, або апаратура обробки інформації САУТ, яка розташовувалася у вигляді окремого блока в кузові локомотива, у комплексі БЛОК реалізовані у вигляді модулів системної шафи. Передбачені широкі можливості реконфігурації і взаємозамінності окремих елементів. Наприклад, при виході з ладу блока індикації системи управління блок БІЛ відображає інформацію як комплексу БЛОК, так і системи управління локомотивом. Значна увага при створенні комплексу БЛОК була приділена вдосконаленню алгоритмів роботи при забезпеченні безпеки ведення поїзда. Виключені випадки невинного застосування автостопного гальмування, яке замінене службовим. Доопрацьовані з урахуванням додаткових параметрів алгоритми визначення максимально допустимої швидкості, аналіз функціонального стану машиніста здійснюється з урахуванням його дій з

управління локомотивом. Ведеться вдосконалення єдиної бази даних колійних об'єктів для забезпечення оптимальної роботи локомотивної електроніки.

Наступним позитивним моментом, який забезпечується впровадженням комплексу БЛОК, є організація реєстрації всієї необхідної інформації про поїздку на єдиному носії. У найближчій перспективі в ролі такого носія буде застосовуватися безконтактний картридж комплексу КІО-САУТ, розроблений фахівцями ТОВ «НВО САУТ» в 2010 р. Варто відзначити, що на перспективних електропоїздах «Desiro Rus», створюваних у рамках спільного російсько-німецького проекту для обслуговування Олімпіади-2014, як система забезпечення безпеки буде застосований комплекс БЛОК. У сучасних умовах одним з визначальних чинників є питання вартості. Незважаючи на інноваційну складову, значне розширення функціональних можливостей і істотний заділ на перспективу розвитку, розробниками комплексу БЛОК були виконані жорсткі умови, поставлені керівництвом ВАТ «РЖД» в частині вартості нової системи.

Ціна локомотивокомплекту в даний момент не перевищує сумарної вартості обладнання КЛУБ-У, САУТ-ЦМ і ТСКБМ. При цьому продовжується робота, спрямована на зниження вартості шляхом оптимізації елементної бази, подальшого раціонального поліпшення конструкції, пошуку нових рішень. У цих умовах БЛОК та його модифікації мають усі шанси стати найближчим часом базовим комплексом для оснащення всіх видів тягового рухомого складу.

Висновки. Повинні бути вирішені завдання, що вимагають доопрацювання програмного забезпечення та часткової апаратної адаптації БЛОК без модернізації колійного й станційного обладнання або доопрацювання програмного забезпечення стаціонарного обладнання при використанні зонних мереж передачі даних по радіоканалу.

Вирішення даного завдання дозволить скоротити виникнення несправностей апаратури і, як наслідок, збоїв у шляху проходження. Збільшення обсягу реєстрованої під час руху інформації.

Список літератури

1. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 37 с.
2. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки [Текст]. – К., 2009. – 300 с.

Ключові слова: рухомий склад, елементи, комплексний блок, системна шафа, цифровий інтерфейс.

Анотації

У локомотивному господарстві стан безпеки також оцінюється числом випадків браку, з яких виділяють проїзди заборонних сигналів. Це найбільш грубі порушення, що допускаються локомотивними бригадами. Їх наслідками є катастрофи й аварії, що супроводжуються великим матеріальним збитком, а деколи і людськими жертвами. Забезпечення безпеки значною мірою залежить від надійності машиніста в системі людина-машина, де машиною є сучасний локомотив.

В локомотивном хозяйстве состояние безопасности также оценивается числом случаев брака, из которых выделяют проезды запрещающих сигналов. Это наиболее грубые нарушения, допускаемые локомотивными бригадами. Их последствиями являются крушения и аварии, сопровождающиеся большим материальным ущербом, а порой и человеческими жертвами. Обеспечение безопасности в значительной степени зависит от надежности машиниста в системе человек-машина, где машиной является современный локомотив.

In a locomotive economy the state of safety is also estimated the number of cases of marriage, from which select passages of inhibiting signals. It is the most gross violations, assumed locomotive brigades, their consequences are shipwrecks and failures, attended with a great financial damage, and at times and by human victims. Providing of safety largely depends on reliability of machinist in the system man-machine, where a machine is a modern locomotive.

УДК 629.42:338.47

*О.В. Рибаків,
канд. техн. наук. О.С. Крашенінін*

МОДЕЛЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ ЛОКОМОТИВІВ ЗА КРИТЕРІЄМ ОПТИМАЛЬНОГО ПРИБУТКУ ВІД ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

Представив д-р техн. наук, професор А.П. Фалендиш

Постановка проблеми. Необхідність розроблення математичних моделей надійності локомотивів викликана тим, що дозволяє проводити порівняння різних варіантів стратегії їх утримання, у тому числі оптимально задовольняє поставлені цілі.

Аналіз багатьох задач оптимізації показує, що вони розв'язуються методами математичного програмування, особливо в тих випадках, коли поведінка систем залежить від багатьох змінних. Із існуючих методів програмування найбільш привабливим для розв'язання задач надійності різних систем є метод динамічного програмування, що не накладає жорсткі обмеження і допускає розроблення простих обчислювальних алгоритмів, що забезпечують швидку збіжність розв'язань [1, 2].

Мета статті. Розробити методіку оцінки надійності локомотивів шляхом

моделювання його станів за критерієм прибутку.

Виклад основного матеріалу. Для розв'язання задач визначення надійності обладнання локомотивів необхідні явні вирази показників надійності для оцінки загального очікуваного прибутку (або вартості) при різних варіантах його використання. Із сукупності варіантів обирається такий, який якнайкраще задовольняє деяку цільову функцію. Якби було k можливих варіантів, то потрібно було б розв'язати k окремих задач визначення надійності. Це означало б розв'язання k марковських матриць переходів.

Метод, розроблений Ховардом [3], дозволяє знаходити оптимальну поведінку, не розв'язуючи k матриць переходів. Елементи матриці переходів розташовуються послідовно, так що n -е розташування являє собою поведінку з

великим прибутком, ніж у $(n-1)$ -ї поведінки. Така процедура ґрунтується на принципі оптимальності Беллмана [3] для динамічного програмування. Цей принцип установлює, що оптимальна поведінка має ту властивість, що, який би не був початковий стан системи і розв'язання в початковий момент, наступні розв'язання повинні становити оптимальну поведінку відносно стану, що виходить в результаті першого розв'язання.

Для застосування цього принципу потрібно передусім знайти зв'язок між прибутками і марковским процесом. Розглянемо систему, яка може знаходитися в будь-якому з n можливих станів у довільний момент часу t . Під системою будемо розуміти експлуатований локомотив. Система приносить прибуток $q_i dt$, якщо вона знаходиться в стані E_i часі dt . Повний очікуваний прибуток від знаходження системи в стані E_i до моменту часу $t+dt$ є сумою прибутків, накопичених системою за dt , і прибутків, накопичених до моменту часу t . Виходячи з цього приходимо до такого рівняння:

$$V_i(t+dt) = q_i dt + \sum_{j=0}^n P_{ij} V_j(t), \quad (1)$$

де $V_i(t)$ – повний очікуваний прибуток, який система принесе за час t , якщо вона виходить зі стану E_i .

З рівняння (1) переходимо звичайним методом до диференціального рівняння

$$V_0(s) = \frac{q_0 s + \mu q_0 + \lambda q_1}{s^2 [s + (\lambda + \mu)]}, \quad \text{і} \quad V_1(s) = \frac{q_1 s + \lambda q_1 + \mu q_0}{s^2 [s + (\lambda + \mu)]}.$$

Використовуючи розкладання на прості дроби і зворотне перетворення Лапласа, отримуємо залежності, які мають у своїй структурі динаміку зміни прибутків та витрат за будь-який період експлуатації.

$$V_i'(t) = q_i + \sum_{j=0}^n a_{ij} V_j(t). \quad (2)$$

Використовуючи рівняння (2), можна вивести деякі загальні вирази для повного очікуваного прибутку, принесеного системою, якщо вона виходить зі стану E_i .

Розглянемо систему з такою матрицею інтенсивностей переходів A і вектором норми прибутку Q :

$$A = \begin{bmatrix} -\lambda & \lambda \\ \mu & -\mu \end{bmatrix}, \quad Q = \begin{bmatrix} q_0 \\ q_1 \end{bmatrix}.$$

Тоді диференціальні рівняння відносно повних прибутків мають вигляд:

$$\begin{aligned} V_0'(t) &= q_0 - \lambda V_0(t) + \lambda V_1(t), \\ V_1'(t) &= q_1 + \mu V_0(t) - \mu V_1(t). \end{aligned}$$

Припускаємо, що до моменту $t=0$ система має нульовий накопичений прибуток, тобто $V_0(0)=0$ і $V_1(0)=0$. Застосовуючи перетворення Лапласа [3], отримуємо:

$$\begin{aligned} (s + \lambda)V_0(s) - \lambda V_1(s) &= \frac{q_0}{s}, \\ -\mu V_0(s) + (s + \mu)V_1(s) &= \frac{q_1}{s}, \end{aligned}$$

звідки

Зазвичай вивчають поведінку системи при тривалій експлуатації. Тому визначимо через $V_i(t) = gt + v_i$ повний очікуваний прибуток для великих значень t , де v_i –

складова повного доходу, що визначається перехідним режимом, а g є середнім прибутком в одиницю часу для сталого режиму. Підставляючи цей вираз $V_i(t)$ до формули (2), отримуємо

$$g = q_i + \sum_{j=0}^n a_{ij}(\nu_j + gt).$$

Так як

$$\sum_{j=0}^n a_{ij} = 0,$$

тоді

$$g = q_i + \sum_{j=0}^n a_{ij}\nu_j. \quad (3)$$

Помножимо обидві частини (3) на ймовірності станів для сталого режиму P_i ($i = 0, 1, \dots, n$) і підсумуємо обидві частини отриманої рівності за всіма станами. Отримаємо

$$\sum_{i=0}^n g_i P_i = \sum_{i=0}^n q_i P_i + \sum_{j=0}^n \sum_{i=0}^n a_{ij} \nu_j P_i.$$

$$g^k(N+1) = \max_k \left\{ q_i^k + \sum_{j=0}^n a_{ij}^k \nu_j(N) \right\}. \quad (4)$$

Розглянемо задачу вибору одного або двох локомотивів (табл. 1), кожен з яких має різні інтенсивності відмов.

Так як

$$\sum_{i=0}^n P_i = 1$$

і

$$\sum_{i=0}^n a_{ij} P_i = 0,$$

тоді

$$g = \sum_{i=0}^n q_i P_i.$$

Для порівняння k можливих варіантів можна застосувати рівняння (3) і розробити алгоритм покращення розв'язання. Підставляючи значення ваг у всі k розв'язань, визначимо таке значення ваги, що максимізує g . Потім обчислимо прибуток і ваги для нового розв'язання. Цей процес продовжується до тих пір, поки новий розв'язок, обраний при $(N+1)$ -й ітерації, буде забезпечувати більший прибуток, ніж розв'язання на N -й ітерації. Якщо збільшення прибутку в результаті наступних ітерацій досягти не можна, то оптимальне розв'язання знайдено. У рекурентній формі розв'язання на $(N+1)$ -й ітерації має задовольняти таке рівняння:

Обладнання, якому властива висока інтенсивність відмов, буде забезпечувати і великий прибуток під час роботи.

Таблиця 1

Інтенсивність ремонту локомотивів

Стан	Варіанти ремонту	Інтенсивність переходів		Норми прибутку, q
		0	1	
0	$\begin{cases} A \\ B \end{cases}$	$-\lambda_{A0}$	λ_{A1}	q_{A0}
		$-\lambda_{B0}$	λ_{B1}	q_{B0}
1	$\begin{cases} C \\ D \end{cases}$	μ_{C0}	$-\mu_{C1}$	$-q_{C1}$
		μ_{D0}	$-\mu_{D1}$	$-q_{D1}$

Можна знайти оптимальне розв'язання, враховуючи, що в межі частки часу, проведеного системою в станах 0 і 1, дорівнює відповідно $\frac{\mu}{\lambda + \mu}$ і $\frac{\lambda}{\lambda + \mu}$.

Визначивши середній прибуток в одиницю часу як $\sum_{i=0}^n q_i P_i$, розглянемо табл. 2, в яку зведено всі чотири можливих варіанти.

Таблиця 2

Вибір варіантів утримання локомотивів

Варіант	Частина часу в стані P_i		Питомий прибуток		Повний очікуваний прибуток
	0	1	0	1	
$A \cup C$	$\frac{\mu_{C0}}{\lambda_{A0} + \mu_{C0}}$	$\frac{\lambda_{A1}}{\lambda_{A1} + \mu_{C1}}$	q_{A0}	$-q_{C1}$	$\sum_{i=0}^1 q_i P_i$
$A \cup D$	$\frac{\mu_{D0}}{\lambda_{A0} + \mu_{D0}}$	$\frac{\lambda_{A1}}{\lambda_{A1} + \mu_{D1}}$	q_{A0}	$-q_{D1}$	$\sum_{i=0}^1 q_i P_i$
$B \cup C$	$\frac{\mu_{C0}}{\lambda_{B0} + \mu_{C0}}$	$\frac{\lambda_{B1}}{\lambda_{B1} + \mu_{C1}}$	q_{B0}	$-q_{C1}$	$\sum_{i=0}^1 q_i P_i$
$B \cup D$	$\frac{\mu_{D0}}{\lambda_{B0} + \mu_{D0}}$	$\frac{\lambda_{B1}}{\lambda_{B1} + \mu_{D1}}$	q_{B0}	$-q_{D1}$	$\sum_{i=0}^1 q_i P_i$

Найкращим варіантом є варіант, де повний прибуток максимальний.

Висновки. При оцінці ефективності використання локомотивів у процесі експлуатації необхідно формувати базу даних щодо ймовірності станів їх функціонування при використанні різних

стратегій технічного обслуговування і поточного ремонту. Критерієм ефективності доцільно обирати добуток, що характеризує вибір оптимального співвідношення складових витрат на утримання локомотивів.

Список літератури

1. Вентцель, Е.С. Теория вероятности [Текст] / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
2. Гнеденко, Б.В. Математические методы в теории надежности [Текст] / Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьёв. – М.: Наука, 1965. – 524 с.
3. Половко, А.М. Основы теории надежности [Текст] / А.М. Половко, С.В. Гуков. – 2-е изд., перераб. и доп. – С.Пб.: БХВ – Петербург, 2006. – 704 с.

Ключові слова: локомотив, прибуток, експлуатація, інтенсивність відмов, моделювання надійності.

Анотації

Визначено підходи, що базуються на використанні математичних методів, які дозволяють моделювати зміну надійності локомотивів за критерієм оптимального добутку.

Определены подходы, основанные на использовании математических методов, которые позволяют моделировать изменение надежности локомотивов по критерию оптимального произведения.

The approaches based on the use of mathematical methods that can simulate the change in reliability of locomotives for the optimum product.

УДК 629.4.083

*Канд. техн. наук Ю.М. Дацун,
А.О. Таранов*

**ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ МЕТОДІВ ПРИ КОНТРОЛІ
СТАНУ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ЛОКОМОТИВІВ**

Представив д-р техн. наук, професор В.Г. Пузир

Вступ. Надійність сучасних тягових електродвигунів значною мірою визначається безвідмовністю їх вузлів та деталей. Аварійні пошкодження, що виникають під час руйнування або виходу із ладу комплектуючих тягових електродвигунів, призводять до порушення цілісності системи та великих економічних витрат на ремонт та відновлення пошкоджених місць у електромашинах. Підтримання необхідного ступеня надійності обладнання у процесі його експлуатації забезпечується системою технічного обслуговування і ремонту. Необхідність удосконалення системи та традиційних методів експлуатаційного контролю електричних машин визначається їх недостатньою ефективністю та потребою виводу обладнання із експлуатації. У цьому відношенні застосування засобів інфрачервоної (ІЧ) техніки для оцінки теплового стану забезпечує отримання оперативної інформації на працюючому обладнанні.

Останні дослідження і публікації.

Прилади інфрачервоної техніки отримали за останнє десятиріччя достатньо широке розповсюдження у різних галузях промисловості при оцінці теплового стану обладнання [1-3].

Технічні дані існуючого тепловізійного обладнання роблять можливим його застосування при контролі стану обладнання локомотивів. Зокрема виявлення таких дефектів, які не можуть бути встановлені ніякими іншими методами, наприклад, місцеве перегрівання з'єднань струмоведучих кабелів до обмоток тягового електродвигуна.

Постановка завдання. Визначити можливість застосування комплексів тепловізійного діагностування при оперативному контролі стану тягових електричних двигунів.

Виклад матеріалу. При заходженні локомотива в депо для проведення оглядів ТО-2 та ТО-3 виникає необхідність швидкої

й точної оцінки стану обмоток тягових електродвигунів та якірних підшипників, що неможливо зробити без спеціального обладнання.

Місцями найбільш вірогідного виникнення перегрівання в тягових електродвигунах є контактні з'єднання, обмотка двигуна, підшипникові вузли, моторно-вістові підшипники, фарфорові ізолятори щіткотримачів, щітки колекторів електричних машин (рис. 1).

Згідно з класом ізоляції, що застосовується в тягових двигунах тепловозів (для ТЕ-006 клас В), допустиме значення температури перегрівання обмоток становить: обмотки якоря 120 °С, котушки полюсів 130 °С, колектора 95 °С. Виникнення замикань в обмотках та котушках буде призводити до значних перегрівань у межах 100-1000 °С. Для виявлення несправностей тягових електричних машин за критерієм перегрівання доцільно використовувати тепловізійне обладнання.

Для отримання достовірної інформації щодо технічного стану елементів тягових електродвигунів пропонується застосування тепловізорів. Тепловізор (інфрачервона камера) – оптико-електронний вимірювальний прилад, що працює в інфрачервоній області електромагнітного спектра, "переводить" у видиму область спектра власне теплове випромінювання людей або техніки. Тепловізор нагадує цифрову фото-відеокамеру. Чутливий елемент тепловізора – матриця (решітка) мініатюрних детекторів сприймає інфрачервоні сигнали і перетворює їх в електричні імпульси, які після підсилення перетворюються у відеосигнал.

Тепловізор може використовуватися, як прилад для безконтактного вимірювання температури об'єктів і температурних полів. Розрізняють як візуальні, так і вимірювальні тепловізори. Останні, крім відображення розподілу температури в

кольорі на екрані приладу, дозволяють виконувати точні вимірювання температури в кожній точці отриманого зображення [4]. Термозображення (термограми) можуть відтворюватися на стандартному моніторі або накопичуватися у цифровій формі. На рис. 1 подано принципову схему поділу на функціональні модулі тепловізора [5].

Інфрачервоне (теплове) випромінювання від досліджуваного об'єкта через оптичну систему передається на приймач, який являє собою матрицю неохолоджуваних термодетекторів. Далі отриманий відеосигнал, за допомогою електронного блока вимірювання, реєстрації та математичної обробки оцифровується і відображається на екрані комп'ютера або дисплеї тепловізора. Тепловізор абсолютно безпечний для людини. Цей прилад тільки приймає інфрачервоне випромінювання, нічого при цьому не випромінюючи на відміну від рентгена, який має шкідливий вплив на людину. Іноді тепловізори плутають з приладами нічного бачення, які дозволяють орієнтуватися при низькому рівні освітленості, посилюючи світло, що потрапляє в об'єктив. Тепловізор виграє у приладу нічного бачення, так як не схильний до «засвічення» яскравими об'єктами, а бачить тільки випромінюване тепло (рис. 2) [4].

Для реалізації тепловізійного контролю тягових двигунів тепловозів у депо пропонується встановлення відповідного блока між рейками перед в'їздом на оглядову канаву ПТОл. Принципову схему роботи блока тепловізійного контролю зображено на рис. 3.

При заходженні локомотива на чергове ТО-2 чи ТО-3 блок автоматично сканує різницю температур між навколишнім середовищем та вузлами тягового двигуна.

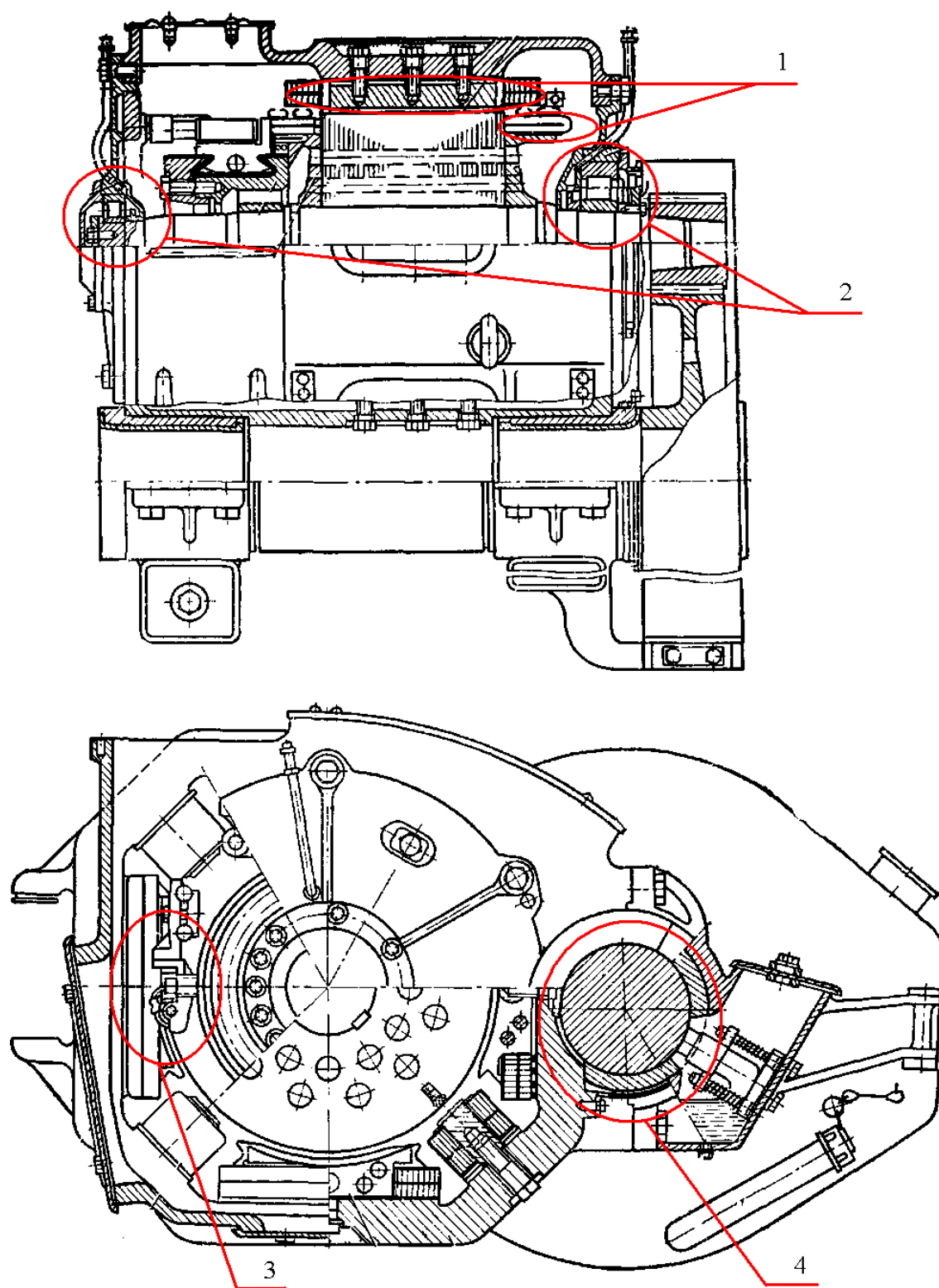


Рис. 1. Найчастіші місця перегрівання у тягових електродвигунах:
1 – обмотка двигуна; 2 – підшипникові вузли; 3 – щіточний апарат; 4 – буксові вузли
моторно-вістових підшипників

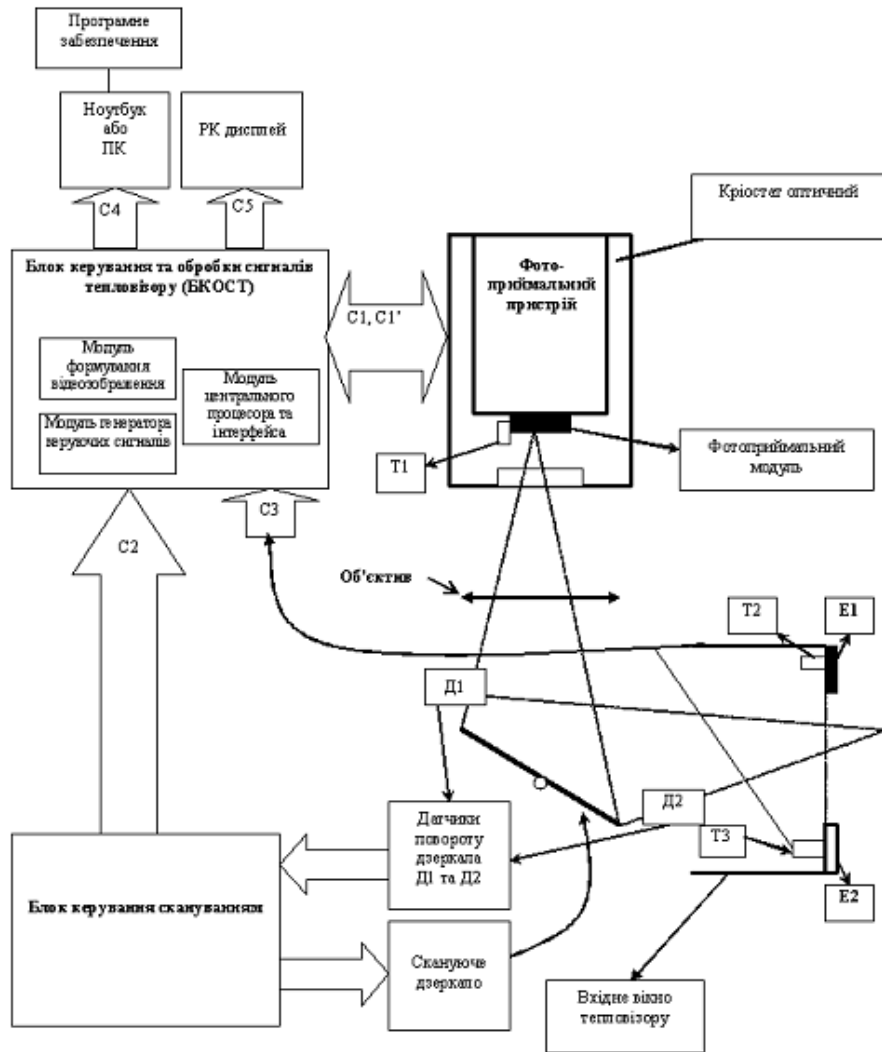


Рис. 2. Принципова схема функціональних модулів тепловізора:
 Е1, Е2 – температурні еталони для корекції неоднорідності чутливості фотодіодів;
 Т1, Т2 – датчики температури; Д1, Д2 – датчики початку та закінчення сканування;
 С1, С1', С2, С3, С4, С5 – сигнали взаємодії БКОСТ та основних компонентів

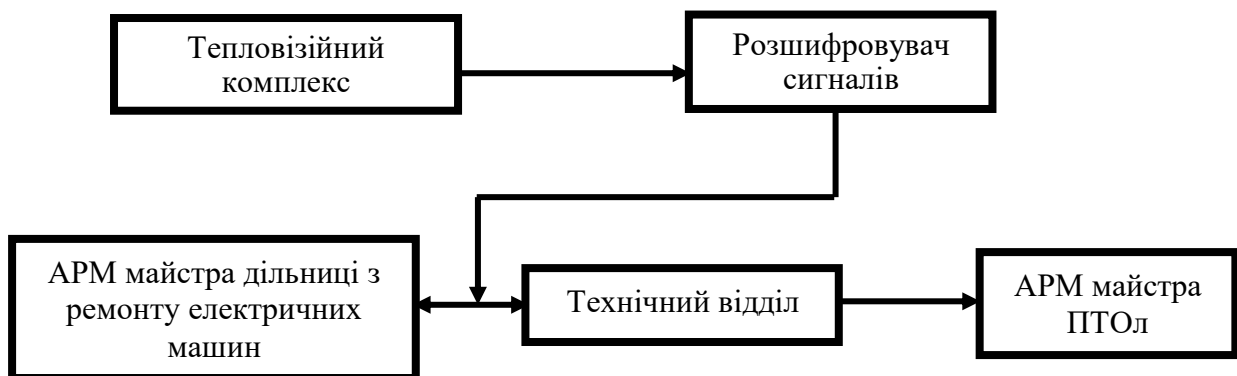


Рис. 3. Принципова схема роботи блока тепловізійного контролю

Сканований сигнал буде подаватися на розшифровувач сигналів, де різниця температур буде переведена в спеціальний графік, який разом із тепловізійним зображенням буде відправлений на АРМ майстра дільниці з ремонту електричних машин і технічний відділ. Разом сигнал буде подаватися на автоматизоване робоче місце майстра зміни, де він за отриманим графіком та зображеннями буде визначати технічний стан тягового двигуна, і в разі виявлення перегрівання приймати рішення про можливі варіанти усунення несправностей.

На отриманих у результаті тепловізійного контролю термограмах виділяють зони підвищеного нагрівання (рис. 4). Рівень тепловиділення може бути характеристикою:

- нормальної роботи (штатним рівнем тепловиділення);
- підвищеного теплового виділення внаслідок збільшеної навантаженості вузла;
- несправності вузла.

Для фіксування рівня розвитку дефекту при тепловізійному контролі використовується трирівнева система таких показників дефекту:

- «Норма»;

- «Попередження, що вимагає подальшого спостереження»;
- «Несправність, що вимагає втручання».

Розпізнавання несправностей виконується із застосуванням правил і бракувальних критеріїв.

Бракувальні критерії будують виходячи з максимальних допустимих значень температури або перевищення температури вузлів, згідно зі стандартами або нормативними керівними документами.

Обробка даних тепловізійного контролю вузлів, що мають теплову аномалію, проводиться на ПЕОМ з використанням комп'ютерної програми, що поставляється в комплекті з тепловізором, або спеціалізованих програм.

Результати тепловізійного контролю – термограми зберігаються в електронному вигляді з відповідними висновками та описом несправності.

За результатами розшифровки термограм складається протокол за результатами тепловізійного контролю вузлів локомотивів із зазначенням виду дефекту і рекомендаціями щодо його усунення [6].

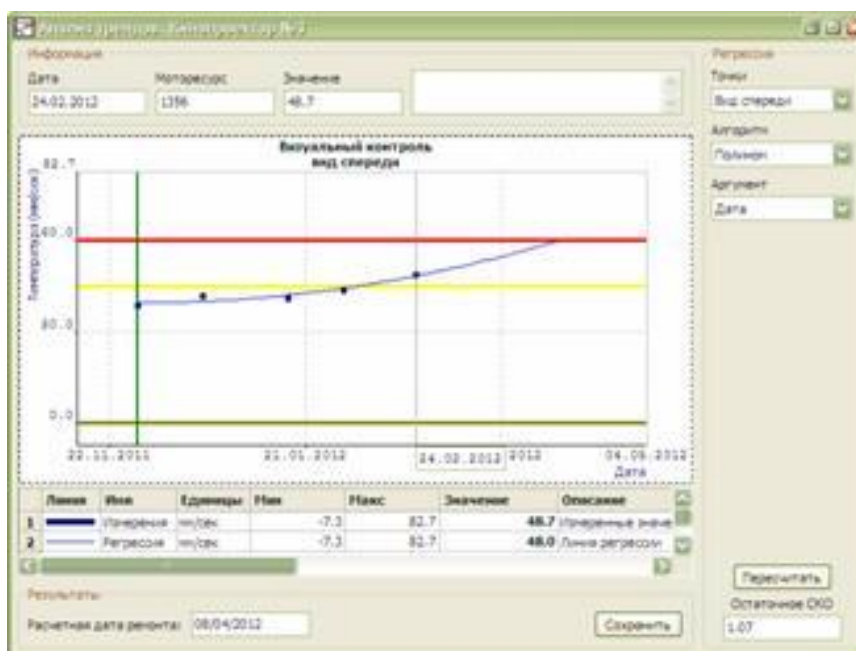


Рис. 4. Термограми обробки результатів тепловізійного контролю вузлів локомотива

Для розрахунку оптики необхідного тепловізора використовувалась залежність

$$FOV = 2 \operatorname{ArcTg} \frac{L_y}{2H},$$

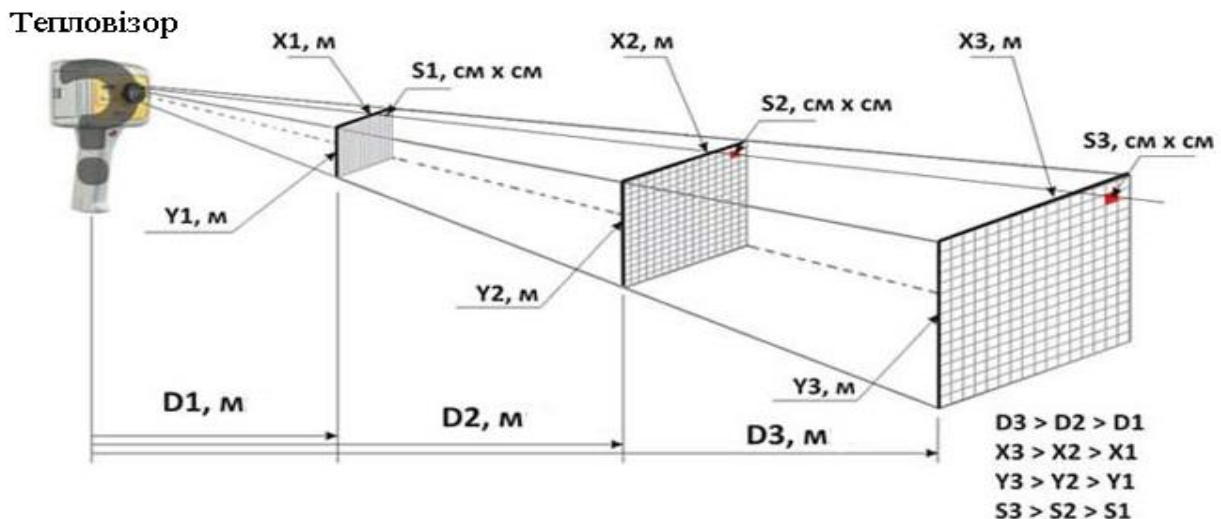
де L_y – розмір контрольованої зони по координаті Y, що визначається полем зору тепловізора;

H – відстань між об'єктом та лінзою.

Згідно з розрахунками визначено, що для тепловізійного контролю може бути застосована оптична система з кутом зору 40° .

На рис. 5 подано вид поля зору тепловізора. Фізично зображення об'єкта проектується на детекторі, при цьому чим

далі тепловізор знаходиться від об'єкта, тим більше «розмито» зображення. Тому чим більше буде в детекторі пікселів, тим чіткіше зображення ми будемо отримувати. Іноді (якщо тепловізор уже існує) його стандартне поле зору можна змінити. Для цього застосовують телеоб'єктиви. У таких об'єктах кут поля зору менше стандартного і вони ніби наближають об'єкт до тепловізора. У деяких об'єктивах тепловізорів використовується особлива конструкція лінз, яка забезпечує більш широке поле зору. Ці об'єктиви називаються ширококутними і позначаються WA (wide-angle). Такі об'єктиви застосовуються, коли немає можливості відійти на достатню відстань, щоб охопити об'єкт зміни [4].



D1, D2, D3 – відстань від тепловізора до об'єкта вимірювання, мм;
 X1, X2, X3 – ширина огляду по горизонталі, м;
 Y1, Y2, Y3 – ширина огляду по вертикалі, м;
 S1, S2, S3 – мінімальний розмір об'єкта "видимий" на заданій відстані, см²

Рис. 5. Вид поля зору тепловізора

Висновки. У результаті проведеного аналізу визначено можливість застосування комплексів тепловізійного діагностування

при оперативному контролі стану тягових електричних двигунів. Визначено параметри оптичної системи тепловізора.

Список літератури

1. Аш, Ж. Датчики измерительных систем [Текст]. В 2 кн. Кн. 1 / Ж. Аш; пер. с фр. – М.: Мир, 1992. – 480 с.
2. Вавилов, В.П. Тепловые методы неразрушающего контроля [Текст]: справочник / В.П. Вавилов. – М.: Машиностроение, 1991. – 264 с.
3. Maldague, X. Theory and practice of infrared technology for nondestructive testing. John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 2001. – 684 p.
4. <http://www.thermoview.ru/articles/fov/>
5. Багатоелементний тепловізор з високою температурною чутливістю та телевізійною чутливістю кадрів [Текст] / Ф.Ф. Сизов, О.В. Бехтір, Є.О. Білевич [та ін.] // Наука та інновації. – 2005. – Т. 1. – № 3. – С. 20–33.
6. <http://teplovizor-tr.ru/methodi-teplovizionnogo-kontrolya-lokomotivov.htm>

Ключові слова: тепловізор, тепловізійний контроль, локомотивне господарство, локомотивне депо, тягові електродвигуни, електричні машини.

Анотації

У результаті проведеного аналізу визначено можливість застосування комплексів тепловізійного діагностування при оперативному контролі стану тягових електричних двигунів. Визначено параметри оптичної системи тепловізора.

В результате проведенного анализа определена возможность применения комплексов тепловизионного диагностирования при оперативном контроле состояния тяговых электрических двигателей. Определены параметры оптической системы тепловизора.

An article in The analysis identified the possibility of complex thermal diagnostics in operational control of the traction electric motors. The parameters of the optical system imager.

УДК 621.436:662.756.3

*Кандидати техн. наук А.О. Казрамян,
О.Г. Крушедольський,
В.В. Захарченко*

**РОЗРАХУНКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ
ТЕПЛОВОЗНОГО ДИЗЕЛЯ ПРИ ЙОГО РОБОТІ НА СУМІШІ
ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА ТА МЕТИЛОВОГО ЕФІРУ РІПАКОВОЇ ОЛІЇ**

Представив д-р техн. наук, професор С.А. Єрощенко

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями. Вирішення завдання вибору конструктивних і регулювальних двигунів

будь-якого призначення за яким-небудь критерієм може здійснюватися двома методами: експериментальним або розрахунковим. Можливе і їхнє сполучення.

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.

Розрахунковий метод здається кращим особливо на початковій стадії проектування. Він заснований на математичному моделюванні, що останнім часом усе більше поширюється. Це пов'язано з успіхами теорії ДВЗ, прикладної математики, рівнем розвитку і доступністю сучасної обчислювальної техніки, комп'ютеризацією виробництва і наукових досліджень. Однак його реалізація вимагає наявності достовірної математичної моделі процесів, які протікають у ДВЗ, а також проведення її адаптації до конкретної задачі роботи дизелів на суміші дизельного палива й рапсової 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 значного 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 кінцевих 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 регульовальних 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_n , частоти обертання колінчатого вала n_d , циклової подачі палива B . При цьому для тепловозних дизелів типу Д49, Д80, ПДГ1, К6S310DR, Д45, Д40, які експлуатуються в Укрзалізниці, як правило, для дизельного палива $m=0,2\dots0,3$, для ріпакової олії $m=0,5\dots0,6$. Що стосується метилового ефіру ріпакової олії, то тут показник згорання близький до показника згорання дизельного палива.

Постановка завдання. У даній роботі за мету було встановлено проведення розрахункового дослідження за розробленою методикою [2] номінального режиму роботи тепловозного дизеля 1Д80 (16ЧН26/27) при різних частках метилового ефіру ріпакової олії (МЕРО) у суміші з дизельним паливом (ДП).

Виклад основного матеріалу. Необхідна максимальна потужність силової установки магістрального тепловоза відповідає номінальному режиму дизеля і вона повинна дорівнювати $N_e = 2204$ кВт при частоті обертання колінчатого вала $n = 1000$ хв⁻¹. Спочатку досліджувалася можливість ефективної роботи дизеля 1Д80 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 Д80. 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 – $\varphi_{e'} = 405^\circ$ п.к.в. Фаза відкриття впускних клапанів – $\varphi_d = 310^\circ$ п.к.в. Фаза їх закриття – $\varphi_{d'} = 584^\circ$ п.к.в. При цьому перекриття фаз у в.м.т. складає $\Delta\varphi=95^\circ$ п.к.в. Геометричний ступінь стиску $\varepsilon = 12,5$, а площа прохідного перерізу соплового апарата турбіни $F_{ca} = 2 \times 76$ см².

Результати розрахунку робочого процесу при роботі дизеля 1Д80 на режимі номінальної потужності на чистому ДП наведені на рис. 1 у вигляді індикаторних діаграм і таблиці параметрів. Тут і далі під такими ж рисунками, що є копіями екрана монітора ПЕОМ, наведені основні показники роботи дизеля. Ці показники означають таке:

N_i – індикаторна потужність, кВт;

N_e – ефективна потужність, кВт;

$Emk1$ – ККД турбокомпресора;

g_i і g_e – індикаторна й ефективна витрати палива, кг/(кВт·год);

E_{vs} – коефіцієнт наповнення (η_{vs});

P_i і P_e – середній індикаторний і середній ефективний тиск, Па;

g_{am} – коефіцієнт залишкових газів (γ);

E_i й E_{ef} – індикаторний (η_i) і ефективний (η_e) ККД дизеля;

A_α – коефіцієнт надлишку повітря в циліндрі дизеля (α);

P_k і P_s – тиск наддувного повітря після компресора і перед впускними клапанами (p_k і p_s), Па;

V_{np} – коефіцієнт витоку продувного повітря (v);

W_{og} – відносні втрати теплоти в робочому циклі через стінки циліндра в охолоджуючу рідину і в мастило (w);

P_{mc} – середній за цикл тиск газів перед турбіною, Па (p_{TCP});

P_{nx} – середній тиск насосних ходів, Па (p_{nx});

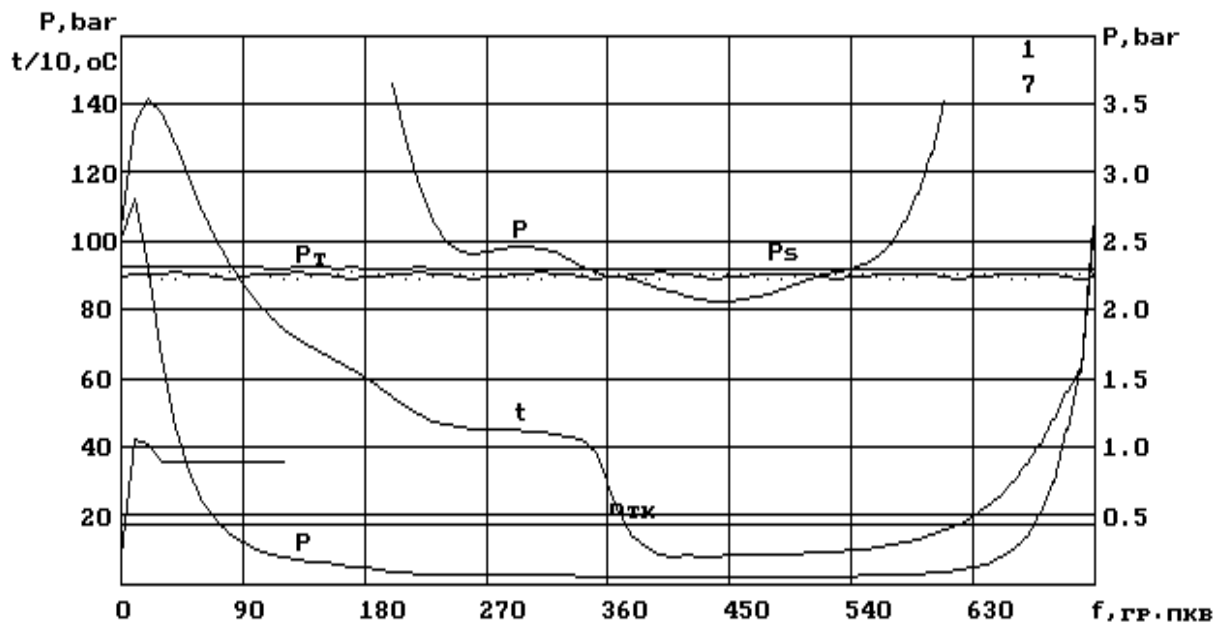
T_k і T_s – температури повітря після компресора і після охолоджувача наддувального повітря, К;

E_{kl} – ККД компресора (η_k) турбокомпресора;

P_z – максимальний тиск згоряння, Па (p_z);

T_{mc} – середня температура випускних газів перед турбіною, К (T_{tp});

q_{ef} – питома ефективна теплота, кДж/(кВт·год);



$N_i = 2.576E+0003$	$N_e = 2.204E+0003$	$E_{TK1} = 5.846E-0001$
$g_i = 1.748E-0001$	$g_e = 2.043E-0001$	$E_{Vs} = 9.342E-0001$
$p_i = 1.348E+0006$	$p_e = 1.153E+0006$	$g_{am} = 4.818E-0002$
$E_i = 4.848E-0001$	$E_{ef} = 4.146E-0001$	$A_{\alpha} = 2.359E+0000$
$p_k = 2.322E+0005$	$P_s = 2.304E+0005$	$U_{np} = 1.927E-0004$
$Mog = 1.867E-0001$	$P_{TC} = 2.250E+0005$	$P_{HX} = -4.179E+0004$
$T_k = 4.019E+0002$	$T_s = 3.387E+0002$	$E_{k1} = 7.925E-0001$
$P_z = 1.136E+0007$	$T_{TC} = 7.822E+0002$	$q_{ef} = 8.683E+0003$
$f_{ng} = 712$	$n_{TK} = 1.713E+0004$	$B_c = 9.379E-0004$
$f_z = 1.034E+0002$	$G_s = 4.277E+0000$	$G_{OT} = 0.000E+0000$
$m = 1.821E-0001$	$E_{T1} = 7.377E-0001$	$g_{NO} = 1.023E+0001$
$g_{ee} = 2.043E-0001$	$g_{eD} = 2.043E-0001$	$g_{eR} = 0.000E+0000$

Рис. 1. Індикаторні діаграми робочого процесу у першому за порядком роботи циліндрі дизеля 1Д80 на режимі номінальної потужності та результати розрахунку основних параметрів дизеля (роздруківка з екрана ПЕОМ) при його роботі на чистому дизельному паливі

f_{ng} – кут початку горіння палива (φ_n), °п.к.в.;

n_{mk} – частота обертання ротора турбокомпресора, хв⁻¹;

B_c – циклова подача палива у циліндр дизеля на даному режимі роботи, кг/цикл;

fz – тривалість горіння палива (φ_z),
°п.к.в.;

G_s – витрата повітря через дизель,
кг/с;

G_{om} – витрата газів через
перепускний клапан, кг/с (у нашому
випадку такого клапана немає);

m – показник в емпіричній
характеристиці згоряння І.І.Вібе;

$Em1$ – ККД турбіни турбоком-
пресора;

g_{NO} – питома викид оксидів азоту,
г/(кВт·год);

g_{ee} – питома ефективна витрата
теплоти відносно дизельного палива,
кг/(кВт·год);

g_{eD} – питома ефективна витрата
дизельного палива, кг/(кВт·год);

g_{eR} – питома ефективна витрата
МЕРО, кг/(кВт·год).

Аналізуючи отримані результати, для
вихідного варіанта можна констатувати
таке. Необхідна потужність тут отримана
при тиску наддувного повітря (“ P_s ”)
 $p_s = 0,23$ МПа, коефіцієнті надлишку
повітря (“ A_c ”) $\alpha = 2,36$ й індикаторному
ККД. (“ E_i ”) $\eta_i = 0,485$. При цьому отримана
достатньо висока паливна економічність.
Питома ефективна витрата палива (“ g_{ef} ”)
склала $g_e = 0,204$ кг/(кВт·год), що на
5 г/(кВт·год) менше ніж у коломенських
дизелів 5Д49 (Росія). Максимальний тиск
згоряння (“ P_z ”) при цьому менше допус-
тимої величини і склав $p_z = 11,36$ МПа при
допустимому максимальному тиску
 $p_z = 13$ МПа. Нижче допустимої для
пензенських турбін ТК величини є й
температура випускних газів перед
турбіною (“ T_T ”) $T_T = 782$ К < 823 К. Але
недостатньо великим для дизелів із висо-
ким ступенем форсування ($p_e = 1,15$ МПа
 (“ P_e ”)) виявився механічний ККД дизеля
(P_e/P_i) $\eta_m = 0,855$. Це визначається
достатньо високим рівнем насосних витрат.
Середній тиск насосних витрат (“ P_{nx} ”)
склав $p_{nx} = 0,04179$ МПа навіть при тому,
що тиск наддувного повітря (“ P_s ”)
перевищує протитиск у випускному

колекторі (“ P_{mc} ”). При цьому також
ускладнюється і продувка циліндра, яка у
форсованих чотиритактних дизелях має за
мету зниження температур циліндро-
поршнєвої групи і, особливо, випускних
клапанів. Так, коефіцієнт витікання
продувного повітря (“ f_{ipr} ”) складає всього
 $\nu = 0,0193$ проти оптимального
 $\nu = 0,05 \dots 0,06$ [9]. Тому є дві причини. По-
перше, на наш погляд, низькі значення час-
перерізів випускних та впускних клапанів,
які залишилися на 1Д80 з діаметром
циліндра 260 мм такими ж, якими були на
попередній модифікації дизеля Д70 із
діаметром циліндра 240, а потім 250 мм.
По-друге, відносно низький ККД
турбокомпресора ТК41 (“ E_{tk1} ” $\eta_{mk} = 0,58$).
При доводці турбіни та компресора і
підвищенні ККД ТК до $\eta_{mk} = 0,6$ можна буде
знизити питому ефективну витрату палива
десь до $g_e = 0,2$ кг/(кВт·год). Узагалі режим
номінальної потужності дизеля 1Д80 не
викликає сумнів відносно економічної та
надійної його роботи.

Далі розраховувалися робочі процеси
номінального режиму дизеля 1Д80 при
його роботі на різних сумішах ДП та
МЕРО. При цьому розглядалися суміші з
часткою МЕРО Γ_R 10, 25, 50, 75, 90, 100 %.
Ефективність циклів оцінювалася
нижченаведеними параметрами.

Питома ефективна витрата суміші ДП
та МЕРО, кг/(кВт·год)

$$g_e = B_v / [(1-r_R)Q_H^{p_D} + r_R Q_H^{p_R}]. \quad (1)$$

Питома ефективна витрата теплоти,
кДж/(кВт·год)

$$q_{ef} = 30[(1-r_R)B_c Q_H^{p_D} + r_R B_c Q_H^{p_R}] n Z / N_e / 1000. \quad (2)$$

Питома ефективна витрата теплоти,
яка віднесена до ДП, кг/(кВт·год)

$$g_{ee} = q_{ef} / Q_H^{p_D}. \quad (3)$$

Питома ефективна витрата ДП у суміші, кг/(кВт·год)

$$g_{eD} = (1-r_R)B_u/Q_H^p D. \quad (4)$$

Питома ефективна витрата МЕРО у суміші, кг/(кВт·год)

$$q_v = Q_{H\delta}^p B_\delta \frac{dx_\delta}{d\tau} + Q_{Hp}^p B_p \frac{dx_p}{d\tau} = \left(Q_{H\delta}^p B_\delta \frac{dx_\delta}{d\varphi} + Q_{Hp}^p B_p \frac{dx_p}{d\varphi} \right) 6n_D, \quad (6)$$

де $Q_{H\delta}^p = 42500$ кДж/кг, $Q_{Hp}^p = 37500$ кДж/кг – відповідно теплоти згорання дизельного палива та рапсової олії; B_δ, B_p – відповідно циклові порції дизельного палива та ріпакової олії.

Надійність роботи дизеля оцінювалася за максимальним тиском згорання p_z та за середньою температурою газів перед турбіною T_{TC} , які не можуть перевищити величини відповідно 13 МПа та 823 К. Звичайно, що підвищення частки МЕРО у паливній суміші призведе до зниження теплоти згорання, зниження коефіцієнта надлишку повітря α , зниження максимального тиску згорання p_z , підвищення подовження згорання φ_z та підвищення температури випускних газів T_{TC} . Останнє позитивно вплине на підвищення потужності турбіни та підвищення тиску наддування повітря p_s . Все це ми бачимо у результатах розрахунків робочих циклів номінальних режимів роботи дизеля 1Д80 на паливних сумішах з різною часткою МЕРО. Ці результати наведені нижче (рис. 2-7). Вони є роздруковками з екрана ПЕОМ. Для

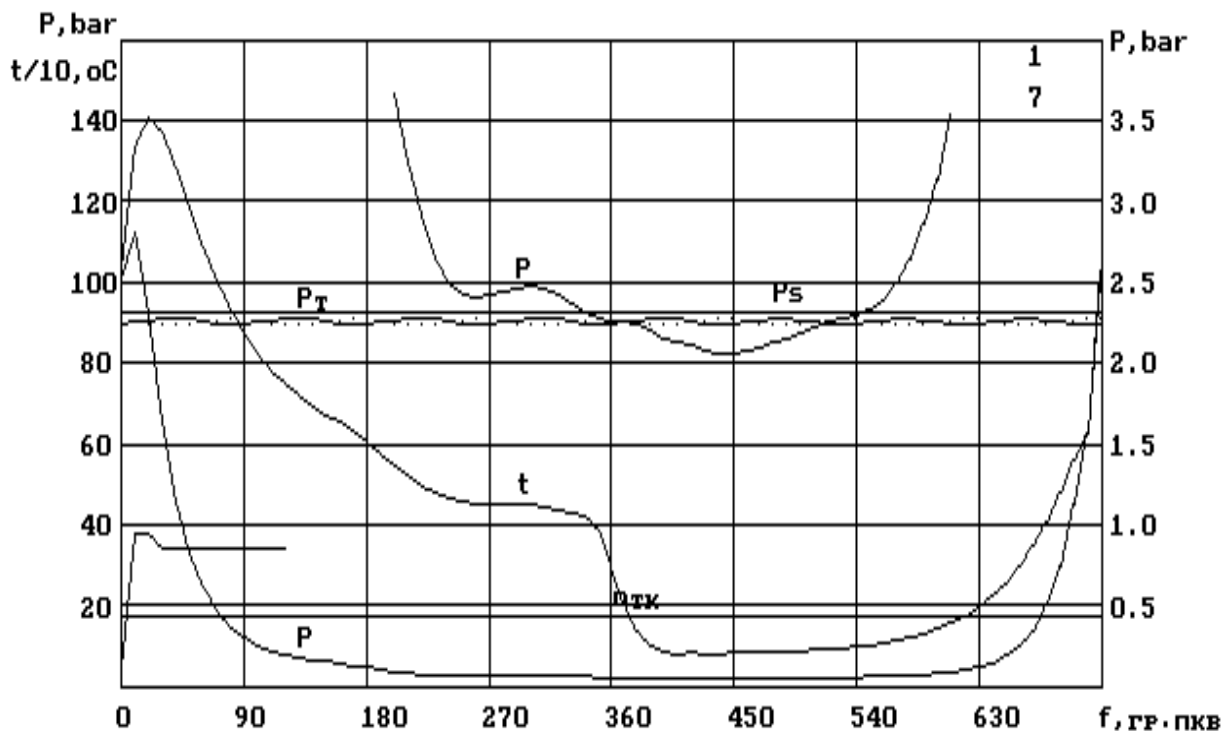
$$g_{eR} = r_R B_u / Q_H^p R. \quad (5)$$

Інтенсивність внутрішнього джерела теплоти q_v , обумовленого вигоранням суміші дизельного палива та рапсової олії, можна знайти по формулі:

полегшення аналізу результатів параметри, які найбільш змінюються, зібрані у таблиці та на рис. 8.

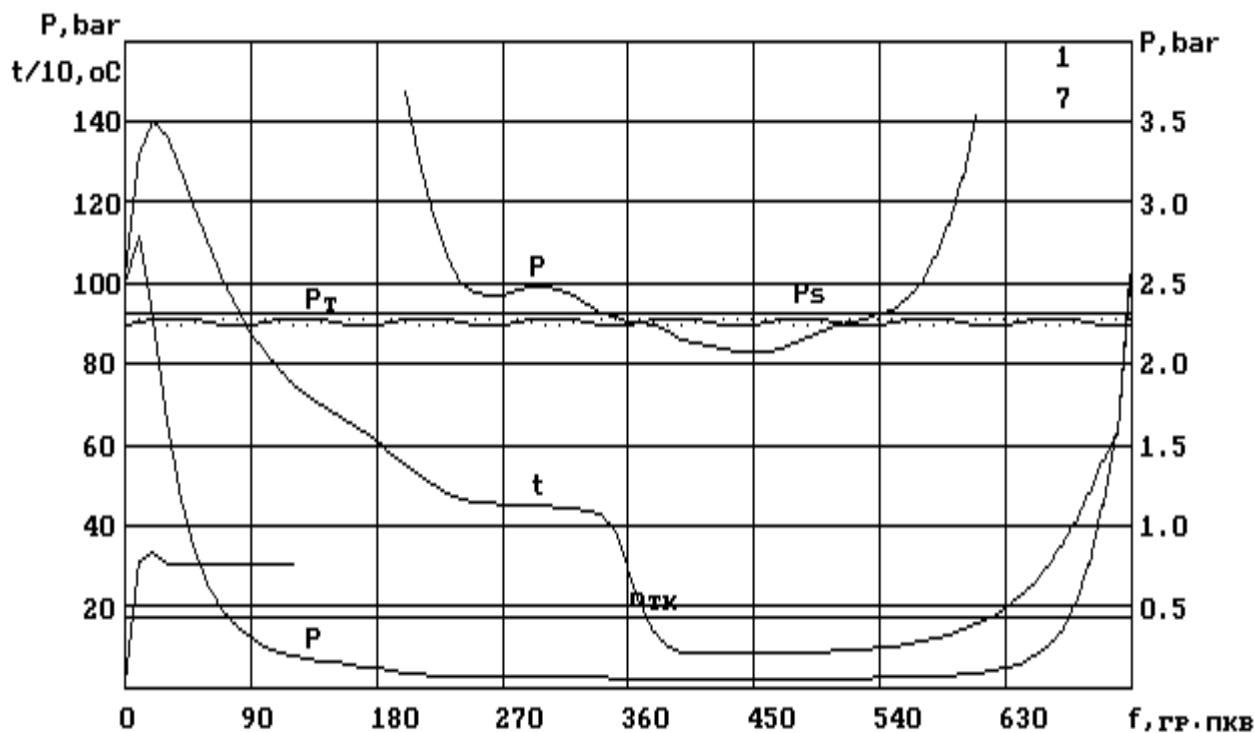
Висновки. Аналіз цих результатів показує, що при зростанні частки МЕРО у суміші з ДП зростає циклова подача палива B_c , внаслідок чого значно зменшуються з 2,36 до 2,1 коефіцієнт надлишку повітря α та індикаторний ККД η_i (з 0,485 до 0,478). У результаті цього зростають питомі витрати суміші палива 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.

Слід також зазначити, що, крім економії ДП, відбувається 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 згорання менше ніж 2000 К.



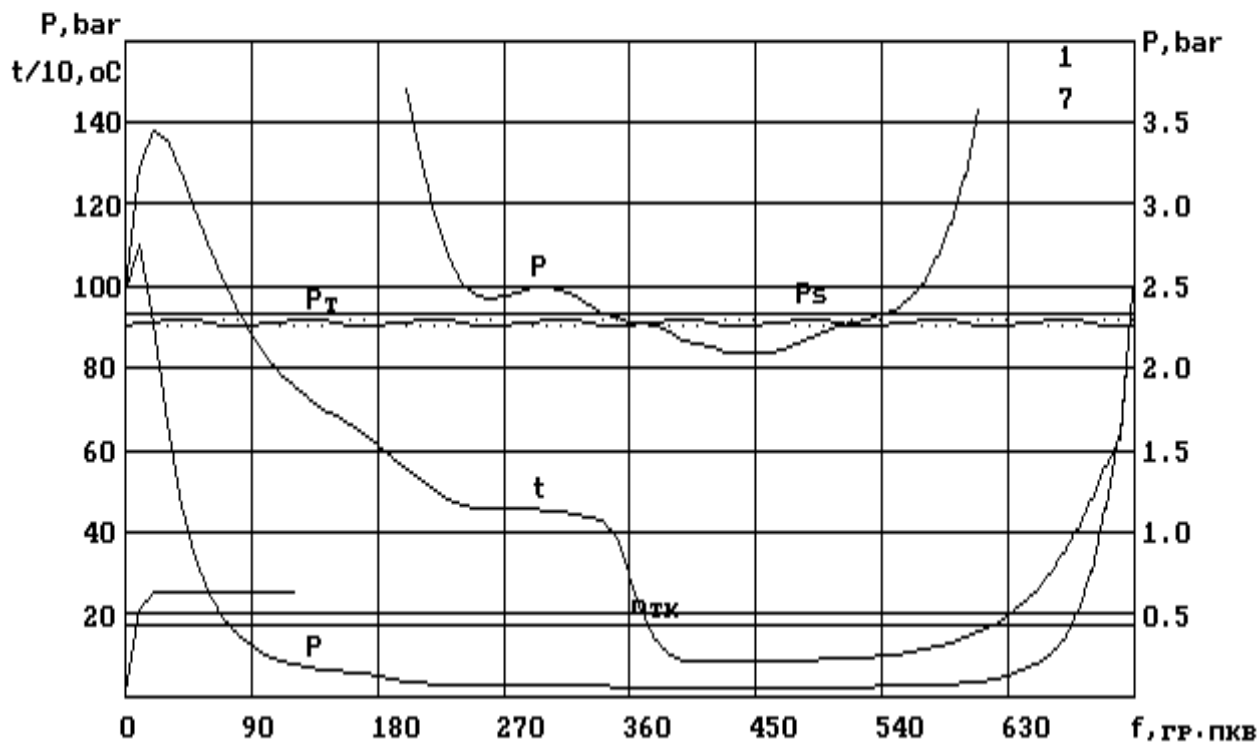
Ni= 2.578E+0003	Ne= 2.206E+0003	E _{TK1} = 5.848E-0001
gi= 1.770E-0001	ge= 2.069E-0001	E _{vs} = 9.345E-0001
pi= 1.349E+0006	Pe= 1.154E+0006	gam= 4.800E-0002
Ei= 4.843E-0001	Eef= 4.094E-0001	A _ц = 2.333E+0000
p _к = 2.329E+0005	P _s = 2.310E+0005	U _{np} = 2.239E-0004
Wog= 1.860E-0001	P _{TC} = 2.255E+0005	p _{нх} = -4.179E+0004
T _к = 4.022E+0002	T _s = 3.388E+0002	E _{к1} = 7.927E-0001
Pz= 1.131E+0007	T _{TC} = 7.838E+0002	qef= 8.690E+0003
fng= 712	n _{TK} = 1.716E+0004	B _c = 9.508E-0004
fz= 1.041E+0002	G _s = 4.293E+0000	G _{OT} = 0.000E+0000
m= 1.900E-0001	E _{T1} = 7.377E-0001	g _{NO} = 9.746E+0000
gee= 2.045E-0001	geD= 1.862E-0001	geR= 2.069E-0002

Рис. 2. Індикаторні діаграми робочого процесу у першому за порядком роботи циліндрі дизеля 1Д80 на режимі номінальної потужності та результати розрахунку основних параметрів дизеля (роздруківка з екрана ПЕОМ) при його роботі на суміші 10 % МЕРО та 90 % ДП



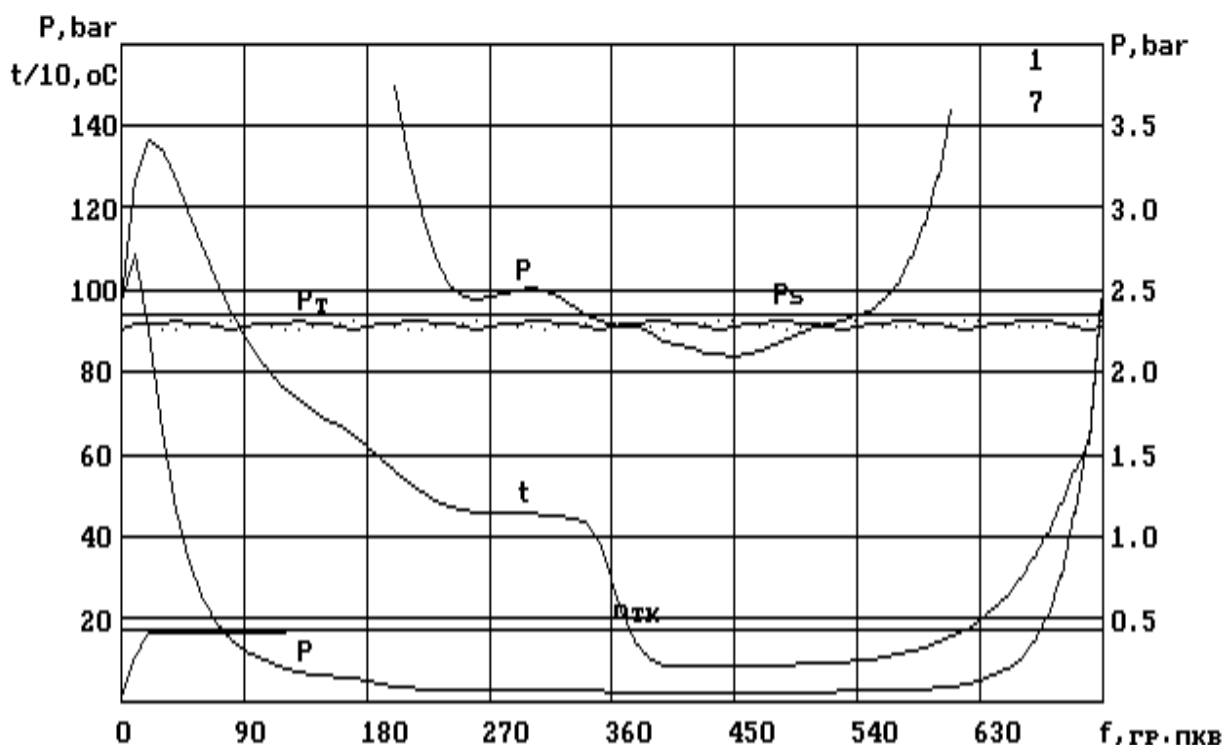
Ni= 2.581E+0003	Ne= 2.209E+0003	Eтк1= 5.849E-0001
gi= 1.805E-0001	ge= 2.110E-0001	Evs= 9.356E-0001
pi= 1.351E+0006	Pe= 1.156E+0006	gam= 4.707E-0002
Ei= 4.836E-0001	Eef= 4.015E-0001	Aц= 2.294E+0000
Pк= 2.337E+0005	Ps= 2.319E+0005	Vпг= 3.649E-0004
Wог= 1.851E-0001	Pтс= 2.261E+0005	Pнх= -4.184E+0004
Tк= 4.027E+0002	Ts= 3.391E+0002	Eк1= 7.927E-0001
Pz= 1.124E+0007	Tтс= 7.865E+0002	qef= 8.702E+0003
fng= 712	птк= 1.720E+0004	Bс= 9.708E-0004
fz= 1.052E+0002	Gs= 4.315E+0000	Gот= 0.000E+0000
m= 2.023E-0001	Eт1= 7.378E-0001	gNO= 8.851E+0000
gee= 2.048E-0001	geD= 1.582E-0001	geR= 5.274E-0002

Рис. 3. Індикаторні діаграми робочого процесу у першому за порядком роботи циліндрі дизеля 1Д80 на режимі номінальної потужності та результати розрахунку основних параметрів дизеля (роздруковка з екрана ПЕОМ) при його роботі на суміші 25 % МЕРО та 75 % ДП



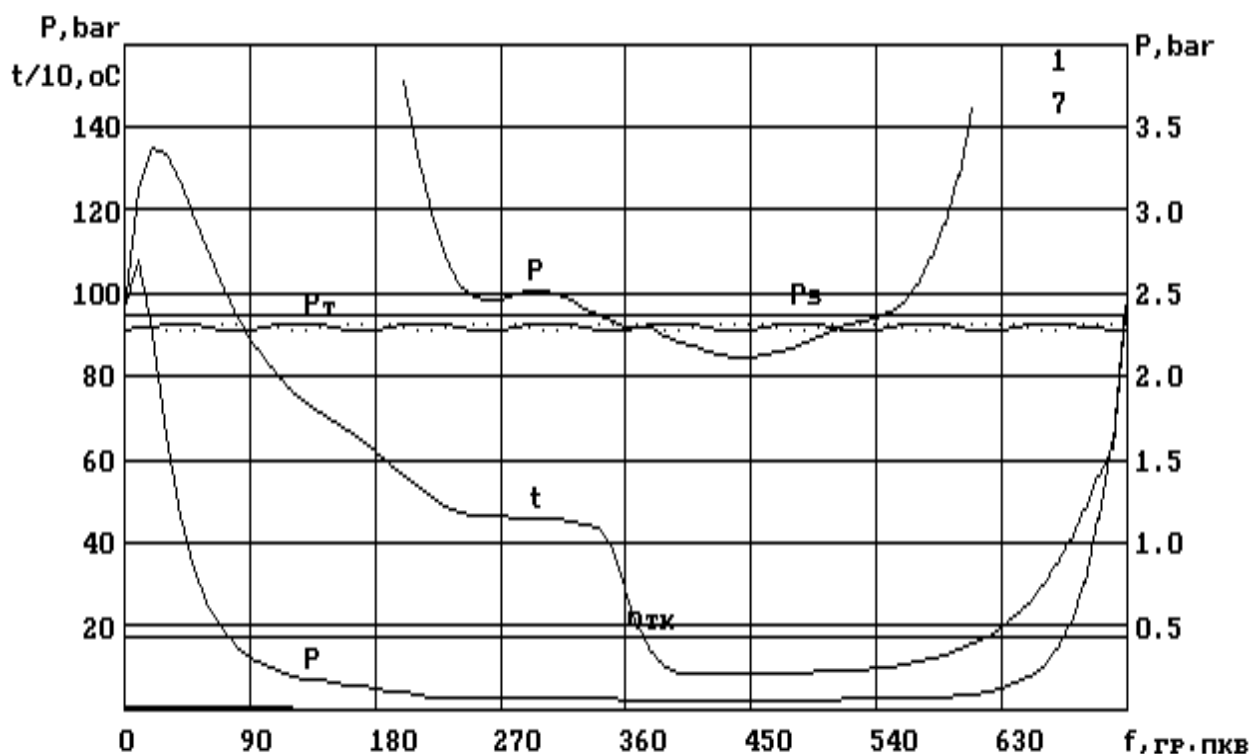
Ni= 2.588E+0003	Ne= 2.216E+0003	E _{TK1} = 5.853E-0001
gi= 1.867E-0001	ge= 2.181E-0001	Evs= 9.370E-0001
pi= 1.354E+0006	Pe= 1.160E+0006	gam= 4.599E-0002
Ei= 4.821E-0001	Eef= 3.884E-0001	Aц= 2.229E+0000
pк= 2.356E+0005	Ps= 2.337E+0005	V _{np} = 5.703E-0004
Wog= 1.834E-0001	P _{TC} = 2.276E+0005	p _{нх} = -4.171E+0004
Tк= 4.038E+0002	Ts= 3.395E+0002	E _{к1} = 7.931E-0001
Pz= 1.111E+0007	T _{TC} = 7.911E+0002	qef= 8.723E+0003
fng= 712	п _{TK} = 1.729E+0004	Bc= 1.007E-0003
fz= 1.070E+0002	Gs= 4.360E+0000	G _{OT} = 0.000E+0000
m= 2.243E-0001	E _{T1} = 7.379E-0001	gNO= 6.847E+0000
gee= 2.053E-0001	geD= 1.090E-0001	geR= 1.090E-0001

Рис. 4. Індикаторні діаграми робочого процесу у першому за порядком роботи циліндрі дизеля 1Д80 на режимі номінальної потужності та результати розрахунку основних параметрів дизеля (роздруківка з екрана ПЕОМ) при його роботі на суміші 50 % МЕРО та 50 % ДП



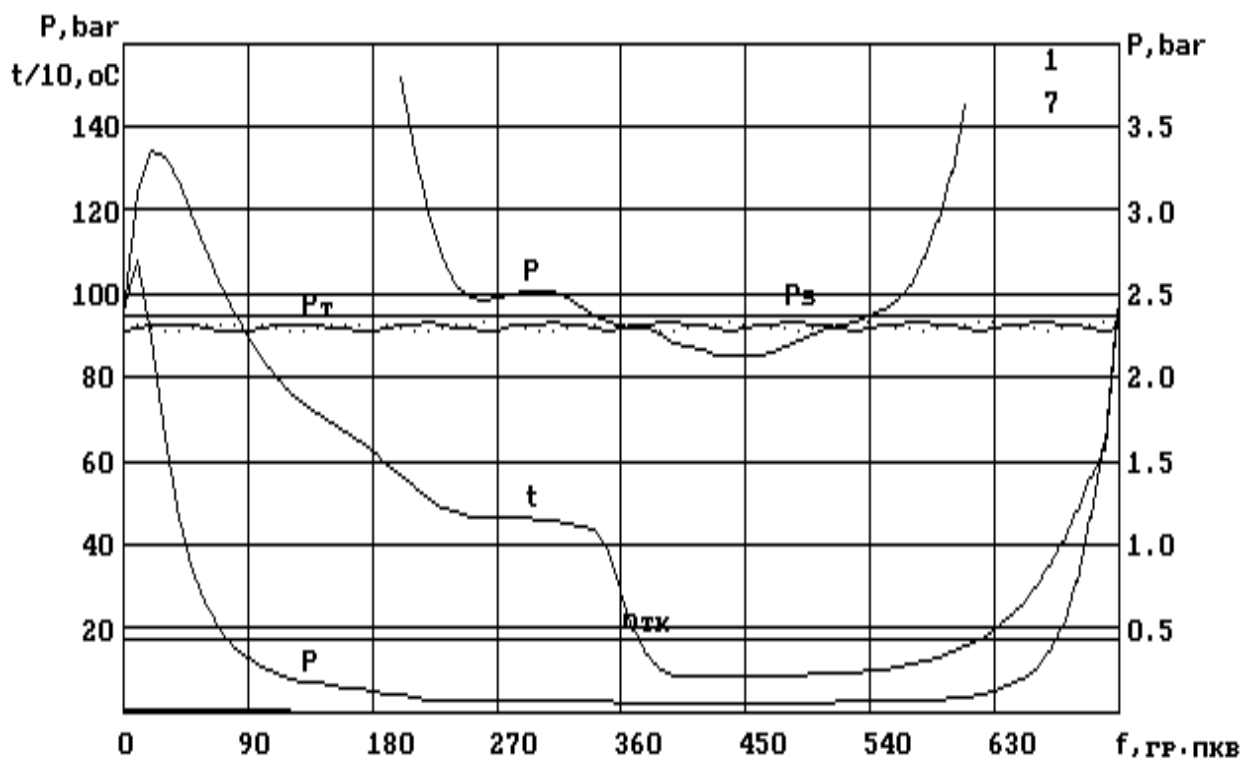
Ni= 2.593E+0003	Ne= 2.220E+0003	E _{TK1} = 5.856E-0001
gi= 1.934E-0001	ge= 2.258E-0001	E _{vs} = 9.380E-0001
pi= 1.357E+0006	Pe= 1.162E+0006	gam= 4.554E-0002
Ei= 4.805E-0001	Eef= 3.751E-0001	A _ц = 2.164E+0000
P _K = 2.375E+0005	P _s = 2.356E+0005	U _{ПР} = 6.524E-0004
Wog= 1.816E-0001	P _{TC} = 2.289E+0005	P _{НХ} = -4.173E+0004
T _K = 4.048E+0002	T _s = 3.400E+0002	E _{K1} = 7.935E-0001
Pz= 1.097E+0007	T _{TC} = 7.959E+0002	q _{ef} = 8.751E+0003
fng= 712	η _{TK} = 1.738E+0004	B _c = 1.045E-0003
fz= 1.089E+0002	G _s = 4.404E+0000	G _{OT} = 0.000E+0000
m= 2.473E-0001	E _{T1} = 7.380E-0001	g _{NO} = 3.989E+0000
gee= 2.059E-0001	geD= 5.646E-0002	geR= 1.694E-0001

Рис. 5. Індикаторні діаграми робочого процесу у першому за порядком роботи циліндрі дизеля 1Д80 на режимі номінальної потужності та результати розрахунку основних параметрів дизеля (роздруковка з екрана ПЕОМ) при його роботі на суміші 75 % МЕРО та 25 % ДП



Ni= 2.597E+0003	Ne= 2.224E+0003	E _{TK1} = 5.858E-0001
gi= 1.976E-0001	ge= 2.308E-0001	E _{vs} = 9.391E-0001
pi= 1.358E+0006	Pe= 1.163E+0006	gam= 4.457E-0002
Ei= 4.794E-0001	Eef= 3.671E-0001	A _ц = 2.127E+0000
p _K = 2.388E+0005	P _s = 2.369E+0005	U _{ПР} = 8.760E-0004
Wog= 1.805E-0001	P _{TC} = 2.299E+0005	P _{НХ} = -4.179E+0004
T _K = 4.055E+0002	T _s = 3.403E+0002	E _{K1} = 7.937E-0001
Pz= 1.090E+0007	T _{TC} = 7.987E+0002	qef= 8.769E+0003
fng= 712	η _{TK} = 1.744E+0004	B _c = 1.069E-0003
fz= 1.101E+0002	G _s = 4.436E+0000	G _{OT} = 0.000E+0000
m= 2.624E-0001	E _{T1} = 7.381E-0001	g _{NO} = 2.736E+0000
gee= 2.063E-0001	geD= 2.308E-0002	geR= 2.077E-0001

Рис. 6. Індикаторні діаграми робочого процесу у першому за порядком роботи циліндрі дизеля 1Д80 на режимі номінальної потужності та результати розрахунку основних параметрів дизеля (роздруковка з екрана ПЕОМ) при його роботі на суміші 90 % МЕРО та 10 % ДП



Ni= 2.598E+0003	Ne= 2.225E+0003	E _{TK1} = 5.860E-0001
gi= 2.006E-0001	ge= 2.342E-0001	Evs= 9.395E-0001
pi= 1.359E+0006	Pe= 1.164E+0006	gam= 4.437E-0002
Ei= 4.786E-0001	Eef= 3.617E-0001	A _ц = 2.101E+0000
P _K = 2.397E+0005	P _s = 2.377E+0005	U _{ПР} = 9.273E-0004
Wog= 1.797E-0001	P _{TC} = 2.305E+0005	P _{НХ} = -4.181E+0004
T _K = 4.060E+0002	T _s = 3.405E+0002	E _{K1} = 7.939E-0001
Pz= 1.084E+0007	T _{TC} = 8.007E+0002	q _{ef} = 8.783E+0003
fng= 712	п _{TK} = 1.749E+0004	B _c = 1.086E-0003
fz= 1.109E+0002	G _s = 4.456E+0000	G _{OT} = 0.000E+0000
m= 2.726E-0001	E _{T1} = 7.381E-0001	g _{NO} = 2.707E+0000
gee= 2.067E-0001	geD= 0.000E+0000	geR= 2.342E-0001

Рис. 7. Індикаторні діаграми робочого процесу у першому за порядком роботи циліндрі дизеля 1Д80 на режимі номінальної потужності та результати розрахунку основних параметрів дизеля (роздруківка з екрана ПЕОМ) при його роботі на чистому МЕРО без ДП

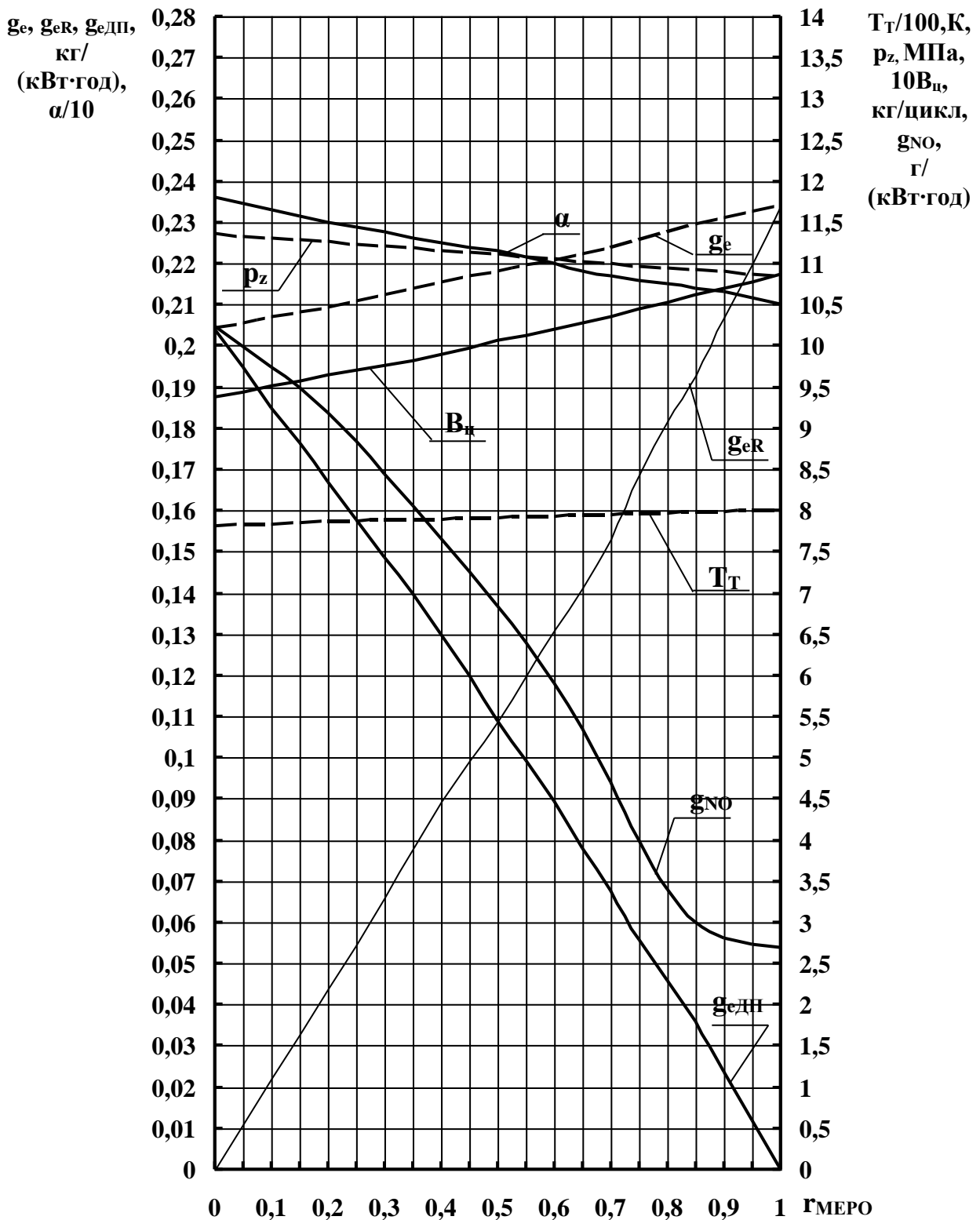


Рис. 8. Залежність деяких параметрів робочого циклу дизеля 16ЧН26/27 та його ефективності від частки метилового ефіру ріпакової олії у суміші з дизельним паливом

Параметри надійності та ефективності роботи дизеля 1Д80 з різними варіантами суміші ДП та МЕРО

ГМЕРО	V_c , Г/цикл	α	η_i	φ_z , ° П.К.В	p_z , МПа	T_T , К	n_{TK} , хв ⁻¹	p_s , бар	g_e , кг/ (кВт·год)	g_{eR} , кг/ (кВт·год)	$g_{eДП}$, кг/ (кВт·год)	q_{ef} , кДж/ (кВт·год)	g_{ee} , кг/ (кВт·год)	g_{NO} , г/ (кВт·год)
0	0,938	2,36	0,485	103	11,36	782	1713	2,30	0,2043	0	0,2043	8683	0,2043	10,23
0,1	0,951	2,33	0,484	104	11,31	784	1716	2,31	0,2069	0,0207	0,1862	8690	0,2045	9,746
0,25	0,971	2,29	0,483	105	11,24	787	1720	2,32	0,2110	0,0527	0,1582	8702	0,2048	8,851
0,5	1,007	2,23	0,482	107	11,11	791	1729	2,34	0,2181	0,1090	0,1090	8723	0,2053	6,847
0,75	1,045	2,16	0,481	109	10,97	796	1738	2,36	0,2258	0,1694	0,0565	8751	0,2059	3,989
0,9	1,069	2,13	0,479	110	10,90	799	1744	2,37	0,2308	0,2077	0,0231	8769	0,2063	2,736
1	1,086	2,10	0,478	111	10,84	801	1749	2,38	0,2342	0,2342	0	8783	0,2067	2,707

Список літератури

1. Симсон, А.Э. Газотурбинный наддув дизелей [Текст] / А.Э. Симсон. – М.: Машиностроение, 1964. – 248 с.
2. Круshedольський, О.Г. Модування 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. Двигатели внутреннего сгорания / К. Нейман. – 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 шк., 1980. – 169 с.
8. Вибе, И.И. Влияние некоторых условий работы дизеля на кинематику процесса сгорания [Текст] / И.И. Вибе, А.П. Ставров // Автомобили, тракторы и двигатели: сб. научн. трудов. – Челябинск, 1969. – № 52. - С. 256-266.
9. Круshedольський, О.Г. Вплив продувки камери згорання на температуру деталей двигуна Д70 [Текст] / О.Г. Круshedольський, В.А. Звонов // Известия вузов. Энергетика. – 1962. – № 10. – С. 80-85.
10. Каграманян, А.О. Захарченко В.В. 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. Єрошенков, С.А. Проблеми організації використання біодизеля на підприємствах залізничного транспорту України [Текст] / С.А. Єрошенков, В.І. Пелепейченко, А.О. Каграманян / Залізничний транспорт України. – 2009. – № 6. – С. 6-9.

Ключові слова: проектування дизелів, робочий процес, біодизель, дизельне пальне, суміш дизельного палива та метилового ефіру ріпакової олії.

Анотації

Наведено результати розрахунку робочого процесу тепловозного дизеля 16ЧН26/27 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 1Д80 різних варіантів суміші дизельного палива та метилового ефіру ріпакової олії.

Представлены результаты расчета рабочего процесса тепло-возного дизеля 16ЧН26/27 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 1Д80 различных вариантов смеси дизельного топлива и метилового эфира рапсового масла.

The results of the calculation of the working process heat Vozny diesel 16CHN26/27 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 1D80 different options mixture of diesel fuel and rapeseed oil methyl ester.

УДК 656.212:656.225

Канд. техн. наук Н.В. Кондусова

ВОПРОСЫ ВЫБОРА КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ СТАНКОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Представил д-р техн. наук, профессор В.Е. Карпуть

Постановка проблематики в общем виде, ее связь с важными научными и практическими заданиями. Современное машиностроительное производство характеризуется как гибкое, автоматизированное, рыночно-ориентированное. Требуемый высокий технический уровень и качество выпускаемых машин в сочетании с высокой производительностью достигается благодаря использованию полной компьютеризации, новейших коммуникаций и информационных технологий, нового поколения техники и материалов и т.д. Таким образом, ведущие отрасли машиностроения в настоящий момент требуют, с одной стороны, создания машин и механизмов с расширенными функциональными

возможностями, а с другой - предъявляет к ним все более жесткие требования по весогабаритным характеристикам.

Развитие зубчатых зацеплений в настоящее время характеризуется двумя направлениями: совершенствование традиционных и создание новых типов и видов передач.

Объемы производства и уровень качества современных зубчатых колес во всем мире возрастают. Тем не менее, существующие традиционные зубчатые передачи не всегда позволяют синтезировать простые и надежные регулируемые приводы, так как по своей геометрической природе являются однопараметрическими и не имеют

возможности осуществлять регулирование по нескольким параметрам.

Поэтому возникла проблема создания регулируемых зубчатых зацеплений, которые могли бы не только осуществлять непрерывную передачу крутящего момента, но и одновременно изменять другие параметры, например, межцентровое расстояние, углы скрещивания, передаточные отношения, и иметь сравнимые с традиционными приводами габариты и массу, оставаясь технологичными и надёжными в эксплуатации.

Анализ последних исследований и публикаций. Наиболее ранние рекомендации по обработке колес с постоянным нормальным шагом содержатся в диссертации их автора В.Р. Ковалюха [1]. В одном из подразделов диссертации он приводит классификацию параллельной, параллельно-последовательной или последовательной обработки зубьев, а также указывает на возможность точечного, линейного или поверхностного касания формообразуемой и инструментальной поверхностей.

В работах Р.В. Ковалюха, Е.Б. Кондусовой и других исследованы различные способы формообразования резанием сферических колес с эквидистантными зубьями [2-4]. Выполнен геометрический анализ линий зубьев сферического колеса, аналитически описана кинематика формообразования, разработаны классификация кинематических схем, математические модели процессов формообразования при одно- и двухпараметрическом огибании. В качестве окончательных для сферических колес рекомендованы способы формообразования с точечным касанием инструментальной и формообразуемой поверхностей.

Вместе с тем поверхности зубьев двухпараметрических передач имеют усложненную структуру и их формообразование в настоящий момент изучено недостаточно полно. Это сдерживает создание и внедрение новых

зубчатых механизмов. Поэтому теоретическое исследование, моделирование и алгоритмизация известных и возможных процессов формообразования колес с эквидистантными зубьями в увязке с их геометрическим конструированием с одновременным решением практических задач, связанных с выбором возможных конструктивных схем станков для изготовления таких колес является актуальной научной задачей, имеющей важное практическое значение.

Цель исследования: усовершенствовать процессы формообразования зубчатых колес с постоянным нормальным шагом для специальных двухпараметрических зацеплений.

Основная часть. В работах, приведенных выше, были выведены уравнения сложного движения инструмента относительно обрабатываемого колеса и колеса относительно инструмента. Совместное рассмотрение этих уравнений и структуры классификации, приведенной также в этих работах, позволило вывести и систематизировать конкретные матричные уравнения движения инструмента и заготовки в неподвижной системе координат *хуз*, связанной со станком. Матрицу этой системы обозначим буквой *М* (см. таблицу). Приведенная в этих работах классификация кинематических схем формообразования и описание соответствующих им движений может быть использована при кинематическом расчете и проектировании станков для обработки зубчатых колес с постоянным нормальным шагом. В качестве примера рассмотрим кинематические схемы станков для нарезания сферических зубчатых колес.

Компоновка проектируемого станка является реализацией и развитием кинематической схемы формообразования, первым этапом конструирования станка [5]. В компоновке определяются основные узлы и принципы их размещения, кинематика формообразования дополняется установочными движениями.

Рассмотрим примеры возможных компоновок.

Компоновка, показанная на рис. 1, реализует кинематическую схему

формообразования 1 [3]. Она содержит плиту с двумя станинами.

Таблица

Уравнения движений инструмента и обрабатываемого колеса для разных кинематических схем

Методы	Инструменты	Номера схем	Движения		Матричное описание кинематики	
			инструмента (или сопряженного колеса)	сферического колеса	Частные значения параметров и матриц	Уравнения абсолютных движений инструмента M_2 и сферического колеса M_1
1	2	3	4	5	6	7
Копирование	Пальцевые	1	-	ψ_1, ψ_2	$\beta_{\text{дон}} = 0;$ $M_{\beta_{\text{дон}}} = 1$	$M = M_{\psi_1}^T M_{\psi_2}^T M_1 - M_A$
		2	-	ψ_2, ψ_1		$M = M_{\psi_2}^T M_{\psi_1}^T M_1 - M_A$
		3	ψ_1, ψ_2	-		$M = M_{\psi_2} M_{\psi_1} (M_2 + M_A)$
		4	ψ_2, ψ_1	-		$M = M_{\psi_1} M_{\psi_2} (M_2 + M_A)$
		5	ψ_1	ψ_2		$M = M_{\psi_1} (M_2 + M_A)$
		6	ψ_2	ψ_1		$M = M_{\psi_2}^T M_1$
Копирование	Пальцевые	7	$\beta_{\text{дон}}$	ψ_1, ψ_2	-	$M = M_{\beta_{\text{дон}}} (M_{\beta} M_2 + M_A)$
		8	$\beta_{\text{дон}}$	ψ_2, ψ_1		$M = M_{\psi_1}^T M_{\psi_2}^T M_1$
		9	$\beta_{\text{дон}}, \psi_1, \psi_2$	-		$M = M_{\beta_{\text{дон}}} (M_{\beta} M_2 + M_A)$
		10	$\beta_{\text{дон}}, \psi_2, \psi_1$	-		$M = M_{\psi_1}^T M_{\psi_2}^T M_1$
		11	$\beta_{\text{дон}}, \psi_1$	ψ_2		$M = M_{\psi_2} M_{\psi_1} M_{\beta_{\text{дон}}} (M_{\beta} M_2 + M_A)$
		12	$\beta_{\text{дон}}, \psi_2$	ψ_1		$M = M_{\psi_1} M_{\psi_2} M_{\beta_{\text{дон}}} (M_{\beta} M_2 + M_A)$
						$M = M_{\psi_1} M_{\beta_{\text{дон}}} (M_{\beta} M_2 + M_A)$
						$M = M_{\psi_2}^T M_1$
						$M = M_{\psi_2} M_{\beta_{\text{дон}}} (M_{\beta} M_2 + M_A)$
						$M = M_{\psi_1}^T M_1$

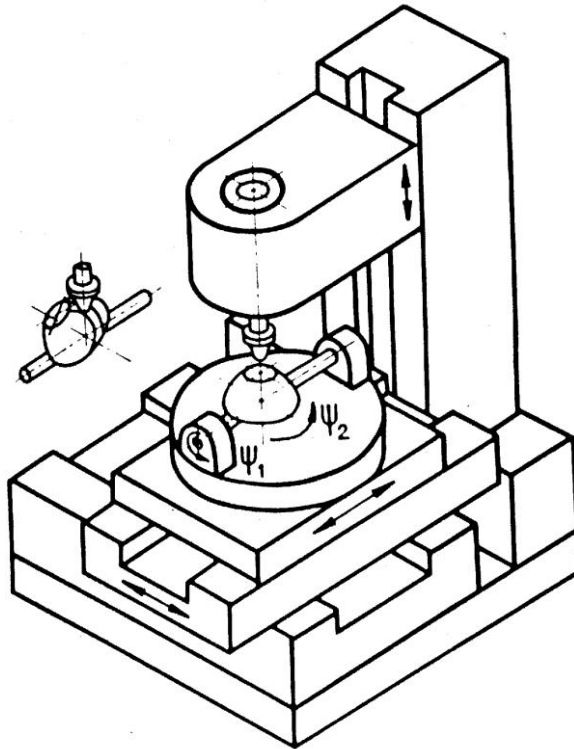


Рис. 1. Компоновка станка для первой кинематической схемы формообразования

На одной из них установлена неподвижная стойка, по направляющим которой движется инструментальная бабка с вертикально расположенными шпинделем и инструментом (например пальцевой фрезой). Вторая станина имеет горизонтальные направляющие, по которым перемещаются салазки, а по ним – стол с планшайбой. На планшайбе расположены кронштейны с горизонтально расположенным шпинделем, на котором устанавливается заготовка обрабатываемого сферического зубчатого колеса. Станок обеспечивает 6 движений – 3 прямолинейных и 3 вращательных. Вращаются инструментальный шпиндель со скоростью резания, планшайба стола (угол поворота ψ_2) и установленный на нем горизонтальный шпиндель с заготовкой (угол поворота ψ_1). Приводы вращений должны обеспечивать необходимую связь между ψ_1 и ψ_2 .

Как уже указывалось, кинематические схемы формообразования, предложенные в классификации [3], разделены на две группы. При переходе к последующей сохраняется состав движений предыдущей группы и добавляются новые. В соответствии с этим принципом каждой кинематической схеме предыдущей группы соответствует определенная схема последующей группы с той же кинематикой, но с добавленными движениями. Так, схеме 1 обработки пальцевой фрезой соответствует схема 7 обработки дисковой фрезой (добавляется дополнительный доворот с параметром $\beta_{дон}$).

Проиллюстрируем это на развитии компоновок. Компоновку станка, реализующего кинематическую схему 7, получим из предыдущей путем замены инструментального узла (рис. 2). На той же вертикальной стойке вместо инструментальной бабки с вертикальным

шпинделем нужно установить салазки с планшайбой, на которой имеется инструментальный шпиндель, причем оси вращений шпинделя и планшайбы взаимно перпендикулярны. Появляется возможность дополнительного вращения инструмента вокруг горизонтальной оси с

параметром $\beta_{доп}$ и, следовательно, можно обрабатывать сферическое зубчатое колесо дисковой и модульной фрезой.

Как видим, при таком подходе возможно использование унифицированных узлов, компонуемых в требуемых сочетаниях.

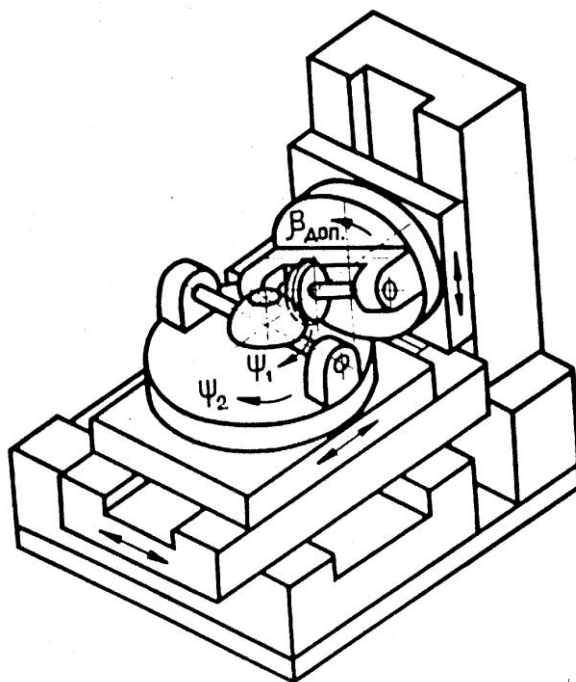


Рис. 2. Станок для седьмой кинематической схемы

Сложность геометрии обрабатываемых сферических колес и кинематики их формообразования может вызвать определенные трудности при переналадке на другой типоразмер. В связи с этим для зубонарезания сферических колес в серийном производстве и гибко-промышленных системах (ГПС) целесообразно использовать многокоординатные станки с числовым программным управлением (ЧПУ). С помощью классификации схем могут быть подобраны приемлемые модели существующих пятикоординатных станков или модернизированы трех- или четырехкоординатные станки.

Например, зубья с крупным модулем можно нарезать на станках, предназначенных для обработки гребных винтов [5]. Отечественные станки КУ-350, КУ-351 и КУ-352 и станки РВД-80 и РВД-90А фирмы Kobe Steel Corporation обладают шестью перемещениями: вдоль трех осей и вокруг трех осей. Пять из них программно управляемые. Фирма Bendix для станков с программным управлением по пяти осям применяет систему программного управления Dynaparht [5].

Еще большими кинематическими возможностями обладают станки Пропелматик I и II фирмы «Мицубиси». Они обладают 9 перемещениями.

Для зубонарезания сферических колес средних модулей можно модернизировать существующие трехкоординатные станки с ЧПУ. Наиболее доступный и дешевый путь модернизации – это оснащение их двухосевыми поворотными столами. Например, кинематическая схема формообразования 1 может быть осуществлена на базе трехкоординатных станков сверлильно-фрезерно-расточной группы ЛФ 260МФ3, 21104П7Ф4, ГДВ-400, дополненных двухосевым столом конструкции Укроргстанкинпром (Харьков).

Применение описанных и рекомендуемых в работе [3] методов формообразования сферических зубчатых колес с постоянным нормальным шагом может расширить области их использования. Так, например, кинематическая схема 5 [3] может быть реализована в двух вариантах специальных

станков. В первом варианте формообразующие движения заготовки и инструмента с параметрами ψ_1 и ψ_2 могут иметь жесткую кинематическую связь, осуществляемую от одного привода с помощью, например, двухреечных пар и кулачкового механизма. Необходимое соотношение между скоростями двух вращений может быть обеспечено профилем кулачка.

Во втором варианте станка можно использовать ЧПУ (рис. 3). Формообразующие движения, имеющие отдельные приводы, имеют связь между угловыми скоростями двух вращений, осуществляемую управляющей программой. Отсутствие длинных кинематических цепей обеспечивает повышение жесткости и точности по сравнению с первым вариантом станка.

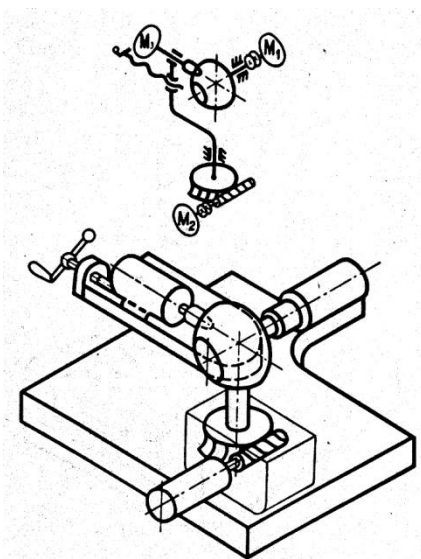


Рис. 3. Станок с ЧПУ и одноосевым поворотным столом для обработки сферических зубчатых колес с постоянным нормальным шагом

Дополнение второго варианта установочными (наладочными) прямолинейными перемещениями обеспечит полную реализацию пятой кинематической схемы формообразования (рис. 4).

Выводы и перспективы дальнейшего развития в данном направлении. Конструирование зубчатых колес с постоянным нормальным шагом и основанных на них новых зацеплений и зубчатых механизмов в своем развитии

опережает технологию их формообразования. Отставание технологии сдерживает дальнейшее развитие механизмов с улучшенными эксплуатационными свойствами.

Разные вопросы формообразования следует исследовать на единой

современной математической базе. В качестве такой базы целесообразно использовать разработанные в последние годы обобщенную структуру отображений для станочных и зубчатых зацеплений [6] и обобщенную 3D модель формообразования и съема припуска при резании [7].

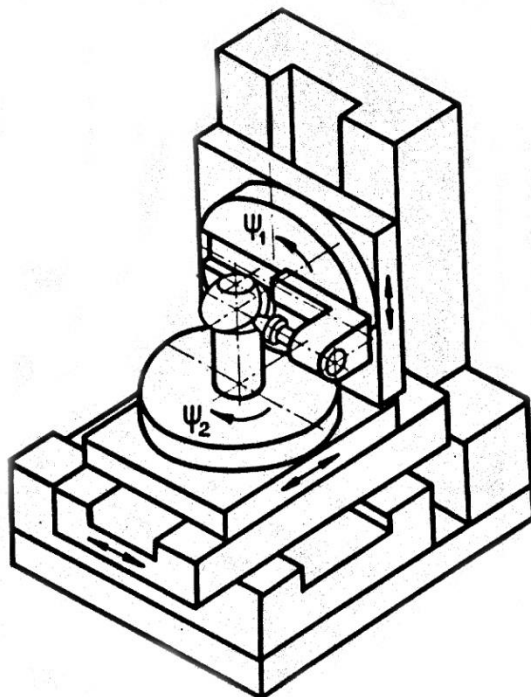


Рис. 4. Компонка станка с ЧПУ, реализующего пятую кинематическую схему формообразования

Список литературы

1. Ковалюх, В.Р. Синтез зубчатых вариаторов на основе колес с равновысокоширокими зубьями и впадинами [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / В.Р. Ковалюх. – Харьков, 1982. – 156 с.
2. Ковалюх, Р.В. Классификация, обзор конструкций и методов нарезания зубьев двухпараметрических передач [Текст] / Р.В. Ковалюх, Е.Б. Кондусова, Н.Э. Тернюк, А.В. Устиненко // Междунар. науч.-техн. журнал "Borzodi muszaki qazda saqi elet". – Будапешт (ВНР). – 1994. – № 4. – С. 105-118.
3. Ковалюх, Р.В. Кинематические схемы формообразования сферических зубчатых колёс с эквидистантными линиями зубьев [Текст] / Р.В. Ковалюх, М.А. Подригало, Е.Б. Кондусова [и др.] // Резание и инструмент в технологических системах. – Харьков: ХГТГУ, 1995-1996. – Вып. 50 – С. 104-109.
4. Кондусова, Е.Б. Предварительная обработка сферических колёс шарниров манипуляторов, используемых в ГПМ [Текст] / Е.Б. Кондусова // Автоматизация производственных процессов в машиностроении: сборник. – Харьков: ХПИ, 1990. – Вып. 1. – С. 52-59.

5. Гавриленко, В.А. Зубчатые передачи в машиностроении [Текст] / В.А. Гавриленко. – М.: Машгиз, 1962. – 252 с.

6. Кривошея, А.В. Структура многопараметрического отображения, обобщающая станочные и рабочие зубчатые зацепления [Текст] / А.В. Кривошея // Тр. междунар. конф. «Высокие технологии в машиностроении: моделирование, оптимизация, диагностика». – Харьков: ХГПУ, 1995. – С. 71.

7. Кондусова, Е.Б. О геометрическом трехмерном (3D) моделировании взаимосвязанных процессов съема припуска и формообразования при обработке резанием [Текст] / Е.Б. Кондусова // Высокие технологии в машиностроении. – Харьков: ХГПУ, 1998. – С. 157-161.

Ключевые слова: сферическое зубчатое колесо с постоянным нормальным шагом, зубчатое зацепление, двухпараметрическое зубчатое колесо, станок, кинематическая схема.

Аннотації

Запропоновано кінематичні схеми верстатів для нарізання сферичних зубчастих коліс з постійним нормальним кроком. Систематизовані матричні рівняння руху інструменту й оброблюваного колеса для різних кінематичних схем верстатів.

Предложены кинематические схемы станков для нарезания сферических зубчатых колес с постоянным нормальным шагом. Систематизированы матричные уравнения движений инструмента и обрабатываемого сферического колеса для разных кинематических схем станков.

The kinematic schemes of machine-tools for cutting of spherical gear-wheels with the permanent normal step have been proposed. Matrix motion equations for tools and machining spherical wheel have been systematized for different kinematic schemes.

УДК 629.424.3

*Д-р техн. наук Е.Д. Тартаковський,
кандидати техн. наук О.С. Крашенінін,
П.О. Харламов,
аспіранти О.О. Шапатіна,
К.О. Зезюлін*

ОПТИМІЗАЦІЯ НАПРАЦЮВАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ЗА ТЕРМІН СЛУЖБИ

Вступ. Транспортна стратегія України передбачає поетапне входження залізничного транспорту в ринкові відносини, що визначає вдосконалювання системи керування перевізним і ремонтно-

експлуатаційними процесами. Розширення зовнішнього конкурентного середовища потребує від Укрзалізниці пошуку нових резервів зниження витрат при забезпеченні високої якості надаваних послуг. Таким

чином, питання регулювання внутрішньогалузевих взаємин на основі оптимізації витрат на технічне обслуговування та ремонт тягового рухомого складу за термін служби стають у цей час досить актуальними [5].

Аналіз досліджень і публікацій. За останні роки провідними науковими організаціями велися значні науково-дослідні та практичні роботи з метою вирішення завдань:

- удосконалення методів розрахунку параметрів системи технічного утримання локомотивів та оцінки її ефективності;
- аналізу витрат на поточний ремонт та амортизацію локомотивів в умовах зміни обсягів перевезень;
- обґрунтування оптимальної системи обслуговування та ремонту рухомого складу;
- розгляд загальних критеріїв оптимальності та знаходження більш простих способів вирахування суспільно виправданих витрат, тотожних за своїм змістом оптимальним оцінкам [4].

Мета статті. Метою статті є визначення оптимальних термінів напрацювання відновлювального обладнання тягового рухомого складу за весь термін служби з урахуванням мінімізації сумарних витрат.

Основний матеріал статті. Важливе наукове і практичне значення вибору оптимального сумарного напрацювання відновлювальних вузлів і агрегатів ТРС визначається необхідністю вирішення задач щодо подовження терміну експлуатації ТРС в цілому.

Одним з підходів до оптимізації сумарного напрацювання відновлювальних агрегатів є мінімізація сумарних витрат, що припадають на одиницю виконаної роботи за термін служби [1]

$$Z = \frac{\sum Z_i}{T}; \quad (1)$$

де $\sum Z_i$ – сумарні витрати на розроблення, виготовлення й експлуатацію i -го обладнання ТРС;

T – сумарне напрацювання обладнання за термін служби.

Сумарні витрати на розроблення, виготовлення й експлуатацію обладнання можна подати у вигляді

$$\sum Z_i = Z_p + Z_t + Z_{nr}, \quad (2)$$

де Z_p – витрати на розробку і виготовлення обладнання;

Z_t – витрати на експлуатацію обладнання, що визначаються пропорційно терміну служби;

Z_{nr} – витрати на усунення позапланових відмов за період експлуатації.

Витрати на експлуатацію обладнання можна подати у вигляді

$$Z_t = \alpha T, \quad (3)$$

де α – коефіцієнт темпу росту витрат за період експлуатації.

Витрати на усунення позапланових відмов пропорційні кількості відмов за період експлуатації.

$$Z_{nr} = \widehat{Z}_{nr} \cdot m, \quad (4)$$

де \widehat{Z}_{nr} – середні витрати на одне відновлення працездатного стану обладнання при позаплановому ремонті;

m – загальна кількість виникнення позапланових відмов за термін служби.

На інтервалі напрацювання між капітальними ремонтами чи після останнього КР-2 кількість відмов відновлювального обладнання ТРС можна апроксимувати співвідношенням

$$m = At^B, \quad (5)$$

де A і B – параметри залежності.

Для оцінки цих параметрів за дослідними даними методом найменших квадратів складаємо систему m рівнянь

$$i = \bar{A}t_i^{\bar{B}}, \quad (6)$$

де i – порядковий номер відмови обладнання, $i \in (1, m)$;

t_i – напрацювання обладнання до виникнення i -ї відмови.

Прологарифмуємо цей вираз, щоб подати його в лінійній формі

$$\ln i = \bar{C} + \bar{B} \ln t_i, \quad (7)$$

де $\bar{C} = \ln \bar{A}$.

Для визначення параметрів методом найменших квадратів визначимо суму квадратів неув'язок [2]

$$S_H = \sum_{i=1}^m [\ln i - (\bar{C} + \bar{B} \ln t_i)]^2. \quad (8)$$

- оцінки параметрів C і B

$$\bar{C} = (b_1 l_{22} - b_2 l_{12}) / (l_{11} l_{22} - l_{12} l_{21}), \quad (11)$$

$$\bar{B} = (l_{11} b_2 - l_{21} b_1) / (l_{11} l_{22} - l_{12} l_{21});$$

- дисперсії оцінок параметрів C і B

$$D(\bar{C}) = l_{22} S_H / (l_{11} l_{22} - l_{12} l_{21}) (m - 2), \quad (12)$$

$$D(\bar{B}) = l_{11} S_H / (l_{11} l_{22} - l_{12} l_{21}) (m - 2);$$

- оцінку параметру A і його дисперсію

$$\bar{A} = e^{\bar{C}}, \quad (13)$$

$$D(\bar{A}) = \bar{A}^2 D(\bar{C}).$$

За умови попередніх співвідношень (2) – (5) сумарні витрати на складові життєвого циклу ТРС можна подати таким чином:

Умовами мінімуму суми квадратів неув'язок є умови

$$\sum_{i=1}^m (\ln i - \bar{C} + \bar{B} \ln t_i) = 0, \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^m \ln t_i \cdot (\ln i - \bar{C} + \bar{B} \ln t_i) = 0.$$

В результаті отримаємо систему рівнянь

$$l_{11} \bar{C} + l_{12} \bar{B} = b_1, \quad (10)$$

$$l_{21} \bar{C} + l_{22} \bar{B} = b_2,$$

де

$$l_{11} = m; \quad l_{12} = \sum_{i=1}^m \ln t_i;$$

$$b_1 = \sum_{i=1}^m \ln i; \quad l_{21} = \sum_{i=1}^m \ln t_i;$$

$$l_{22} = \sum_{i=1}^m (\ln t_i)^2;$$

$$b_2 = \sum_{i=1}^m (\ln i)(\ln t_i).$$

У результаті розв'язання системи рівнянь отримуємо залежності, що визначають:

$$\sum Z_i = Z_p + \alpha T + \widehat{Z}_{\text{нр}} \cdot At^B, \quad (14)$$

а сумарні витрати на одиницю напрацювання за термін служби

$$Z = \frac{z_p}{t} + \alpha + \widehat{z}_{np} \cdot At^{B-1}. \quad (15)$$

Припускаючи неперервний характер цих витрат, визначимо похідну по t і отримаємо умову, що визначає сумарне напрацювання

$$-\frac{z_p}{t^2} + \widehat{z}_{np} \cdot A(B-1)t^{B-1} = 0. \quad (16)$$

Розв'язуючи це рівняння відносно t , отримаємо співвідношення, що визначає оптимальне сумарне напрацювання ТРС як виробу, що відновлюється, за термін його використання [4]

$$t_{opt} = \sqrt[B]{\frac{z_p}{\widehat{z}_{np} \cdot A(B-1)}}. \quad (17)$$

З цього співвідношення видно, що оптимальне сумарне напрацювання існує лише при наявності процесів зносу і старіння, тобто коли $B > 1$.

Як критерій, що визначає недоцільність подовження експлуатації і відновлення ТРС, особливо після проведення другого КР-1 при перевищенні нормативного терміну експлуатації, можна використовувати параметр гранично допустимого параметра потоку відмов $\omega_{гр}$ [3], коли

$$\omega_{гр} > \omega_{сер}. \quad (18)$$

Параметр $\omega_{сер}$ характеризує середнє значення відмов обладнання ТРС на інтервалі визначеного життєвого терміну служби

$$\omega_{сер} = \sqrt[B]{A \left(\frac{z_p}{\widehat{z}_{np} \cdot (B-1)} \right)^{B-1}}. \quad (19)$$

Розглянута задача повинна розв'язуватися шляхом порівняння двох варіантів: першого, що розглянутий? і варіанта, що мінімізує простої на ТО, ПР і КР [4].

Введемо для цього варіанта параметр коефіцієнта простою

$$K_{ПР} = {}^2)K_{ПР} + {}^3)K_{КР} + {}^1)K_{ТО,ПР}, \quad (20)$$

де $K_{ПР} = {}^2)t_b/t$; ${}^3)K_{КР} = \tau_{КР}/t$;

${}^1)K_{ТО,ПР} = t_{ТО,ПР}/t$ – коефіцієнти простою

ТРС на поточних ТО, ПР, позапланових ремонтах і на КР;

t – середнє напрацювання ТРС;

t_b – сумарний простій ТРС на позапланових ремонтах;

$\tau_{КР}$ – середній простій ТРС на КР.

Сумарний простій ТРС на позапланових ремонтах визначається із

$$t_b = T_b \cdot m(t), \quad (21)$$

де T_b – середній термін простою на позаплановому ремонті;

$m(t)$ – математичне очікування кількості позапланових ремонтів за термін експлуатації.

З урахуванням цього коефіцієнт простою набуде вигляду

$$\begin{aligned} K_{ПР} &= \tau_{КР}/t + t_{ТО,ПР}/t + T_b At^{B-1} = \\ &= \tau_{КР} + t_{ТО,ПР}/t + T_b At^{B-1} = \tau_p/t + T_b At^{B-1}, \end{aligned} \quad (22)$$

де $\tau_P = \tau_{KP} + t_{TO,PP}$ – сумарний простій ТРС на всіх видах ремонту.

Після диференціювання виразу по t отримаємо умову, що відповідає оптимальному сумарному напрацюванню за період експлуатації

$$-\tau_P/t^2 + A(B-1)T_b t^{B-2} = 0. \quad (23)$$

З цього виразу отримаємо сумарне напрацювання або ресурс обладнання ТРС за період експлуатації в цілому або при визначенні окремих задач у відповідних інтервалах між відповідними ПР або КР.

$$t_{\text{опт}} = \sqrt[B]{\frac{\tau_P}{A(B-1)T_b}}. \quad (24)$$

Відповідно до цього виразу забезпечується мінімізація простою ТРС на всіх видах ремонту, тобто максимум коефіцієнта технічного використання.

Середнє значення напрацювання ТРС на відмову в інтервалі оптимального ресурсу має вигляд

$$\tilde{T}(t_{\text{опт}}) = \sqrt[B]{\frac{1}{A} \left(\frac{(B-1)T_b}{\tau_P} \right)^{B-1}}. \quad (25)$$

Визначення оптимальних параметрів $t_{\text{опт}}$ і $\tilde{T}(t_{\text{опт}})$ зводиться до обробки масивів даних відмов обладнання ТРС, визначення на підставі розрахунків значень

параметрів законів відмов і визначення оптимальних значень напрацювання і граничних характеристик ефективності системи ТО та ПР.

Висновки:

1. Розглянуто підходи до оптимізації сумарного напрацювання відновлювальних агрегатів, одним з яких є мінімізація сумарних витрат, що припадають на одиницю виконаної роботи за термін служби.

2. Отримано співвідношення, що визначає оптимальне сумарне напрацювання ТРС, як виробу, що відновлюється, за термін його використання за наявності умови, що оптимальне сумарне напрацювання існує лише при наявності процесів зносу і старіння. Запропоновано критерій, що визначає недоцільність подовження експлуатації і відновлення ТРС, особливо після проведення другого КР-1 при перевищенні нормативного терміну експлуатації.

3. Отримано вираз сумарного напрацювання або ресурсу обладнання ТРС за період експлуатації в цілому або при визначенні окремих задач у відповідних інтервалах між відповідними ПР або КР. Відповідно до цього виразу забезпечується мінімізація простою ТРС на всіх видах ремонту, тобто максимум коефіцієнта технічного використання.

Список літератури

1. Дегтярев, Ю.И. Методы оптимизации [Текст] / Ю.И. Дегтярев. – М.: Сов. радио, 1980.
2. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ [Текст] / Н. Дрейпер, Г. Смит. – М.: Статистика, 1973. – 383 с.
3. Герцбах, И.Б. Модели отказов [Текст] / И.Б. Герцбах, Х.Б. Кордонский. – М.: Сов. радио, 1966. – 186 с.
4. Воробьев, А.А. Оптимизация системы ремонта локомотивов [Текст] / А.А. Воробьев // Вестник ВНИИЖТ. – 1990. – № 1. – С. 16-19.
5. Про програму реструктуризації на залізничному транспорті України на 1998 – 2003 роки [Текст] // Магістраль ділова. – 1998. – № 6. – С. 61-69.

Ключові слова: тяговий рухомий склад, технічне обслуговування, поточний ремонт, нормативний термін, оптимізація, подовження терміну служби, витрати

Анотації

Розв'язання задач щодо подовження терміну експлуатації ТРС в цілому залежить від вибору оптимального сумарного напрацювання відновлювальних вузлів і агрегатів ТРС. Одним з підходів до оптимізації сумарного напрацювання відновлювальних агрегатів є мінімізація сумарних витрат, що припадають на одиницю виконаної роботи за термін служби. Визначення оптимальних параметрів напрацювання зводиться до обробки масивів даних відмов обладнання ТРС, розрахування значень параметрів законів відмов та оптимальних значень напрацювання і граничних характеристик ефективності системи ТО та ПР.

Решение задач по продлению срока эксплуатации ТПС в целом зависит от выбора оптимальной суммарной наработки восстанавливаемых узлов и агрегатов ТПС. Одним из подходов к оптимизации суммарной наработки восстанавливаемых агрегатов есть минимизация суммарных расходов, которые приходятся на единицу выполненной работы за срок службы. Определение оптимальных параметров наработки сводится к обработке массивов данных отказов оборудования ТПС, определению значений параметров законов отказов и определению оптимальных значений наработок и граничных характеристик эффективности системы ТО и ПР.

To work to extend the life of the traction rolling stock in general depends on the choice of the optimal total operating time of recoverable components and assemblies traction vehicles. One approach is to optimize the total time units have recovered minimization of total costs, which account for one performance of works for life circle.

ЗАЛІЗНИЧНІ СПОРУДИ ТА КОЛІЙНЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 625.143.5

Д-р техн. наук А.Н. Даренский,
Р.М. БабийСРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ СКРЕПЛЕНИЙ КБ И КПП-5
ПОД ДЕЙСТВИЕМ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПРОДОЛЬНЫХ СИЛ

Введение. Динамическое воздействие подвижного состава на путь можно представить как систему вертикальных, горизонтальных поперечных и горизонтальных продольных сил, изменяющихся во времени. Величина этих динамических сил зависит не только от характеристик подвижного состава, но и во многом от характеристик пути. К этим характеристикам относятся, в частности, характеристики пространственного сопротивления креплений перемещениям рельсов.

Ранее была рассмотрена жесткость креплений КБ и КПП-5 при вертикальных и горизонтальных поперечных изгибах и кручении рельсов [1-3].

Установлено, что на жесткость при горизонтальном поперечном изгибе и кручении рельса, кроме характеристик упругих элементов креплений, влияет величина вертикальной нагрузки на узел крепления. Анализ работы креплений КБ и КПП-5 при совместном действии на них вертикальных и горизонтальных продольных сил посвящена данная статья.

Основная часть. Продольные горизонтальные сопротивления креплений КБ. Рассмотрим работу узла крепления при совместном действии на него вертикальной и горизонтальной нагрузки от рельса. Продольные перемещения сечения рельса X , расположенного по оси симметрии крепления (по осям клеммных и закладных болтов), можно представить

как сумму перемещений за счет системы «подрельсовая прокладка – клеммы» (система 1) X_1 , и перемещений системы «нашпальная прокладка – закладные болты» (система 2) X_2

$$X = X_1 + X_2 . \quad (1)$$

И в 1 системе и в системе 2 есть элементы, которые работают упруго. Тогда, выражая продольные перемещения через горизонтальную реакцию крепления R_x и продольные жесткости систем C_{x1} и C_{x2} , получим

$$\frac{R_x}{C_x} = \frac{R_x}{C_{x1}} + \frac{R_x}{C_{x2}} . \quad (2)$$

После преобразований горизонтальная продольная жесткость узла крепления может быть определена как

$$C_x = \frac{C_{x1} \cdot C_{x2}}{C_{x1} + C_{x2}} \quad (3)$$

где C_x – продольная жесткость всего узла крепления, кН/мм.

Рассмотрим составляющие сопротивления продольным перемещениям системы 1 (рис. 1). Условие равновесия сил системы 1

$$R_x = 2F_{mp} + Q_p^2 , \quad (4)$$

где $F_{тр}$ – сила трения на контактах подошвы рельса и двух клемм, кН;

Q_p^e – упругое сопротивление подрельсовой прокладки при сдвиге, кН.

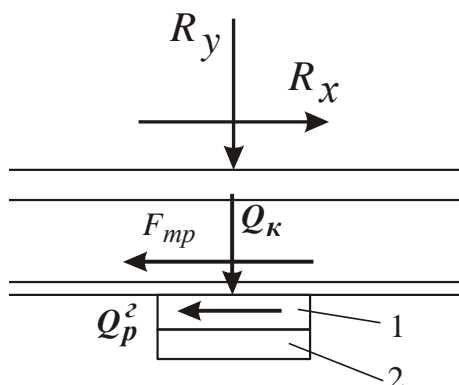


Рис. 1. Расчетная схема для определения продольных сопротивлений системы 1: 1 – подрельсовая прокладка; 2 – подкладка

Силу трения клеммы по подошве рельса при его горизонтальном перемещении нужно определять с учетом действия вертикальной нагрузки на узел скрепления R_y . При действии силы R_y происходит упругое сжатие подрельсовой прокладки и уменьшение за счет этого начального монтажного натяжения клеммных болтов. Тогда силу трения можно определить из выражения [1]

$$F_{тр} = \frac{1}{2} \left(Q_k^{нач} - R_y \frac{Ж_{ш}}{U_p^{дин} + \frac{Ж_{ш}}{2}} \right) \cdot f, \quad (5)$$

где $Q_k^{нач}$ – начальное монтажное натяжение клеммных болтов, кН;

$Ж_{ш}$ – жесткость пружинной шайбы, кН;

$U_p^{дин}$ – динамическая жесткость подрельсовой прокладки при сжатии, кН/мм [3];

f – коэффициент трения клемм по подошве рельса (сталь–сталь).

Начальное монтажное натяжение клеммных болтов [4]

$$Q_k^{нач} = M_{мон} \cdot \kappa,$$

где $M_{мон}$ – момент закручивания гаек клеммных болтов при монтаже скрепления ($M_{мон} = 150$ Нм);

κ – коэффициент перехода от момента закручивания гайки к силе натяжения клеммного болта ($\kappa = 136,5 \frac{1}{м}$ [4]).

Силу упругого сопротивления подрельсовой прокладки сдвигу при продольных перемещениях рельса (формула (4)) можно представить

$$Q_p^e = U_p^e \cdot X_1,$$

где U_p^e – горизонтальная жесткость подрельсовой прокладки при сдвиге, кН/мм.

Выполненными экспериментальными исследованиями установлено [3], что параметр U_p^e зависит от величины сжатия прокладки вертикальными силами клеммного нажатия и вертикальными динамическими силами, действующими на узел скрепления. В общем виде, с учетом всех влияющих факторов, горизонтальная жесткость подрельсовой прокладки при сдвиге определяется как [1]

$$U_p^e = \alpha_1 \left(\frac{M_{мон}}{\kappa \cdot U_p^{cm}} + \frac{R_y}{U_p^{дин} + \frac{Ж_{ш}}{2}} \right)^{\beta_1}, \quad (6)$$

где U_p^{cm} – вертикальная жесткость под-
рельсовой прокладки при статистическом
загружении [3], кН/мм;

α_1 и β_1 – эмпирические коэффициенты.

Остальные обозначения в формуле (6)
прежние.

Переходя к формуле (4) от сил
сопротивления продольным перемещениям
к функциям упругих и неупругих
(фрикционных) характеристик элементов
первой системы $C_{x1} = \frac{R_x}{x_1}$, окончательно
получим

$$C_{x1} = \frac{2F_{mp}}{x} + U_p^2. \quad (7)$$

Здесь первое слагаемое представляет
собой фрикционную составляющую. Вели-
чина U_p^2 определяется выражением (6).

Сопротивление системы 2
«нашпальная прокладка – закладные
болты» продольным перемещениям рельса
можно определить как

$$R_x = Q_{ш}^2 + 2Q_3, \quad (8)$$

$$U_{ш}^2 = \alpha_2 \left(\frac{2M_{монт}}{\kappa U_{ш}^{cm}} + \frac{R_y}{U_{ш}^{дин} + 2\mathcal{J}_{ш}} \right)^{\beta_2}, \quad (10)$$

где $M_{монт}$ – монтажное натяжение заклад-
ных болтов (120 Н·м);

$U_{ш}^{cm}$ и $U_{ш}^{дин}$ – статистическая и
динамическая жесткости нашпальной
прокладки при сжатии, кН/мм, [3];

α_2 и β_2 – эмпирические коэффициенты.

Остальные обозначения в формуле
(10) прежние.

$$D_3 = \alpha_3 \left(M_{монт} - \frac{R_y}{\kappa(U_{ш}^{дин} + 2\mathcal{J}_{ш})} \right)^{\beta_3}. \quad (11)$$

где $Q_{ш}^2$ – упругое сопротивление нашпаль-
ной прокладки при сдвиге, кН [3];

Q_3 – упругое сопротивление закладно-
го болта продольным перемещениям
подкладки, кН.

Переходя от упругих сил к функциям
жесткостей упругих элементов, учитывая,
что

$$R_x = C_{x2} \cdot X_2; \quad Q_{ш}^2 = U_{ш}^2 \cdot X_2;$$

$$Q_3 = D_3 \cdot X_2,$$

получим

$$C_{x2} = U_{ш}^2 + 2D_3, \quad (9)$$

где $U_{ш}^2$ – горизонтальная жесткость
нашпальной прокладки при сдвиге, кН/мм;

D_3 – жесткость закладного болта при
сдвиге подкладки, кН/мм.

Горизонтальная жесткость
нашпальной прокладки при сдвиге
определена экспериментально [3] как
функция величины ее сжатия монтажным
натяжением закладных болтов и
вертикальными динамическими силами:

Жесткость закладных болтов при
сдвиге подкладки зависит [6] от момента
закручивания их гаек

$$D_3 = \alpha_3 M^{\beta_3}.$$

С учетом действия вертикальных сил
 R_y величина D_3 при динамическом
загружении узла скрепления определится:

Здесь все обозначения прежние.

Или иначе

Продольные сопротивления перемещениям рельсов скрепления КПП–5. Проведенное авторами экспериментальное исследование упругих характеристик элементов промежуточных скреплений типа КПП–5, в том числе подрельсовых прокладок этого скрепления, не выявило, в отличие от прокладок скрепления типа КБ, их упругости при сдвиге [5]. Этот факт можно объяснить характеристиками полиуретана, из которого они изготовлены.

Следовательно, силы сопротивления продольным перемещениям рельса будут представлять собой силу трения изолирующего вкладыша по верхней грани подошвы рельса и силу трения подошвы рельса по подрельсовой прокладке

$$R_x = 2F_{mp}^k + F_{mp}^{np} . \quad (12)$$

$$Q_{кл}^{дин} = \frac{1}{2} y_{np}^m U_{np}^{ст} - \Delta y \mathcal{J}_{кл}; \quad Q_{np}^{дин} = y_{np}^m U_{np}^{ст} + \Delta y U_{np}^{дин} , \quad (14)$$

где $U_{np}^{ст}$, $U_{np}^{дин}$ – статистическая и динамическая жесткость подрельсовых прокладок при сжатии, кН/мм;

$\mathcal{J}_{кл}$ – жесткость упругой клеммы, кН/мм;

y_{np}^m – величина сжатия прокладки при монтаже узла скрепления, мм;

$$R_x = 2f_m Q_{кл}^{дин} + f_n \cdot Q_n^{дин} , \quad (13)$$

где f_m и f_n – коэффициенты трения изолирующего вкладыша по подошве рельса (капролактан – сталь) и подошва по прокладке (сталь – полиуретан);

$Q_{кл}^{дин}$ – сила клеммного прижатия при действии на узел скрепления вертикальной нагрузки R_y , кН;

$Q_{np}^{дин}$ – сила сопротивления прокладки совместному сжатию двумя клеммами и вертикальной нагрузкой R_y (кН).

Величины $Q_{кл}^{дин}$ и $Q_{np}^{дин}$ получены в [2] как функции упругих характеристик элементов скрепления и их вертикальных деформаций:

Δy – вертикальные упругие деформации при нагрузках R_y , мм.

Тогда продольную силу сопротивления перемещениям R_x можно определить как

$$R_x = f_m y_{np}^m U_{np}^{ст} - 2f_m \Delta y \mathcal{J}_{кл} + f_{np} y_{np}^m U_{np}^{ст} + f_{np} \Delta y U_{np}^{дин} .$$

После преобразований получим:

$$R_x = y_{np}^m U_{np}^{ст} (f_m + f_{np}) + \Delta y (f_{np} U_{np}^{дин} - 2f_m \mathcal{J}_{кл}) . \quad (15)$$

Кроме сопротивлений продольным перемещениям, промежуточные скрепления создают в продольной

плоскости реактивные моменты сопротивлений поворотам сечений рельсов.

Жесткость при кручении скрепления КБ. При скреплении КБ угол поворота сечения рельса φ , расположенного по осям клеммных и закладных болтов (рис.2), будет складываться из угла поворота за

счет неравномерного сжатия подрельсовой прокладки φ_1 и неравномерного сжатия нащпальной прокладки φ_2 , рад,

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2.$$

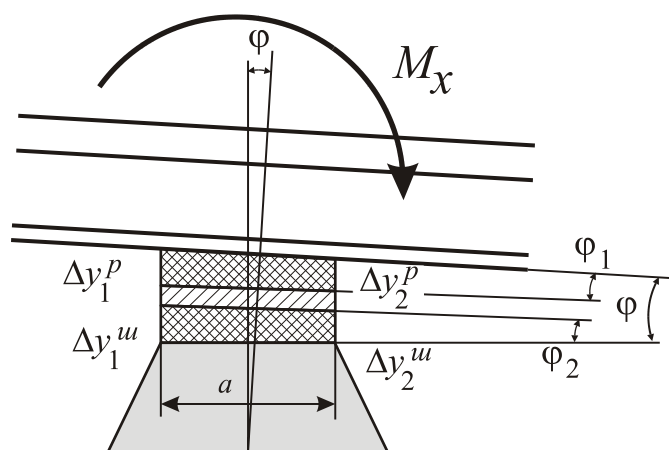


Рис. 2. Расчетная схема для определения угла поворота сечения рельса

Учитывая малые значения углов, можно определить

$$\varphi_1 = \frac{\Delta y_1^p - \Delta y_2^p}{a}; \quad \varphi_2 = \frac{\Delta y_1^ш - \Delta y_2^ш}{a}, \quad (16)$$

где $\Delta y_1^p, \Delta y_2^p$ – дополнительные деформации подрельсовой прокладки, вызванные поворотом сечения рельса, мм;

$\Delta y_1^ш, \Delta y_2^ш$ – то же нащпальной прокладки, мм;

a – ширина прокладки, мм.

Момент сопротивления M_{x1} повороту сечения рельса в продольной плоскости, возникающий при неравномерной деформации подрельсовой прокладки, можно определить рассмотрев равновесие моментов сил относительно центра поворота сечения (точка А) (рис. 3). Поскольку сила клеммного нажатия $Q_{кл}^{дин}$

действует в этой точке, ее влияние не учитывается.

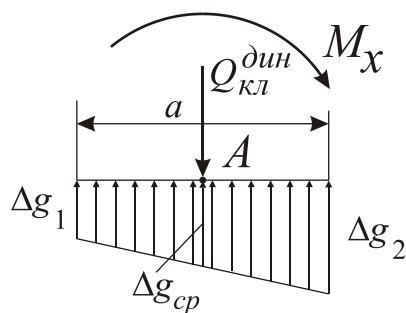


Рис. 3. Расчетная схема для определения моментов сопротивления M_x

$$M_x = \frac{\Delta g_1 + \Delta g_{cp}}{2} \cdot \frac{a^2}{8} - \frac{\Delta g_{cp} + \Delta g_2}{2} \cdot \frac{a^2}{8}.$$

Или после преобразований:

$$M_x = (\Delta g_1 - \Delta g_2) \cdot \frac{a^2}{16}, \quad (17)$$

где Δg_1 и Δg_2 – интенсивность неравномерно распределенной реакции сопротивления подрельсовой прокладки при неравномерном ее сжатии, кН/мм.

Величины Δg_1 и Δg_2 , кН/мм, можно определить как функции вертикальных деформации и жесткости подрельсовой прокладки при динамическом нагружении:

$$\Delta g_1 = \Delta y_1 \cdot \frac{U_p^{\text{дин}}}{\epsilon_p}; \quad \Delta g_2 = \Delta y_2 \cdot \frac{U_p^{\text{дин}}}{\epsilon_p},$$

где ϵ_p – ширина подошвы рельса, мм.

Подставляя эти выражения в формулу (17), получим

$$M_x = (\Delta y_1 - \Delta y_2) \frac{a^2 \cdot U_p^{\text{дин}}}{16 \cdot \epsilon_p}.$$

Учитывая, что параметры в правой части этой формулы являются упругими, можно определить жесткость подрельсовой прокладки при кручении в продольной плоскости, кН·м/рад,

$$C_{\varphi_1} = \frac{M_x}{\varphi_1}.$$

С учетом формулы (16) получим, кН·м/рад,

$$C_{\varphi_1} = U_p^{\text{дин}} \frac{a^3}{16\epsilon_p}. \quad (18)$$

Выполняя аналогичные расчетные действия, можно получить жесткость напальной прокладки при кручении в продольной плоскости, кН·м/рад,

$$C_{\varphi_2} = U_{ш}^{\text{дин}} \frac{a^3}{16\epsilon_n}, \quad (19)$$

где ϵ_n – длина подкладки скрепления КБ, мм.

Учитывая последовательные соединения упругих элементов в узле скрепления КБ, его общая жесткость при кручении в продольной плоскости определяется выражением, кН·м/рад.

$$C_{\varphi} = \frac{C_{\varphi_1} \cdot C_{\varphi_2}}{C_{\varphi_1} + C_{\varphi_2}}. \quad (20)$$

Жесткость при кручении скрепления КПП-5. Рассматривая подобную работу скрепления КПП-5, его жесткость при кручении в продольной плоскости можно получить как, кН·м/рад,

$$C_{\varphi} = U_p^{\text{дин}} \frac{a^3}{16\epsilon_p}. \quad (21)$$

Здесь все обозначения прежние.

Таким образом, получим аналитические выражения, позволяющие определить сопротивления скреплений КБ и КПП-5 перемещениям рельсов в продольной плоскости как функции упругих и фрикционных характеристик элементов этих скреплений. При этом установлено влияние на эти характеристики нагрузок от рельсов на узлы этих скреплений.

Список літератури

1. Даренський, О.М. Математична модель просторової жорсткості скріплення типу КБ [Текст] / О.М. Даренський // Зб. наук. праць – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – Вип. 80. – С. 166-176.
2. Даренський, О.М. Просторова жорсткість проміжного скріплення типу КПП-5 [Текст] / О.М. Даренський, В.Г. Вітольберг // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2007. – Вип. 10. – С. 100-109.
3. Даренський, О.М. Експериментальне визначення пружних характеристик прокладок проміжного скріплення КБ [Текст] / О.М. Даренський, В.Г. Вітольберг // Зб. наук. праць. – Харків : УкрДАЗТ, 2007. – Вип 87. – С. 172-178.
4. Шахуняц, Г.М. Работа болтов в скреплениях [Текст] / Г.М. Шахуняц, А.А. Кондратьев // Труды МИИТ. – М., 1973. – Вып. 362. – С. 102-108.
5. Даренський, О.М., Експериментальне визначення пружних характеристик елементів проміжного скріплення КПП-5 [Текст] / О.М. Даренський, В.Г. Вітольберг // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2008. – Вип. 13. – С. 139-143 .

Ключевые слова: промезуточные скрепления, вертикальные и горизонтальные продольные силы.

Анотації

Виконано порівняльний аналітичний аналіз роботи проміжних скріплень типу КБ і КПП-5 під дією вертикальних і горизонтальних повздовжніх сил. Отримані розрахункові рівняння, які дозволяють визначити пружні та фрикційні опори цих скріплень дії повздовжніх сил.

Выполнен сравнительный аналитический анализ работы промежуточных скреплений типа КБ и КПП-5 под действием вертикальных и горизонтальных сил. Получены расчетные уравнения, позволяющие определить упругие и фрикционные сопротивления этих скреплений действию продольных сил.

A comparative analysis of the analytical work of intermediate type fasteners KB and KPP-5 under the influence of vertical and horizontal forces. The calculating equation for determining the elastic and frictional resistance to the action of these fasteners longitudinal forces.

УДК 621.43

*Канд. техн. наук П.І. Лоцман,
М.О. Пятигорець*

**РОЗРОБЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ ВАГ
НАПРЯМКІВ У РЕПЕРНИХ МЕРЕЖАХ ЗАЛІЗНИЦІ**

Представив д-р техн. наук, професор А.А. Плугін

Постановка проблеми та аналіз літератури. За сучасною класифікацією реперні системи належать до геодезичної мережі спеціального призначення, що

розвиваються згідно з технічними вимогами державної адміністрації залізничного транспорту України.

Реперні системи за окремими напрямками повинні урівнюватися як вільні, щоб не вносити додаткових спотворень у результати вимірювань. Мірою відносної точності або мірою порівняння результатів вимірювань між собою є вага результату вимірювання. У вітчизняній літературі ваги результатів вимірювань визначаються виходячи з характеристик виміряних фізичних величин [1]. Проблемам вагів вимірювань були присвячені роботи С.У. Ливсева, В.П. Савиних, С.П. Войтенка, В.Я. Цветкова і багатьох інших.

Метою роботи є розроблення математичної моделі розподілу ваг напрямків у реперних мережах залізниці.

Викладення основного матеріалу.

При постановці кутових вимірювань у реперній мережі ми прагнемо отримати вихідну сторону з найбільшою точністю, зберігаючи заздалегідь заданий обсяг вимірювальних робіт. Ця задача здійснюється шляхом вигідного розподілу ваг вимірювань.

Із загальної теорії цього питання відомо, що ваги визначаються в результаті розв'язання методом послідовних наближень таких рівнянь:

$$R = \lambda L_r, \tag{1}$$

$$\lambda = \frac{\sigma}{[L]}, \tag{2}$$

$$L = \dots \tag{3}$$

$$\frac{1}{P} \frac{[L^2]}{P} \frac{[L]^3}{\sigma} \tag{4}$$

Такий спосіб розв'язання поставленої задачі є дуже громіздким і незручним для застосування в польових умовах. У цій роботі ми розробили можливі спрощення при розв'язанні задачі вигідного розподілу ваг напрямків у простих реперних мережах. Необхідні для цього викладки ми зробимо на прикладі реперної мережі, що являє собою ромб. При наявності в простій реперній мережі зазвичай вимірюваних 12 напрямків ми будемо мати три умови фігур і одну умову полюса. Перші три умови складені для фігур ABC, ACD і ABD (рис. 1). Бічну умову складено з розрахунку, що полюс знаходиться в точці перетину діагоналей. Вагова функція складена за формулою (4).

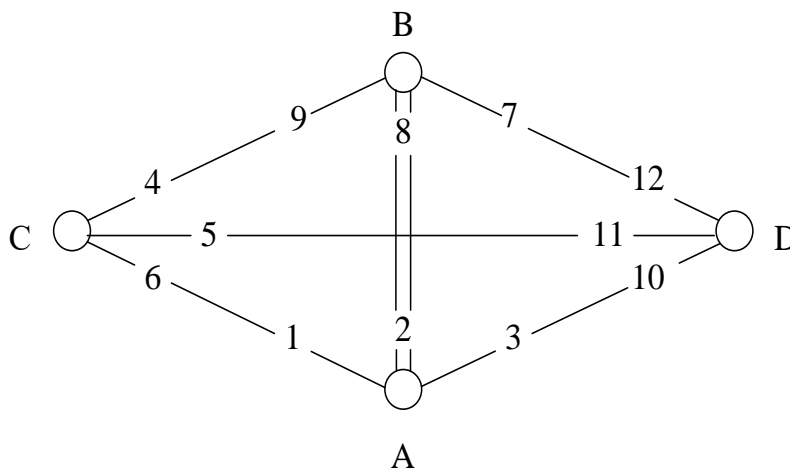


Рис. 1

Нехай ваги виміряних напрямків мають значення:

$$\left. \begin{aligned} r_1 = r_2 = R \\ r_2 = r_3 = R \\ r_3 = r_4 = R \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Складаємо перехідні рівняння:

$$\left. \begin{aligned} 1. \quad r_1 \cos \varphi_1 + r_2 \cos \varphi_2 - R \cos \varphi_3 - R \cos \varphi_4 = 0 \\ 2. \quad r_2 \cos \varphi_2 + r_3 \cos \varphi_3 - R \cos \varphi_4 - R \cos \varphi_1 = 0 \\ 3. \quad r_3 \cos \varphi_3 + r_4 \cos \varphi_4 - R \cos \varphi_1 - R \cos \varphi_2 = 0 \\ 4. \quad r_4 \cos \varphi_4 - R \cos \varphi_2 - R \cos \varphi_3 = 0 \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

У цих рівняннях величини q і r є невідомими. Легко здогадатися, що в числі можливих випадків, коли рівняння (6) перетворюються в тотожності, є такі два варіанти:

$$\left. \begin{aligned} r_1 = r_2 = R \\ r_3 = r_4 = 0 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$\left. \begin{aligned} r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = R \\ q_1 = q_2 = 0 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Звертаючись до формул, приходимо до висновку, що якщо ваги напрямків прийняти пропорційними, то обидва варіанти розподілу ваг будуть однаково вигідні, а напрямки мережі, що підлягають вимірюванню, утворюють умовне рівняння фігури в чотирикутнику ACBD.

Зауважимо ще раз, що все це стосується реперної мережі правильної ромбічної форми. На ряді прикладів ми

переконалися, що аналогічні висновки можна зробити і для реперної мережі у вигляді неправильного витягнутого геодезичного чотирикутника з тією лише різницею, що в ромбі вимірюванню підлягають вісім напрямків, у той час як у загальному випадку потрібно вимірювати дев'ять напрямків.

Вкажемо на найраціональніший спосіб складання вагової функції, що дозволяє значною мірою скоротити час, потрібний для обчислення ваг напрямків у простих реперних мережах.

Вихідну сторону $CD = H$ (рис. 2) можна отримати за такою формулою:

$$H = a \sin \alpha + b \sin \beta$$

де

$$a = \frac{AB \sin \varphi}{\sin \varphi} \quad \text{і} \quad b = \frac{AD \sin \psi}{\sin \psi}$$

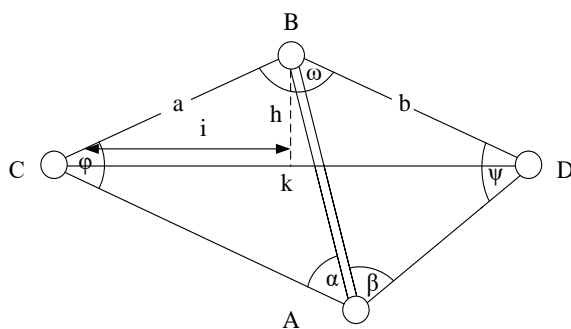


Рис. 2

$$\left. \begin{aligned} H \cos \alpha &= a - b \cos \alpha \\ H \cos \gamma &= b - a \cos \gamma \\ a \sin \alpha &= H h \\ H h &= b \cos \gamma \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

І далі

$$\left. \begin{aligned} a \sin \alpha &= H h \\ b \cos \gamma &= H h \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Тепер вагова функція набуде вигляду

$$P = \lambda \left[\frac{af}{p} \right] \quad (11)$$

Величини, що входять до формули, можуть бути визначені як аналітично, так і графічно за кресленням мережі.

Для графічного визначення зазначених елементів достатньо побудувати креслення, взявши вихідну сторону CD = 21 см.

Легко здогадатися, що на такому кресленні відрізки СК, ДК і ВК (рис. 3 і 4), виражені в дециметрах, будуть являти собою ваги.

Для вихідної сторони простої реперної мережі можуть бути складені два варіанти вагових коефіцієнтів. Перший варіант (рис. 3), коли коефіцієнти обчислюються за кутами:

і другий варіант (рис. 4), коли ці коефіцієнти обчислюються за кутами:

Вище ми вказали, що для найвигіднішого розподілу ваг у простих реперних мережах вимірюванню підлягають 9 напрямів, за наявності яких виникає умова фігури в чотирикутнику ACBD (рис. 3). Отже, ми будемо мати одне перехідне рівняння для визначення невизначених множників, а саме:

$$\left[\frac{aa}{p} \right] + \left[\frac{af}{p} \right] = \epsilon \quad (12)$$

Якщо ми скористаємося нижченаведеною ваговою функцією і приймемо ваги напрямків пропорційними абсолютним значенням коефіцієнтів вагової функції, тобто припустимо, що

$$P = \lambda |f_i| \quad (13)$$

то при наявності зазначеної умови матимемо:

$$\left[\frac{af}{p} \right] = 0,$$

$$r = 0.$$

Це означає, що за формулою (13) ми отримуємо такі значення ваг напрямків, які відповідають їхньому вигідному розподілу.

Наведені висновки дозволяють застосувати дуже простий метод для вигідного розподілу ваг напрямків у простих реперних мережах, а саме:

- 1) складаємо креслення реперної мережі за її відомими кутами, прийнявши довжину вихідної сторони рівною 21 см;
- 2) за кресленням визначаємо відрізки базисів;
- 3) за формулою обчислених коефіцієнтів вагової функції можна прийняти будь-який з двох зазначених вище варіантів;
- 4) обчислюємо значення ваг напрямків за формулою (5).

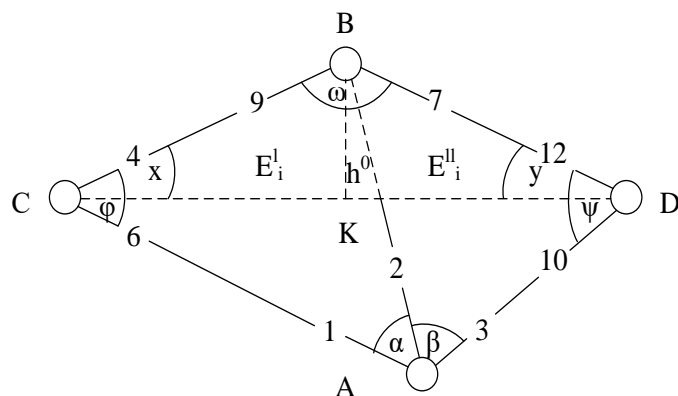


Рис. 3 (1-й варіант)

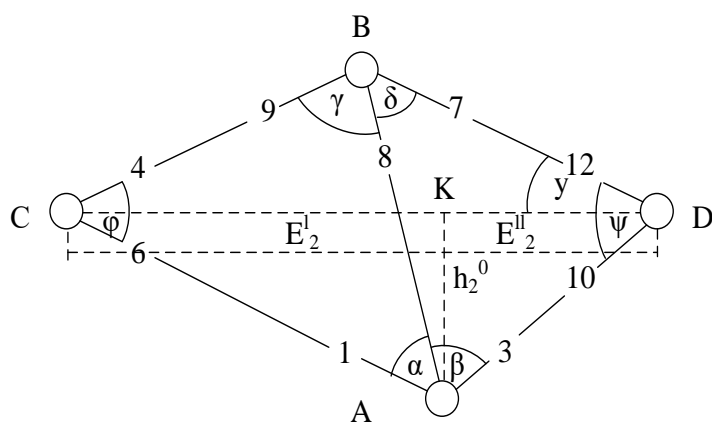


Рис. 4 (2-й варіант)

Усі необхідні обчислення можна проводити за методом, що пропонується.

Висновки. Проведений аналіз можливих варіантів показав, що на

сучасному етапі необхідно поступово створювати мережу реперів на основі оптимального розподілу ваги вимірювань.

Список літератури

1. Справочник геодезиста [Текст]: в 2 кн. / под ред. В.Д. Большакова и Г.П. Левчука. – М.: Недра, 1975. – 1039 с.
2. Саяпін, О.С., Геодезичний контроль геометрії залізничної колії [Текст] / О.С. Саяпін, Ю.В. Щербіна, П.І. Лоцман // Інженерна геодезія: наук.-техн. зб. – К.: КНУБА, 2006. – Вип.52. – С.172-176.
3. Ратушняк, Г.С. Інженерна геодезія. Практикум [Текст]: навч. посібник. – К.: Вища шк., 1992. – 262 с.: іл.

Ключові слова: моделі математичні, моделювання інформаційне, середньоквадратична похибка, вага результату вимірювання.

Анотації

Розроблена математична модель розподілу ваг напрямків у реперних мережах, що належать до геодезичної мережі спеціального призначення залізниці.

Мірою відносної точності або мірою порівняння результатів вимірювань між собою є вага результату вимірювання.

Разработанная математическая модель распределения весов направлений в реперных сетях, принадлежащих геодезической сети специального назначения железной дороги.

Мерой относительной точности или мерой сравнения результатов измерений между собой есть вес результата измерения.

Conducted analysis of basic principles technology of basic types modulation, which possible in this technology.

УДК 625.033

*Канд. техн. наук А.М. Штомпель,
В.В. Тертичний, С.В. Хоруженко*

**ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ЩЕБЕНЕВОГО БАЛАСТУ В ПРОЦЕСІ
ЕКСПЛУАТАЦІЇ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ**

Представив д-р техн. наук, професор А.А. Плуґін

Постановка проблеми у загальному вигляді. Конструкція залізничної колії (ЗК) функціонує в умовах силового навантаження з боку рухомого складу. Рівень цього навантаження суттєво впливає на роботу конструкції ЗК й обумовлює зміну її технічного стану в процесі експлуатації. При напрацюванні тоннажу спостерігається стійка тенденція погіршення технічного стану конструкції ЗК через накопичення в ній залишкових деформацій, що призводить до зниження рівня безпеки руху поїздів.

У той же час зміст п. 3.1 [1] визначає, що "усі елементи залізничної колії... за ... станом мають забезпечувати безпечний і плавний рух поїздів із швидкостями, встановленими на даній ділянці ", тобто конструкція ЗК повинна бути надійною протягом усього її «життєвого» циклу, у

тому числі й при зростанні обсягів перевезень.

Безстикова колія на залізобетонних шпалах є основною конструкцією верхньої будови на залізницях України. На поточний момент її протяжність складає понад 70 % розгорнутої довжини головних колій.

Конструкція безстикової колії (БК) складається з рейко-шпальної решітки (РШР) та підшпальної основи (ПО). Остання містить баластовий шар (БШ) та певну (робочу) зону земляного полотна, до якого належить його верхня частина, що безпосередньо сприймає навантаження від верхньої будови колії (ВБК) та рухомого складу.

Основні показники стану БК (зокрема параметри геометрії рейкової колії) напряму залежать від несучої здатності ПО, зокрема від стану БШ.

Виходячи з вищезначеної вимоги щодо забезпечення надійності функціонування конструкції БК в процесі її експлуатації, питання оцінки працездатності БШ набувають певної актуальності. Окрім того, потреба відповідних досліджень у цьому напрямку обумовлюється зростанням інтенсивності експлуатації ВБК, що спостерігається на сучасному етапі [2].

Аналіз основних досліджень з даної проблеми. Питанню оцінки працездатності ПО (через накопичення залишкових деформацій рейкової колії) в процесі експлуатації БК присвячена низка наукових праць, серед яких слід відмітити [3,4]. Ці дослідження базувалися на статистичному аналізі відповідних експериментальних даних, що були отримані під час натурних спостережень за роботою ВБК на дослідних ділянках.

Означений напрямок (оцінка працездатності ПО) наукових досліджень знайшов свій розвиток у роботах [5-7], де запропоновано математичні моделі накопичення залишкових деформацій БШ (у профілі та плані) в процесі експлуатації БК.

Матеріали досліджень, що викладаються нижче, слід розглядати, зокрема, як продовження наукових розробок, результати яких наведені у [8].

Мета даної статті полягає у визначенні працездатності щебеневого баласту (за показниками його зносу та появи виплесків БШ) в процесі експлуатації БК.

Виклад основного матеріалу дослідження. БШ є важливим елементом ВБК й повинен забезпечувати необхідну стійкість РШР (у вертикальній та горизонтальній площинах) під дією рухомого складу в процесі експлуатації конструкції ЗК.

Як баластовий матеріал в основному використовується щебеневий баласт.

Досвід експлуатації конструкції БК свідчить, що БШ найбільш схильний до

динамічної дії рухомого складу. При цьому виникають нерівномірні його осідання, знос зерен щебеню, забрудненість баластової призми й, як наслідок, виплески БШ. Тому термін служби щебеневого баласту значно менший у порівнянні з терміном служби рейок та залізобетонних шпал.

Протягом «життєвого» циклу ВБК технічний стан БШ постійно змінюється: перший етап – стабілізація баласту після виконання ремонту колії (характеризується відносно інтенсивними осіданнями БШ за рахунок ущільнення баласту під поїзним навантаженням); другий етап – період стабільної роботи БШ (спостерігається зниження інтенсивності накопичення у ньому залишкових деформацій, що обумовлюється досягненням граничного рівня ущільнення баласту під час його першого етапу експлуатації); третій етап – період погіршення технічного стану БШ (через підвищення рівня забрудненості баласту зростає інтенсивність нерівномірності його осідання, з'являються виплески баласту, як правило, у зонах стикових з'єднань конструкції ЗК).

Таким чином, працездатність БШ на третьому етапі його експлуатації негативно впливає на технічний стан конструкції ВБК в цілому. Тому відповідними нормативними документами [9] передбачається, що БШ на завершальному (третьому) етапі його експлуатації підлягає оздоровленню шляхом суцільного очищення від забруднювачів та ліквідації (при необхідності) виплесків баласту.

Ці ремонтно-колійні роботи з відновлення працездатності БШ виконуються під час середнього ремонту колії.

Середній ремонт колії призначається до виконання (на певній ділянці залізниці), коли технічний стан БШ характеризується такими критеріями [9], наведеними в таблиці.

Вид ремонту	Категорія колії	Основні критерії	
		Забрудненість щебеневого баласту, % від маси	Кількість шпал з виплесками, % /км
Середній ремонт колії	III	30 і більш	3
	I ;II;III-а	30 і більш	5
	III-б	30 і більш	8
	IV; V	30 і більш	10
	VI	30 і більш	15

Таким чином, до показників (критеріїв), які характеризують граничний технічний стан БШ, належать: ступінь (рівень) забрудненості щебеневого баласту; протяжність виплесків баласту на 1 км колії (кількість шпал на 1 км колії у зоні виплесків).

Ці показники (для *i*-ї ділянки колії) встановлюються за результатами натурального обстеження технічного стану конструкції ВБК у конкретний момент часу (на певному етапі експлуатації ЗК).

Для попереднього планування обсягів середнього ремонту колії й розроблення міжремонтної схеми для *i*-ї ділянки залізниці з певними експлуатаційними умовами вищезначені показники можуть бути встановлені аналітично [8].

У процесі експлуатації ВБК баластова призма поступово забруднюється внутрішніми (через знос зерен щебеню під динамічним навантаженням рухомого складу) та зовнішніми (частка сипучих вантажів, що перевозяться по ділянці через неповну герметичність вагонів потрапляє у баласт) забруднювачами, а з часом (після напрацювання певного обсягу тоннажу) на локальних місцях колії (як правило, у зонах стиків) з'являються виплески БШ. Виплески починають з'являтися після того, як забрудненість баласту досягне певного рівня, через що він (баласт) втрачає свої дренажні властивості, тобто атмосферна вода, яка потрапляє у БШ, не відводиться за межі баластової призми. Практичний досвід експлуатації БК свідчить, що виплески баласту виникають (у першу

чергу) в зоні зрівнювальних прольотів, де спостерігається підвищена дія рухомого складу на конструкцію колії і, як наслідок, більш інтенсивна робота елементів ВБК, у тому числі й БШ.

Залежності, що характеризують рівень забрудненості щебеневого баласту $q_{\text{забр}}$ (% від маси щебеню) та кількості шпал у зоні виплесків $m_{\text{випл}}$ (кінці шпал на 1 км колії), мають криволінійний вид (відносно обсягу, напрацьованого на ділянці тоннажу).

Дослідженнями [8] встановлено, що ці залежності (для конструкції БК: рейкові пліти зварені з рейок типу Р65; залізобетонні шпали; щебеневи баласт) мають такий вид:

$$q_{\text{забр}} = 3,935T^{0,33}, \quad (1)$$

$$m_{\text{випл}} = 2 \cdot 10^{-6}T^3, \quad (2)$$

де T – напрацьований тоннаж, млн т брутто.

Необхідно відмітити, що формули (1)-(2) визначені з урахуванням того, що товщина чистого баласту (очищеного від забруднювачів під час середнього ремонту колії) складає 25 см під подошвою шпали. Така товщина чистого баласту забезпечувалася (у свій час) застосуванням щебенеочисної техніки відповідного типу.

У теперішній час очищення щебеневого баласту при виконанні, зокрема, середнього ремонту колії здійснюється сучасними видами

щебенеочисних машин (наприклад машиною RM-80), які забезпечують товщину очищеного від забруднювачів баласту під шпалою до 40 см.

Таким чином, умовний об'єм БШ, у якому накопичуються забруднювачі, збільшився у 1,6 разу. Однак за певними обставинами, які визначає практичний досвід експлуатації БК, у розрахункові формули (1)-(2) такий поправковий коефіцієнт вводити не можна (це призведе до завищення результату теоретичного розрахунку у порівнянні з існуючим досвідом експлуатації конструкції ЗК).

Тому (з урахуванням вищезначеного) пропонуються такі математичні моделі визначення $Q_{забр}$ та $m_{випл}$ в залежності від T , де як коефіцієнт, що характеризує збільшення об'єму шару щебеневого баласту, який сприймає динамічне навантаження від рухомого складу, прийнято значення 0,8.

Таким чином, розрахункові формули (1)-(2) мають такий вид:

$$Q_{забр} = 3,148T^{0,33}; \quad (3)$$

$$m_{випл} = 1,6 \cdot 10^{-6}T^3. \quad (4)$$

Аналітичні розрахунки за рекомендованими формулами (3-4) показують, що в процесі експлуатації БК:

– забруднення БШ до граничного рівня (30 % від загальної маси щебеню) досягається при напрацюванні приблизно 700 млн т брутто;

– гранична кількість виплесків баласту (див. таблицю) з'являється після пропуску по дільниці залізниці 350-550 млн т брутто (залежно від категорії головної колії).

– Результати теоретичних розрахунків за математичними моделями (3)-(4) слід розглядати як орієнтовні при:

– розробленні ремонтної схеми для певної дільниці залізниці;

– перспективному плануванні обсягів робіт із середнього ремонту колії та робіт з ліквідування можливих виплесків БШ на цій дільниці.

Висновки з даного дослідження.

Дано оцінку працездатності баластового шару безстикової колії в процесі її експлуатації. Запропоновано математичні моделі щодо визначення рівня забрудненості щебеневого баласту та появи його виплесків при напрацюванні тоннажу.

Список літератури

1. Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст]: затв. наказом Міністерства транспорту України від 20.12.1996 р. № 411. – К., 2003. – 133 с.
2. Штомпель, А.М. Експлуатаційний вантажообіг на залізницях України у 2008-2011 роках та його вплив на конструкцію залізничної колії [Текст] / А.М.Штомпель // Сб. науч. трудов SWorld: материалы международной научно-практической конференции "Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании '2011". – Одесса: Черноморье, 2011. – Вып. 4, т. 3. – С.67-70.
3. Анализ накопления остаточных деформаций рельсовых нитей в профиле и плане [Текст] / О.П.Ершков, А.А.Ильяшенко, Е.Д.Ткачев, Б.С.Шинкаренко // Труды ВНИИЖТ. – 1980. – Вып.628. – С.50-67.
4. Зак, М.Г. Теоретический анализ влияния расстройств рельсовой колеи на динамическое взаимодействие подвижного состава и пути и оценка неравножесткости рельсовых нитей [Текст] / М.Г. Зак, О.П. Ершков, Е.Д. Ткачев // Труды ВНИИЖТ. – 1980. – Вып. 628. – С.67-103.
5. Штомпель, А.М. Математична модель накопичення вертикальних деформацій залізничної колії в процесі експлуатації [Текст] / А.М. Штомпель, В.П. Шраменко // Залізничний транспорт України. – 2010. – № 4. – С.58-59.

6. Штомпель, А.М. Математична модель накопичення залишкових деформацій колії у плані при напрацюванні тоннажу [Текст] / В.П. Шраменко, О.О. Скорик, А.М. Штомпель // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 122. – С.261-265.

7. Штомпель, А.М. Деформативність підрейкової основи безстикової колії у вертикальній площині [Текст] / А.М. Штомпель // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип.125. – С.103-107.

8. Варызгин, Е.С. Как работает щебеночный балласт [Текст] / Е.С. Варызгин // Путь и путевое хозяйство. – 1980. – №12. – С.21-25.

9. Положення про систему ведення колійного господарства на залізницях України [Текст] / Е.І. Даніленко, М.І. Карпов, В.О. Яковлєв [та ін]. – К.: Транспорт України, 2010. – 67 с.

Ключові слова: безстикова колія, щебеневий балласт, забруднювачі баласту, виплески баласту, напрацьований тоннаж, працездатність баласту.

Анотації

Розглядаються питання щодо оцінки працездатності щебеневого баласту в процесі експлуатації безстикової колії. Запропоновано математичні моделі визначення рівня забрудненості щебеневого баласту та кількості шпал у зоні його виплесків при напрацюванні тоннажу.

Рассмотрены вопросы по оценке работоспособности щебеночного балласта в процессе эксплуатации бесстыкового пути. Предложены математические модели для определения уровня загрязненности щебеночного балласта и количества шпал в зоне его выплесков при наработке тоннажа.

The questions to assess performance ballasted in use continuously welded track. The mathematical model to determine the level of contamination of the crushed stone ballast and sleepers in the zone of its operating time splashing in tonnage.

УДК 624.073.11:539.371

*Кандидаты техн. наук Г.Л. Ватуля,
Е.Ф. Орел, С.Ю. Берестянская*

ВЛИЯНИЕ ПОЖАРА НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ СТАЛЕБЕТОННЫХ ПЛИТ

Представил д-р техн. наук, профессор А.А. Плугин

Введение. Сталебетонные конструкции являются более эффективными по сравнению с железобетонными благодаря многофункциональному использованию стального листа. Наибольший эффект от

внешнего армирования достигается в изгибаемых в двух направлениях плитах перекрытий и покрытий зданий. Плоский стальной лист работает в условиях двухосного растяжения, благодаря чему

повышается жесткость и несущая способность сталебетонных плит по сравнению с железобетонными при одинаковом расходе металла. Внедрение изгибаемых в двух направлениях сталебетонных плит затруднено ввиду недостаточной разработанности методов расчета и проектирования, особенно с учетом высокоинтенсивных термосиловых воздействий, так как конструкция в равной степени должна отвечать не только требованиям прочности, жесткости и трещиностойкости, но и требованиям противопожарной безопасности.

Цель исследований. Обзор накопленного материала показал, что характер деформирования и исчерпания несущей способности изгибаемых в двух

направлениях сталебетонных плит, которые подвергаются не только силовому, но и термосиловому воздействию, в том числе и в условиях пожара, исследован недостаточно. Поэтому целью исследований является разработка математического аппарата для расчета напряженно-деформированного состояния сталебетонных плит на силовые и температурные воздействия.

Настоящая статья, являясь развитием исследований [1-4], содержит основные положения теории сталебетонных плит, учитывающей, помимо силовых, и температурные воздействия. Используем условия равновесия элемента сталебетонной плиты, полученные в [3]:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2}(M_T - M_x) + \frac{\partial^2}{\partial y^2}(M_T - M_y) - \frac{\partial^2 M_{xy}}{\partial x \partial y} + \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) M_T = q(x, y). \quad (1)$$

Температурные изгибающие моменты в бетоне и стальном листе (рис. 1) определяются следующим образом:

$$M_T = M_T^b + M_T^s; \quad (2)$$

$$M_T^b = - \int_{x_{ti}}^{x_i} \frac{\alpha_b E_b (T - T_0)}{3(1 - \nu_b)} x dx; \quad M_T^s = - \int_{h_b}^{h_b + \delta} \frac{\alpha_b E_b (T - T_0)}{3(1 - \nu_b)} x dx,$$

где T_0 - начальная температура; α_b, α_s - коэффициенты объемного расширения бетона и стали.

Моменты M_x, M_y, M_{xy} связаны с жесткостными коэффициентами и кривизнами зависимостями [1]:

$$\begin{pmatrix} M_x \\ M_y \\ M_{xy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} D_{11} & D_{12} & D_{13} \\ D_{21} & D_{22} & D_{23} \\ D_{31} & D_{32} & D_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} K_x \\ K_y \\ 2K_{xy} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

$$D_{11} = D_1 \sin^2 \alpha + D_2 \cos^2 \alpha; \quad D_{12} = D_{21} = D_\mu;$$

$$D_{13} = D_{31} = D_{23} = D_{32} = (D_1 - D_2) \cos \alpha \cdot \sin \alpha / 2;$$

$$D_{22} = D_1 \cos^2 \alpha + D_2 \sin^2 \alpha; D_{33} = (D_1 + D_2 - 2D_\mu) / 4;$$

$$D_i = \bar{x}_i^3 E_b / (3(1 - \nu_b^2)) + \bar{x}_{ti}^3 E_{bt} / (3(1 - \nu_{bt}^2)) + E_s A_s (h_0 - x_i)^2 \lambda_i / (1 - \nu_s^2);$$

$$D_\mu = 0,5(D_{\mu 1} + D_{\mu 2});$$

$$D_{\mu i} = \nu_b \bar{x}_i^2 \bar{x}_j E_b / (3(1 - \nu_b^2)) + \nu_{bt} \bar{x}_{ti}^2 \bar{x}_{tj} E_{bt} / (3(1 - \nu_{bt}^2)) + \nu_s E_s A_s (h_0 - x_i)(h_0 - x_j) \lambda_j / (1 - \nu_s^2); \quad i = 1, 2; \quad j = 2, 1;$$

$$K_x = -\partial^2 w / \partial x^2; \quad K_y = \partial^2 w / \partial y^2; \quad K_{xy} = \partial^2 w / \partial x \partial y, \quad (4)$$

где A_s – площадь стального листа на единице длины; $E_b, E_{bt}, \nu_b, \nu_{bt}$ – параметры деформирования сжатого и растянутого бетона; E_s, ν_s – параметры деформи-

рования стального листа; λ_i – коэффициент податливости контакта листовой арматуры с бетоном; x_i, x_{ti} – высоты сжатой и растянутой зон.

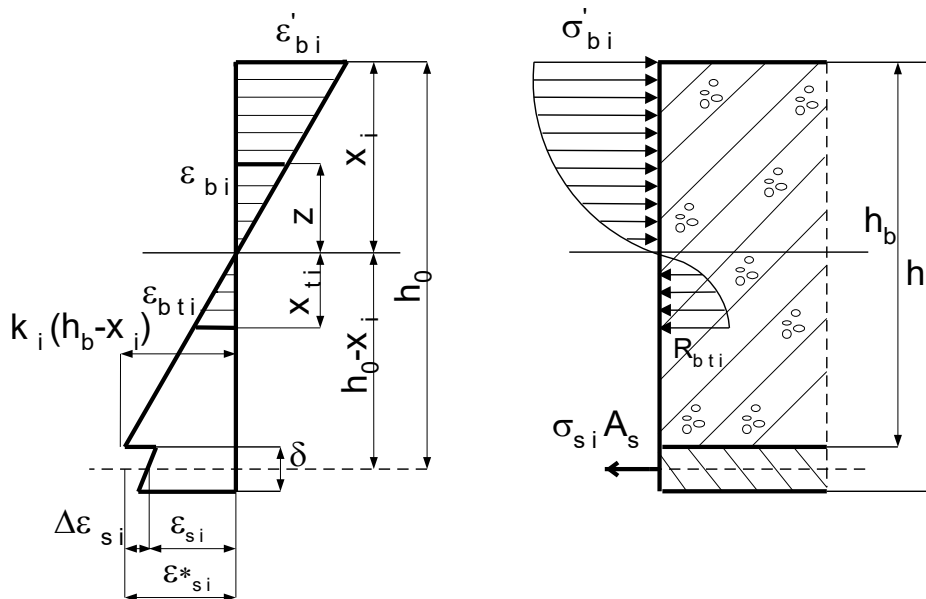


Рис. 1. Деформации в сечении сталебетонного элемента

Для решения задачи о напряженно-деформированном состоянии сталебетонной плиты необходимо знать распределение температурно-влажностного поля в ее сечении. Будем предполагать, что плита прогревается равномерно: а) со стороны стального листа; б) со стороны бетона; в) со

сторон стального листа и бетона одновременно. В случае равномерного прогрева задача о распределении температуры и влаги сводится к одномерной (рис. 2). Необходимость рассмотрения и влажностного поля связана с наличием влаги в порах бетона, при испарении

которой возникает подвижная граница парообразования [4].

В работах [3, 4] на основе анализа уравнения баланса масс в фазах, уравнений движения и уравнений баланса энергии

показано, что для микропористых сред с размерами пор $r \leq 10^{-7}$ м типа плотных тяжелых бетонов с пористостью порядка 20-30 % тепломассообмен описывается следующей системой уравнений:

$$c\rho \partial T / \partial t = \partial / \partial x (\lambda \partial T / \partial x), \quad \partial \rho_3 / \partial t = (8r/3) \sqrt{R/2\pi M} \partial (\rho_3 \sqrt{T}) / \partial x, \quad (5)$$

где T – температура твердого каркаса вместе с паром, К; c – удельная теплоемкость бетона; ρ – плотность сухого твердого каркаса; λ – коэффициент

теплопроводности сухого каркаса; ρ_3 – плотность пара; M – молярная масса пара; R – газовая постоянная; t – время.

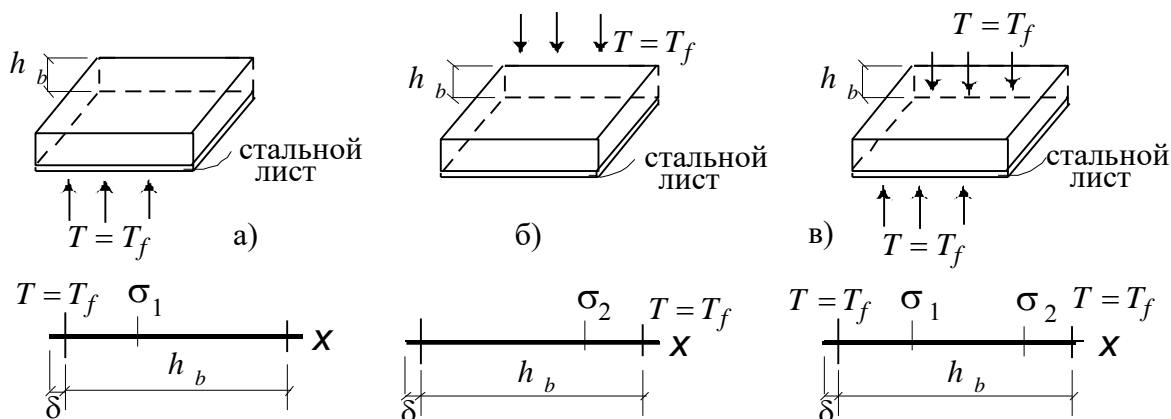


Рис. 2. Расчетная схема сталебетонной плиты: температурное воздействие со стороны стального листа (а); со стороны бетона (б); с обеих сторон (в)

Начальные и граничные условия для случая одностороннего нагрева со стороны стали (рис. 2,а) сформулированы в [3]. Они имеют следующий вид:

$$t = 0: \quad \rho_3 = \rho_{30}, \quad T = T_0; \quad (6)$$

$$x = h_b: \quad \lambda \partial T / \partial x = \alpha_c (T_0 - T), \quad \rho_3 = \rho_{30}; \quad x = 0: \quad \rho_3 = \rho_f; \quad Q = Q_c + Q_r,$$

где Q – полный тепловой поток к единице нагреваемой поверхности конструкции; Q_c – конвективный тепловой поток; Q_r – лучистый тепловой поток; α_c – коэффициент конвективного теплообмена между

бетоном и холодной средой; ρ_f – плотность горячего пара.

На границе парообразования

$$x = \sigma_1: \quad -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = r_t \rho_{20} \frac{d\sigma_1}{dt}; \quad \left(k_3 \rho_3 \frac{\partial p}{\partial x} \Big|_{\sigma_1-0} - k_3 \rho_3 \frac{\partial p}{\partial x} \Big|_{\sigma_1+0} \right) = \rho_{20} \frac{d\sigma_1}{dt}, \quad (7)$$

где r_t – удельная теплота парообразования;
 p – давление пара испаряющейся
 жидкости в порах; $p = \rho_3 TR / (M\varphi_3)$;
 k_3 – коэффициент фильтрации пара по

порам; φ_3 – объемная доля пара; ρ_{20} –
 плотность влаги в бетоне.

В случае нагрева со стороны бетона
 граница парообразования движется со
 стороны $x = h_b$, и граничные условия
 имеют вид

$$x = 0: \quad \lambda \frac{\partial T}{\partial x} = \alpha_c (T_0 - T), \quad \rho_3 = \rho_{30}; \quad x = h_b: \quad \rho_3 = \rho_f; \quad Q = Q_c + Q_r, \quad (8)$$

$$x = \sigma_2: \quad -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = r_t \rho_{20} \frac{d\sigma_2}{dt}; \quad \left(k_3 \rho_3 \frac{\partial p}{\partial x} \Big|_{\sigma_2-0} - k_3 \rho_3 \frac{\partial p}{\partial x} \Big|_{\sigma_2+0} \right) = \rho_{20} \frac{d\sigma_2}{dt},$$

где α_c – коэффициент теплообмена между
 сталью и холодной средой.

В отличие от этих случаев, при
 температурном воздействии на плиту с
 обеих сторон (рис. 2,в) влага испаряется

также с обеих сторон, и поэтому
 образуются две границы парообразования
 σ_1, σ_2 . Это явление отражается в
 граничных условиях, которые имеют
 следующий вид:

$$t = 0: \quad \rho_3 = \rho_{30}, \quad T = T_0; \quad (9)$$

$$x = 0: \quad \rho_3 = \rho_f; \quad Q = Q_c + Q_r, \quad x = h_b: \quad \rho_3 = \rho_f; \quad Q = Q_c + Q_r,$$

$$x = \sigma_1(t), \sigma_2(t): \quad -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = r_t \rho_{20} \frac{d\sigma}{dt}; \quad \left(k_3 \rho_3 \frac{\partial p}{\partial x} \Big|_{\sigma-0} - k_3 \rho_3 \frac{\partial p}{\partial x} \Big|_{\sigma+0} \right) = \rho_{20} \frac{d\sigma}{dt}.$$

Задача тепломассообмена для каждой
 схемы теплового воздействия решается
 путем разностной аппроксимации.

Зная распределение температурного
 поля по толщине плиты, по зависимостям
 (2) определяем температурные моменты, а
 решением уравнения равновесия (1) с
 учетом зависимостей (3) методом конечных
 разностей при шаговом нагружении
 определяем напряженно-деформированное
 состояние сталебетонной плиты.

Огнестойкость определяется
 временем t , за которое плита потеряет
 несущую способность. В свою очередь
 несущая способность характеризуется
 следующими факторами, имеющими место
 в какой-либо точке конечно-разностной

сетки: прочностью бетона; прочностью
 стального листа; прочностью контакта [1].

Для численных расчетов была
 использована сталебетонная плита
 1000x1000 мм толщиной $h_b=50$ мм из
 бетона прочностью $R_b=40$ МПа. Плита
 армировалась плоским листом толщиной
 $\delta=1$ мм из стали с физическим пределом
 текучести $\sigma_m=255$ МПа. Начальные
 значения модуля упругости бетона и стали
 $E_b=4,08 \times 10^4$ и $E_s=2,06 \times 10^5$ МПа. Нагрузка
 на плиту была принята равномерно
 распределенная. Опираение по контуру
 шарнирное. Объединение стального листа с
 бетоном выполнялось наклонными
 петлевыми анкерами и имело жесткость
 $\xi=80$ кН/м³ [1, 2].

Результаты расчетов приведены на рис. 3, 4. Из рис. 3 видно, что при температурном воздействии сверху обеспечивается требуемый предел огнестойкости согласно СНиП 2.01.02-85* до нагрузки 60 % от разрушающей. При огневом воздействии со стороны стального листа и с обеих сторон несущая способность не обеспечивается даже при минимальной нагрузке. В этом случае необходимо предусматривать защиту конструкции от температуры. Как видно из рис. 4, тип защитного слоя значительно увеличивает огнестойкость сталебетонных плит при действии пожара со стороны стального листа. Так, например, огнестойкость плит при нагрузке 10 кН/м^2 с защитным слоем из асбестоцементных плит $h=50 \text{ мм}$ составляет 58 мин, а с защитным слоем из минераловатных плит $h=40 \text{ мм}$ – 50 мин. Эти способы защиты могут быть рекомендованы для зданий, соответствующих II степени огнестойкости.

Огнестойкость сталебетонных плит при нагрузке 10 кН/м^2 с защитным слоем из цементно-стружечных плит $h=200 \text{ мм}$ составляет 75 мин, с защитным слоем из минераловатной плиты $h=100 \text{ мм}$ – 104 мин, с защитным слоем из легкого бетона $h=30 \text{ мм}$ – 75 мин. Эти способы защиты могут быть рекомендованы для зданий, соответствующих I степени огнестойкости.

Выводы. Таким образом, разработан математический аппарат, позволяющий оценить напряженно-деформированное состояние и несущую способность сталебетонных плит при силовых и температурных воздействиях, в том числе и при различных условиях пожара. Полученные результаты могут быть использованы для расчета сталебетонных перекрытий строительных сооружений.

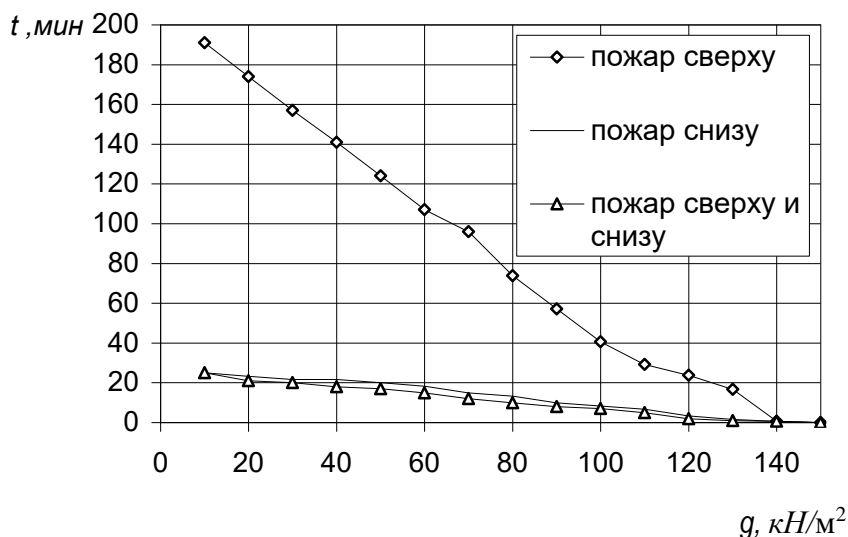


Рис. 3. Зависимость несущей способности сталебетонной плиты от схемы температурного воздействия

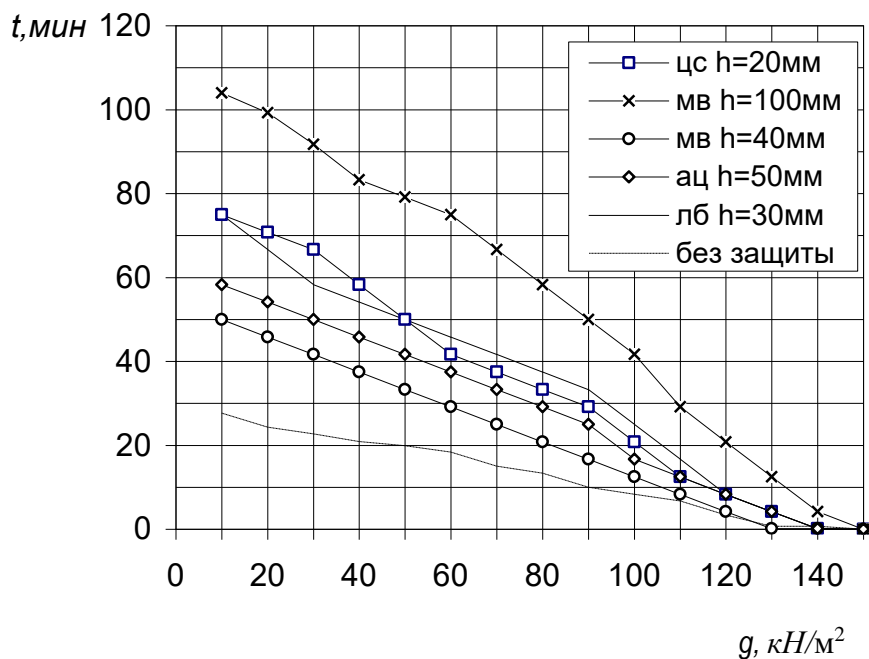


Рис. 4. Залежність несущої спроможності від виду температурної захисти

Список литературы

1. 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.
2. Ватуля, Г.Л. Моделирование работы сталебетонного перекрытия [Текст] / Г.Л. Ватуля, Е.Ф. Орел, Н.В. Смолянюк // Зб. наук. праць (галузеve машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ. 2011. – Вип. 2 (30). – С. 80-85.
3. Огнестойкость бетонных и сталебетонных конструкций [Текст]: сб. трудов. – Харьков: ХарГАЖТ, 2000. – Вып.40. – 97 с.
4. Жакин, А.И. Теория теплообмена в пористых средах [Текст] / А.И. Жакин, Э.Д. Чихладзе, М.А. Веревичева // Изв. ВУЗов. Строительство. – 1998. – №1. – С. 111-116.

Ключевые слова: Сталебетонная плита, температурное воздействие, напряженно-деформированное состояние, несущая способность, огнестойкость.

Аннотации

Проведено дослідження впливу різних схем вогневої дії та засобів теплового захисту на несучу здатність навантажених сталебетонних плит. Рекомендовано способи захисту сталевих листів від дії високої температури.

Проведено исследование влияния различных схем огневого воздействия на несущую способность нагруженных сталебетонных плит. Рекомендованы способы защиты стального листа от действия высокой температуры.

The author provides the tests in order to evaluate the impact of variable heating modes on carrying capacity of loaded steel concrete slab. Safety methods in order to defend the steel sheet from high temperature influence are also proposed in the article.

УДК 624.26:624.137.2

*Р.В. Хмелюк,
В.О. Білоус*

ОЦІНКА ДІЙСНОЇ ШВИДКОСТІ ВИПАРОВУВАННЯ ВОДИ

Представив д-р хім. наук, професор А.М. Плугін

Вступ. У рамках наших дипломних проєктів передбачається захист бетонних і залізобетонних конструкцій від електрокорозії. Найбільш схильними до такої руйнівної дії є конструкції з бетону мийних цехів, цокольні частини будівель, конструкції тротуарів і доріг та багато інших. У таких конструкціях електрокорозія бетону і розчину багаторазово посилюється через їх циклічне водонасичення і випаровування води (висушування).

Основна частина. Аналіз робіт з випаровування і насичення бетонів, проведених ученими Харківського національного автомобільно-дорожнього університету та Української державної академії залізничного транспорту, показує, що експериментальні дані різних авторів, нормативних і рекомендаційних документів про швидкість випаровування води, у тому числі з бетонів, дуже суперечливі. Це стримує роботу вчених щодо вдосконалення теоретичних уявлень через відсутність дійсних даних про швидкість випаровування води з різних об'єктів. У рамках виконання наукової частини дипломного проєкту нами виконано аналіз існуючих даних і порівняння з ними розрахункової швидкості води, яку автори вважають найбільш достовірною. Ця величина дорівнює $1,33 \cdot 10^{-5}$ г/(см²·с).

Однак існуючі експериментальні дані різних авторів істотно менші цієї розрахункової величини. Так, при випаровуванні води з невеликої кварцової посудини (площа поперечного перерізу 0,8 см², об'єм води 0,5 г) експериментальна швидкість випаровування по масі за 60 хв складала $6,8 \cdot 10^{-7}$ г/(см²·с) та $4,7 \cdot 10^{-7}$ г/(см²·с) відповідно на початку випаровування і в кінці (рис. 1).

У [1] для визначення швидкості випаровування води застосовували посудини більшої ємності (діаметр 6 см), що відрізняються різною масою і товщиною стінки (рис. 2, а). Результати визначення подані на графіку (рис. 2, б). Середня швидкість випаровування води зі скляних посудин більшої величини (площа 27,13 см²) складала $1,52 \cdot 10^{-6}$ г/(см²·с) та $1,4 \cdot 10^{-6}$ г/(см²·с) відповідно з меншою і більшою товщиною стінки. Невелике збільшення швидкості для посудини з більшою товщиною стінки автори пояснюють виявленим ними зменшенням рН води поблизу стінки посудини і нібито зменшенням розмірів кластерів води. Ці величини набагато менші, ніж розрахункова величина $1,33 \cdot 10^{-5}$ г/(см²·с), і чим менша площа посудини (площа випаровування), тим менша величина швидкості.

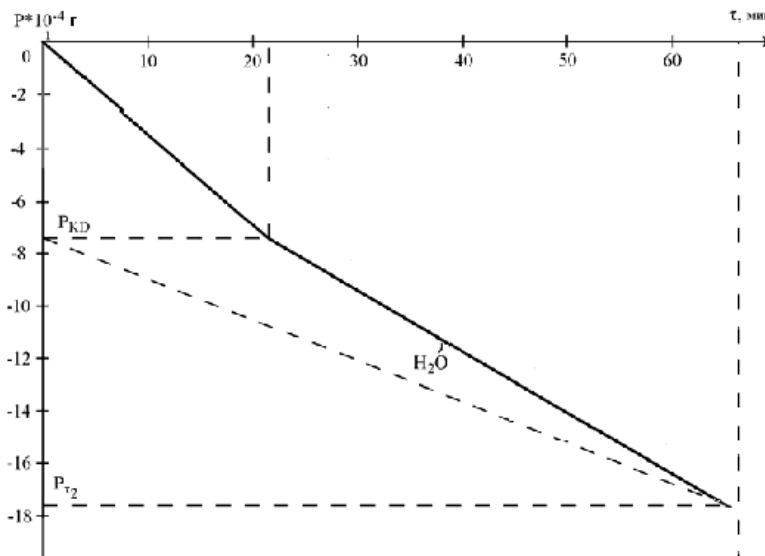


Рис. 1. Кінетична крива ізотермічного випаровування дистильованої води

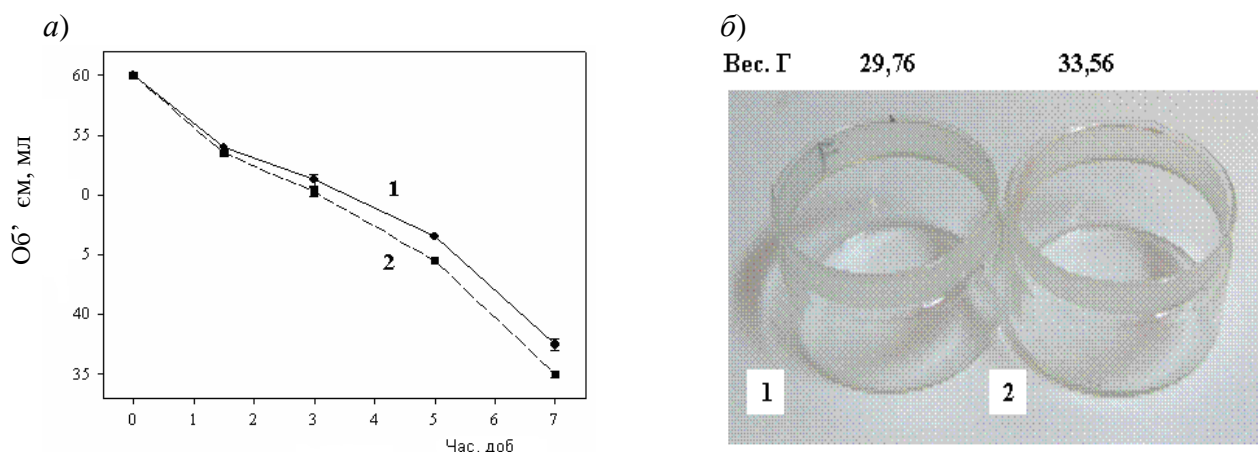


Рис. 2. Залежність швидкості випаровування води від рН і ваги посудин

Істотно меншою у порівнянні з розрахунковою є також швидкість випаровування води світового океану, яка в середньому за рік складає 505 тис. км³/рік при площі 361 300 000 км² [2]. Відповідно до цих даних швидкість випаровування води становить 0,46·10⁻⁵ (г/см²·с). Як бачимо, швидкість випаровування води світового океану також істотно нижча, ніж розрахункова величина, однак значно перевищує дані експериментальних вимірювань у невеликих посудинах.

Більш низькі значення швидкості випаровування води океанів обумовлені більш високою вологістю повітря над океанами (в середньому 90 %), так як при цьому збільшується пружність насичених парів води. Згідно з графіком (рис. 3), побудованим за даними досліджень де Гіна (1891), при зміні вологості повітря від 0 до 100 % випаровування (у відносних одиницях) зменшується майже лінійно від 105 до 8 од.

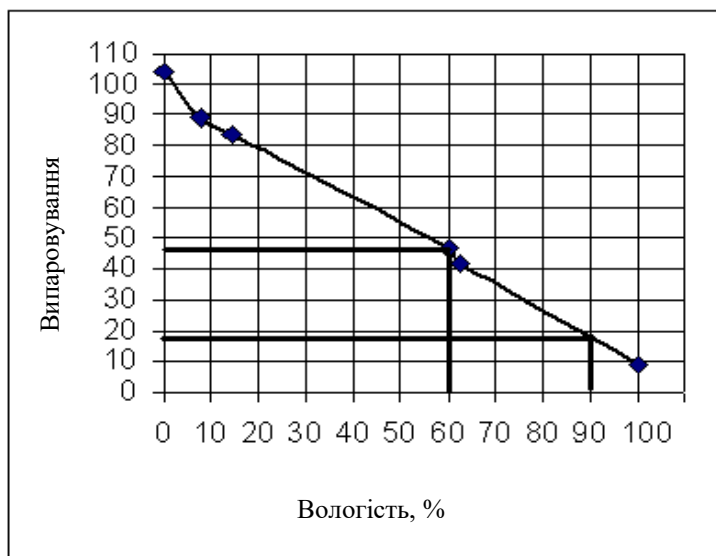


Рис. 3. Залежність величини випаровування води від вологості повітря за де Гіном

При перерахунку швидкість випаровування для 60 % (за допомогою графіка на рис. 3) склала в середньому $1,34 \cdot 10^{-5} \text{ г}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$, що практично збігається з розрахунковою величиною.

Виконано також зіставлення розрахункової величини швидкості випаровування води з величинами швидкості її випаровування на суходолі. Останнє протікає за більш складним механізмом, ніж в океані, так як на процес випаровування впливають два додаткових фактори – набагато менша кількість води в ґрунті, до того ж змінюється в широких межах, а також значна зміна температури в повітрі по регіонах.

Для відображення впливу цих факторів нами використана карта середньої багаторічної величини випаровування з водної поверхні випарувального басейну площею 20 м^2 (в сантиметрах) – рис. 4, на яку нанесені міста з характерними величинами вологості, температур і випаровувань. За даними цієї карти визначені величини випаровувань і за ними побудовані графіки зміни швидкості випаровування води на суходолі в залежності від вологості повітря (рис. 5) і від середньорічної температури (рис. 6).

Як впливає з графіка (рис. 5), швидкість випаровування води на суходолі різко і лінійно змінюється у всьому інтервалі вологостей від 55 до 82 %. Характер такої зміни відповідає характеру зміни швидкості випаровування води, отриманої де Гіном (рис. 3). Поряд з впливом вологості, на швидкість випаровування води значно впливає й температура повітря (рис. 6), при збільшенні якої швидкість випаровування зростає.

Швидкість випаровування на суходолі $0,49 \cdot 10^{-5} \text{ г}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$, близька до швидкості випаровування в океані $0,46 \cdot 10^{-5} \text{ г}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$, досягається при середньорічній вологості повітря 60 %. Як зазначалося вище, при такій температурі швидкість випаровування води в океані досягла б величини $1,34 \cdot 10^{-5} \text{ г}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$.

Отже, випаровування води з ґрунтів на суходолі приблизно в 2,7 рази менш інтенсивне, ніж в океані. За дійсну швидкість випаровування вільної води в нормальних природних умовах (температура повітря 20°C і вологість повітря 60 %), слід вважати швидкість $1,34 \cdot 10^{-5} \text{ г}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$.

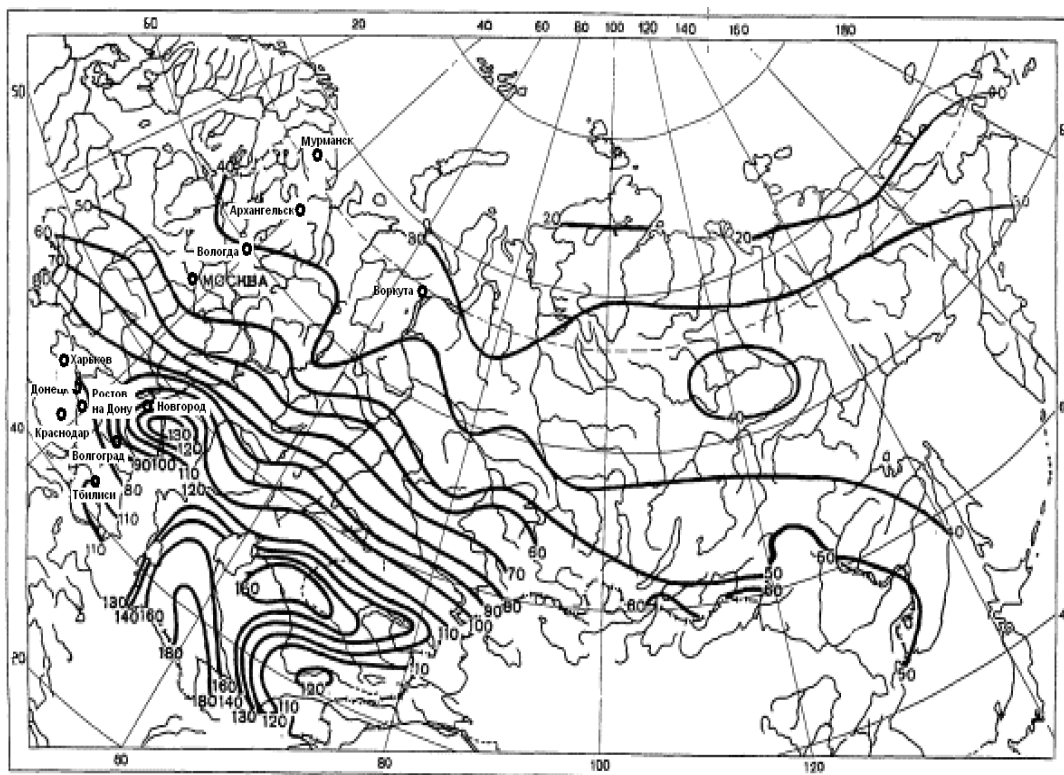


Рис. 4. Середня багаторічна величина випаровування з водної поверхні випаровувального басейну площею 20 м² (в сантиметрах)

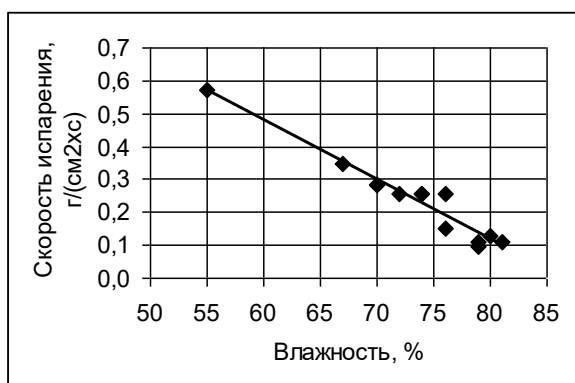


Рис. 5. Залежність швидкості випаровування води на суходолі від середньорічної вологості повітря

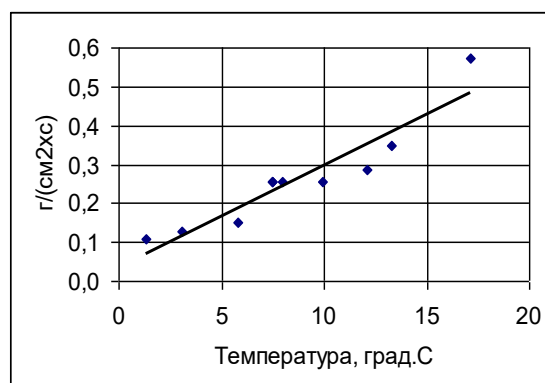


Рис.6. Залежність швидкості випаровування води на суходолі від середньорічної температури повітря

Висновки:

1. Встановлена дійсна швидкість випаровування води з великих водойм $V=1,34 \cdot 10^{-5}$ г/см²с.

2. Причиною занижених експериментальних результатів різних авторів є вплив геометричних розмірів експериментальних посудин.

Список літератури

1. Радюк, М.С. Пространственная неоднородность воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [quantmagic.narod.ru /volumes /VOL522008/p2183.html](http://quantmagic.narod.ru/volumes/VOL522008/p2183.html).
2. Мировой океан — Энциклопедия «Вокруг света» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.vokrugsveta.ru/encyclopedia /index.php?

Ключові слова: вода, випаровування, швидкість, величини, експеримент, карта, світовий, океан, скляний, посудини.

Анотації

Найбільш схильними до електрокорозійного руйнування є конструкції з бетону мийних цехів, цокольні частини будівель, конструкції тротуарів і доріг і багато інших. У таких конструкціях електрокорозія бетону і розчину багаторазово посилюється через їх циклічне водонасичення і випаровування води (висушування). Показано, що експериментальні дані різних авторів, нормативних і рекомендаційних документів про швидкості випаровування води, у тому числі з бетонів, дуже суперечливі. Це стримує роботу вчених щодо вдосконалення теоретичних уявлень через відсутність дійсних даних про швидкість випаровування води з різних об'єктів. У статті виконано аналіз існуючих даних і дана оцінка дійсної швидкості випаровування води.

Наиболее подверженными электрокоррозионному разрушению являются конструкции из бетона моечных цехов, цокольной части зданий, конструкций тротуаров и дорог и многих других. В таких конструкциях электрокоррозия бетона и раствора многократно усиливается из-за их циклического водонасыщения и испарения воды (высушивания). Показано, что экспериментальные данные различных авторов, нормативных и рекомендательных документов о скорости испарения бетонов очень разноречивы. Это сдерживает работу ученых по совершенствованию теоретических представлений из-за отсутствия действительных данных о скорости испарения воды из различных объектов. В статье выполнен анализ существующих данных и оценка действительной скорости испарения воды.

Most subject to electro-corrosive destruction there are constructions from the concrete of washeries, socle part of buildings, constructions of sidewalks and roads, and many other. In such constructions electro-corrosion of concrete and solution repeatedly increases from their cyclic waterimbibition and evaporation of water (dryings). It is rotined that experimental information of different authors, normative and recommendation documents about speed of evaporation of concretes very contradictory. It restrains work of scientists on perfection of theoretical presentations for lack of actual of information about speed of evaporation of water from different objects. The analysis of existent data and estimation of actual speed of evaporation of water is executed in the article.

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ УКРАЇНСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

**ZBIRNIK NAUKOVIH PRAC' UKRAINS'KOI DERZAVNOI AKADEMII
ZALIZNICNOGO TRANSPORTU**

Випуск 135

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 24.04.2013 р.
Формат паперу 60x84 1/8. Папір писальний.
Умовн.-друк.арк. 17,25. Тираж 140. Замовлення № 201.

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.

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

Випуск 135

Харків 2013