



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
УКРАЇНСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

Випуск 169 (додаток)

Харків 2017

УДК 656.2(062)

У Збірнику наукових праць УкрДУЗТ відображені матеріали та наукові розробки вчених і спеціалістів залізничного транспорту, наукових установ і промисловості з вирішення сучасних задач та проблем організації перевезень та управління на транспорті, рухомого складу і тяги поїздів, транспортного будівництва та залізничної колії, автоматики, телемеханіки та зв'язку.

Збірник наукових праць УкрДУЗТ призначений для інженерно-технічних працівників, магістрантів, студентів і науковців залізничного транспорту та промисловості.

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

Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus (Польща).

З реєстрацією збірника можна ознайомитися на сайті <http://jml2012.indexcopernicus.com>.

Google Scholar профіль: <https://scholar.google.com.ua>

Веб-сторінка збірника: <http://znp.kart.edu.ua>

Реферативна база

"Наукова періодика України": <http://csw.kart.edu.ua>

ISSN (p) 1994-7852

ISSN (online) 2413-3795

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 21515 - 11415ПР від 27.07.2015 р. Друкується за рішенням вченої ради університету, протокол № 3 від 25 квітня 2017 р.

Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту включено до списку друкованих (електронних) періодичних видань, що включаються до Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (Наказ МОН України від 21.12.2015 р. №1328 (додаток 8)).

Редакційна колегія

Головний редактор – Михалків Сергій Васильович, кандидат технічних наук, доцент, УкрДУЗТ

Бабаєв М.М., д.т.н., професор, УкрДУЗТ
Бойнік А.Б., д.т.н., професор, УкрДУЗТ
Бутько Т.В., д.т.н., професор, УкрДУЗТ
Ватуля Г.Л., д.т.н., доцент, УкрДУЗТ
Вовк Р.В., д.фіз.-мат.н., професор, УкрДУЗТ
Воронін С.В., д.т.н., доцент, УкрДУЗТ
Ворожбіян М.І., д.т.н., професор, УкрДУЗТ
Даренський О.М., д.т.н., професор,
УкрДУЗТ
Каграманян А.О., к.т.н., доцент, УкрДУЗТ
Лаврухін О.В., д.т.н., професор, УкрДУЗТ
Ломотько Д.В., д.т.н., професор, УкрДУЗТ

Мартинов І.Е., д.т.н., професор, УкрДУЗТ
Мойсеєнко В.І., д.т.н., професор, УкрДУЗТ
Мороз В.І., д.т.н., професор, УкрДУЗТ
Огар О.М., д.т.н., професор, УкрДУЗТ
Панченко С.В., д.т.н., професор, УкрДУЗТ
Приходько С.І., д.т.н., професор, УкрДУЗТ
Плугін А.А., д.т.н., професор, УкрДУЗТ
Тартаковський Е.Д., д.т.н., професор,
УкрДУЗТ
Тимофєєва Л.А., д.т.н., професор, УкрДУЗТ
Фалендиш А.П., д.т.н., професор, УкрДУЗТ

ISSN 1994-7852

Зареєстровано 2 червня 2007 р.
у ISSN International Centre 20, Rue
Bachaumont, 75002 PAPIS, FRANCE

© Український державний університет
залізничного транспорту, 2017

ЗМІСТ

Напрямок «Інформаційно-керуючі системи та технології»	4
Напрямок «Транспортне будівництво та залізнична колія»	46
Напрямок «Рухомий склад і тяга поїздів»	52
Напрямок «Транспортні технології»	141

НАПРЯМОК «ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»

УДК 656.256:681.32

*А.Б. Бойнік, В.Ф. Кустов, О.Ю. Каменєв,
С.О. Змій, О.В. Щєбликіна*

ОСОБЛИВОСТІ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО КЕРУВАННЯ ПЕРЕЇЗНОЮ СИГНАЛІЗАЦІЄЮ

*А. Bojnik, V. Kustov, A. Kameniev,
B. S. Zmij, O. Shcheblykina*

PECULIARITIES OF MICROPROCESSOR CONTROL OF CROSSING SIGNALING

За останні два десятиліття відбувається широке впровадження мікропроцесорних систем керування та регулювання руху поїздів на залізничному транспорті України та близького зарубіжжя. Найбільш широко зазначена тенденція охопила системи електричної централізації (ЕЦ), диспетчерської централізації (ДЦ), напівавтоматичного блокування (НАБ) та автоматичної переїзної сигналізації (АПС) [1, 2].

В той же час стосовно систем АПС спостерігається значна різноманітність варіацій побудови та функціонування, які залежать здебільшого від ступеня інтеграції систем АПС із пов'язаними з ними логічними залежностями перегінними або станційними системами залізничної автоматики. Зазначений ступінь інтеграції обумовлює певні особливості мікропроцесорного керування технічними засобами АПС [3 – 5].

Найбільш високий ступінь інтеграції спостерігається при поєднанні систем АПС та мікропроцесорних систем ЕЦ (МПЦ) на базі єдиного інформаційно-керуючого ядра, реалізованого на базі «м'якої» логіки (прикладного програмного забезпечення). У цьому випадку АПС фактично не існує як

самостійна система, а реалізується як логічна підсистема у складі МПЦ. Уся обробка логічних залежностей для підсистеми АПС виконується програмним забезпеченням МПЦ, у той час як технічні засоби, віднесені виключно до АПС, обмежуються керуючими пристроями (мікропроцесорними контролерами, модулями тощо), які забезпечують комутацію електричних кіл виконавчих пристроїв (переїзних світлофорів, двигунів автошлагбаумів тощо) та приймають від них контрольні сигнали. Взаємодія таких засобів із підсистемою логічних залежностей МПЦ відбувається за спеціалізованими інтерфейсами відповідно до встановлених протоколів обміну даних. Перевагою такого підходу є економія апаратури АПС, спрощення процедури взаємодії між підсистемами, можливість нарощування додаткових логічних функцій АПС тощо). Основні недоліки підходу пов'язані із програмним резервуванням інформаційно-керуючих каналів підсистеми обробки логічних залежностей ряду систем МПЦ, яке полягає в розробленні прикладного забезпечення кожного каналу різними групами розробників, у тому числі різними мовами

програмування, але за єдиним технічним завданням. Таким чином, ускладнюється погодження каналів (включаючи їх тестування) при нарощуванні функцій АПС. Крім того, враховуючи високу вартість розробки, налаштування та випробувань програмного забезпечення (включаючи заробітну плату програмістів), такий підхід має високу собівартість у зв'язку з незалежним корегуванням програмного забезпечення в кожному каналі. Ще одним недоліком підходу є використання виключно у високоінтелектуальних системах, що мають централізовану підсистему обробки логічних залежностей [3, 6].

Проміжний варіант інтеграції полягає у використанні окремого комплексу мікропроцесорних контролерів АПС (контролерів логічних залежностей та модулів керування виконавчими пристроями), що пов'язані із зовнішньою системою залізничної автоматики за певним інтерфейсом відповідно до встановлених технологічних алгоритмів. У цьому випадку АПС є автономною системою, відокремленою від зовнішніх систем як програмно, так і апаратно. При такому підході також використовуються багатоканальні резервовані контролери логічних залежностей, які як правило, працюють в режимі навантаженого дублювання за схемою «І», проте вони зазвичай мають єдине програмне забезпечення всіх каналів. Перевага підходу – незалежність налаштувань від зовнішньої системи та відсутність жорсткої прив'язки для експлуатації в рамках системи залізничної автоматики певного типу (ЕЦ, автоблокування тощо). В той же час недолік підходу полягає в апаратній надмірності та ускладненні взаємодії між АПС та іншими системами автоматики [7].

Крайній варіант, з мінімальним ступенем інтеграції, полягає в експлуатації релейної системи АПС на об'єкті, що керується мікропроцесорною системою залізничної автоматики (як правило,

залізничній станції, обладнаній системою МПЦ). У цьому випадку процес мікропроцесорного керування переїзною сигналізацією відбувається через модулі введення-виведення дискретних сигналів, через які керуюча напруга подається на реле системи АПС через вихідні ключі, а інформація з її контактів сприймається вхідними колами. Отже, фактично здійснюється мікропроцесорне керування релейною системою АПС. Єдина перевага такого підходу – використання перевірених часом і нормативно затверджених типових проектних рішень (згідно з альбомами АПС-93, АПС-2000 тощо). Проте вагомий недолік, що притаманний всім без виключення релейно-контактним системам залізничної автоматики (висока собівартість, енергоємність, складність обслуговування і ремонту тощо), робить зазначений підхід найменш прийнятним і перспективним на залізницях України і світу [3, 8].

Таким чином, існує ряд підходів до мікропроцесорного керування переїзною сигналізацією, причому три вищерозглянутих не є вичерпними – можлива безліч додаткових проміжних варіантів. Обґрунтований вибір конкретної реалізації залежить від ряду чинників, визначальним із яких є тип системи залізничної автоматики, що експлуатується на об'єкті.

Список використаних джерел

1. Інструкція з улаштування та експлуатації залізничних переїздів № ЦП 0174 [Текст] / Міністерство транспорту та зв'язку України. Державна адміністрація залізничного транспорту України. Головне управління колійного господарства Укрзалізниці. – К.: ТОВ «ВД Мануфактура», 2007. – 67 с.

2. Германенко, О. А. Основные ситуации, возникающие в зоне переезда, и уровни их опасности для движения железнодорожного транспорта [Текст] / О.А. Германенко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – № 4. – С. 146-151.

3. Бойнік, А. Б. Уніфікація способів передачі даних від переїзної сигналізації із різною елементною базою на табло інформування учасників дорожнього руху [Текст]: матеріали доповідей 29-ї МНПК / А.Б. Бойнік, В.Ф. Кустов, О.Ю. Каменев // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – № 4 (Додаток). – С. 70.

4. Дослідження функційної безпечності та електромагнітної сумісності мікропроцесорної системи електричної централізації стрілок та сигналів станції «Вугільна» на етапі імітаційних та стендових випробувань [Текст]: звіт про НДР (пром.ж.) / УкрДАЗТ; керівник А.Б. Бойнік. – 2012; Номер держ. реєстр. 0112U006925; інв. номер 0713U007283.

5. Поддубняк, В. И. Распознавание опасных скоростей движения объектов в огражденной зоне переезда при наличии поезда на участке приближения [Текст] /

В.И. Поддубняк, О.А. Германенко // 36. наук. праць ДонІЗТ. – Донецьк, 2005. – Вип. 4., Ч. 1. – С. 25 – 33.

6. Improvement of the accuracy of determining movement parameters of cuts on classification humps by methods of video analysis [Text] / S. Panchenko, I. Siroklin, A. Lapko, A. Kameniev, S. Zmii // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774. – 2016. – 4/3 (82), P. 25-30.

7. Kung S.Y. A neural network learning algorithm for adaptive principal component extraction (APEX) [Text] / S.Y. Kung, K.I. Diamantaras // IEEE International Conference on Acoustic, Speech and Signal Processing, 1990. – Vol. 2. – P. 861 – 864.

8. Панченко, С. В. Особенности эксплуатации и обслуживания высокоскоростных поездов [Текст]: учеб. пособие / С.В. Панченко, А.Б. Бабанин, А.А. Каграманян, А.В. Устенко. – Харків: Дисаплюс, 2015. – 304 с.

УДК 656.256:681.32

В. І. Мойсеєнко, О. Ю. Каменєв, В. В. Гасєвський

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ УКРАЇНСЬКИХ І ПОЛЬСЬКИХ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

V. Moiseenko, V. Gajewski, A. Kameniev

RESEARCH OF INTERACTION OF UKRAINIAN AND POLISH INFORMATION CONTROL SYSTEMS AND TECHNOLOGIES ON RAILWAY TRANSPORT

Останнім десятиліттям значного прогресу досяг рівень міжнародного співробітництва України та Польщі в галузі науки і техніки. Це не обминуло галузь залізничного транспорту, зокрема – техніки і технології у сфері інформаційно-керуючих систем керування та регулювання руху поїздів. У результаті актуальною стає реалізація міжнародного

науково-технічного проекту, здійснення якого дало б змогу інтегрувати та уніфікувати вітчизняний та закордонний досвід упровадження й експлуатації відповідних систем на транспорті [1-3].

Виконання дослідження в рамках спільного міжнародного проекту починається з деталізованого аналізу основних відмінностей в особливостях архітектури,

побудови, елементної бази, програмного забезпечення, технології функціонування, забезпечення безпеки використання, технічного обслуговування і ремонту інформаційно-керуючих систем на залізничному транспорті країни-учасників (України та Польщі). В процесі аналізу формується порівняльна характеристика вимог та підходів, що визначають спільні технічні, технологічні та організаційні аспекти інформаційно-керуючих систем залізничного транспорту двох країн [4].

На підставі отриманої характеристики визначаються основні фактори, які тим чи іншим чином гальмують або перешкоджають упровадженню інформаційно-керуючих систем, прийнятих в одній країні, на залізничному транспорті іншої країни (українських систем у Польщі і, навпаки, польських систем – в Україні). Згідно з встановленими факторами визначаються основні шляхи їх подолання, базовані на усуненні розбіжностей нормативної, технічної та експлуатаційної основи інформаційно-керуючих систем залізничного транспорту двох країн-учасників та напрацьованні рекомендацій щодо їх уніфікації.

Для виконання зазначеної уніфікації формується зведена характеристика нормативно-технічних документів, які встановлюють вимоги до інформаційно-керуючих систем залізничного транспорту обох країн (національних та міжнародних стандартів, пам'яток, інструкцій, правил тощо). В її рамках окремо визначаються характеристики відповідних нормативних документів, що діють в Україні та Польщі, з точки зору технології функціонування інформаційно-керуючих систем, їх побудови, технічного обслуговування, ремонту тощо. Окрема увага приділяється регламентації кількісних експлуатаційно-технічних показників інформаційно-керуючих систем залізничного транспорту, у першу чергу – пов'язаних із надійністю та функційною безпечністю. До уваги беруться передусім обґрунтованість

показників у кожній країні та відмінності в принципах їх обґрунтування. При цьому визначається доцільність урахування тих чи інших факторів, які формують відповідні їм кількісні показники, на підставі чого окреслюються шляхи до зведення відповідних параметрів до єдиних кількісних вимог.

Таким чином, формується основа для уніфікації нормативно-технічних умов, що визначатимуть єдині підходи до реалізації інформаційно-керуючих систем у двох країнах. Аналогічним чином аналізується обґрунтованість якісних параметрів реалізації інформаційно-керуючих систем, що дає також подальшу підставу для вироблення рекомендацій до формулювання необхідних експлуатаційних і технічних умов.

Окремою категорією визначається характеристика нормативних документів, які мають переважно рекомендаційний або декларативний характер, у першу чергу – пам'яток Організації співробітництва залізниць у галузі інформаційно-керуючих систем на залізничному транспорті (Р-808, Р-843, Р-844) тощо. Враховуючи, що більшість зазначених документів востаннє редагувалися 2004 року, актуальним стає питання невідповідності встановлених у них норм сучасному рівню розвитку інформаційно-керуючих систем, які впроваджуються на залізничному транспорті. Перш за все це пов'язано як з оновленням елементної бази і підходів до розроблення й супроводження програмного забезпечення за останні більш ніж десять років, так і зміненням кваліфікаційних вимог до персоналу, задіяного у проектуванні, експлуатації, технічному обслуговуванні та ремонті відповідних систем. На підставі сформованих характеристик нормативно-технічної бази із реалізації інформаційно-керуючих систем на залізничному транспорті та визначених відмінностей для двох країн розробляються конкретні рекомендації щодо уніфікації та взаємної інтеграції таких

систем і регламентуючої документації для них. Обґрунтування відповідних рекомендацій базується як на науково-теоретичних основах, так і практичному досвіді впровадження й експлуатації інформаційно-керуючих систем провідних виробників в Україні, Польщі та інших країнах [5-7].

Слід зазначити, що уніфікація та взаємна інтеграція інформаційно-керуючих систем, особливо в частині нормативно-технічної документації неможлива без однозначного трактування використовуваної термінології, яка також потребує окремої уніфікації. Тому окремим завданням у рамках проекту є розроблення змістовної частини термінів у галузі залізничної автоматики. Взаємне погодження даних термінів та їх значень дасть змогу напрацювати єдині нормативно-технічні вимоги до інформаційно-керуючих систем залізничного транспорту, незалежно від мови їх викладення.

Для виконання дослідження необхідні такі матеріали та реагенти:

1. Нормативно-технічна документація на інформаційно-керуючі системи залізничного транспорту України та Польщі, включаючи національні, галузеві та міжнародні стандарти, інструкції, пам'ятки, типові проектні рішення, норми технологічного проектування тощо.

2. Технічна документація на конкретні інформаційно-керуючі системи, впроваджені в Україні та Польщі (робочі проекти, технічні завдання, технічні умови, технологічні алгоритми, прикладні інструкції тощо).

3. Дослідні зразки елементної бази або окремих компонентів інформаційно-керуючих систем залізничного транспорту: лабораторні макети, імітаційні моделі, виконавчі та конфігураційні файли програмного забезпечення, мікропроцесорні контролери тощо.

4. Канцелярське приладдя та офісна техніка (папір, картриджі, ЕОМ тощо).

У результаті виконання дослідження очікується формування базових рекомен-

дацій, які б дозволили здійснити взаємну інтеграцію інформаційно-керуючих систем, що використовуються на залізничному транспорті України і Польщі. Перш за все це стосується напрацювання підходів, які уніфікуватимуть кількісні та якісні вимоги щодо експлуатаційних показників функціонування інформаційно-керуючих систем на залізницях обох країн з точки зору надійності, функційної безпечності, технології роботи, технічного обслуговування та ремонту. Окремим результатом має бути узгодження термінології в галузі інформаційно-керуючих систем на залізничному транспорті, що дозволить у подальшому здійснювати однозначне трактування вимог нормативно-технічних документів у предметній галузі.

Узагальнено основні заплановані результати дослідження можна сформулювати таким чином:

1. Визначення основних проблем на шляху до технічної і технологічної інтеграції інформаційно-керуючих систем українських та польських залізниць.

2. Формування принципів програмної та технологічної взаємодії інформаційно-керуючих систем українських та польських залізниць.

3. Розроблення рекомендацій щодо удосконалення та подальшого розвитку нормативних та регулюючих документів у галузі інформаційно-керуючих систем на залізничному транспорті.

4. Створення українсько-польського словника технічних і технологічних термінів, що використовуються в галузі інформаційно-керуючих систем на залізничному транспорті.

Досягнення зазначених результатів дасть можливість сформувати єдиний підхід до розроблення, проектування, сертифікації, впровадження, експлуатації, технічного обслуговування, ремонту сучасних інформаційно-керуючих систем на залізничному транспорті країн-учасників міжнародного науково-технічного проекту.

Список використаних джерел

1. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010 – 2019 роки [Текст]: постанова Кабінету Міністрів України № 1390 від 16.12.2009 р. – К., 2009.

2. Кузьменко, Д. М. Модернізація пристроїв залізничної автоматики [Текст] / Д. М. Кузьменко // Залізничний транспорт України. – 2009. – № 4. – С. 51-53.

3. Бабаєв, М. М. Впровадження сучасних інформаційних технологій в системи керування рухом поїздів [Текст] / М.М. Бабаєв, С.В. Кошевий, В.Б. Романчук та ін. // Залізничний транспорт України. – 2010. – № 6. – С. 13-18.

4. Ryland, H. WESTRACE – A Second Generation Electronic Interlocking [Text] / H. Ryland // International Conference on Advanced Railway Control “Aspect 95”,

IRSE, London, 25-27 September, 1995. – Sec. 10. – P. 35 – 40.

5. Saykowski, R. Programmable Logic Controllers in Railway Interlocking Systems for Regional Lines of the DB Netze AG [Text] / R. Saykowski, E. Schultz, J. Bleidiessel // Kommunikation in Verteilten Systemen, Kiel, Christian-Albrechts-Universität, 8-11 März, 2011. – S. 205 – 207.

6. Peter, B. The Concepts of IEC 61508. An Overview and Analysis [Text] / B. Peter. – Bielefeld: RVS, 2005. – 52 p.

7. Брабанд, Й. Взаимосвязь между стандартами CENELEC в области железнодорожной сигнализации и другими стандартами по безопасности [Электронный ресурс] / Й. Брабанд, Ю. Хирао, Д.Ф. Людеке. – Режим доступа: <http://www.ibtrans.ru/CENELEC.pdf>. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 15.03.2017).

УДК 621.391

С. В. Лістровий, М. С. Курцев

ЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ПЛАНУВАННЯ ТА ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ У РОЗПОДІЛЕНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ НЕЛІНІЙНОГО БУЛЕВОГО ПРОГРАМУВАННЯ

S. V. Listrovoy, M. S. Kurtsev

EFFECTIVE METHOD FOR THE PLANNING AND PERFORMANCE OF TASKS IN DISTRIBUTED COMPUTING SYSTEMS ON THE BASIS OF NONLINEAR BOOLEAN PROGRAMMING

Потреба у використанні розподілених обчислювальних середовищ останнім часом істотно збільшилася в багатьох прикладних галузях, що вимагають ресурсомістких обчислень у додатках користувачів і великих масивів даних, які характеризуються високою інтенсивністю надходження на обробку. До таких галузей належать фізика високих енергій, метеорологія, системи спостереження за Землею, екологія, молекулярна біологія,

медичина. Також до них можна віднести електронну комерцію, фінансові розрахунки, соціальні мережі тощо. Ці додатки вимагають використання високопродуктивних систем і систем з високою пропускною спроможністю, що дають змогу ефективно керувати зростаючим навантаженням на ресурси і комунікаційні канали розподілених обчислювальних систем.

У зв'язку з цим широко використовуються системи розподіленої і паралельної обробки даних – grid-системи. Дана тенденція пов'язана з організацією спільної роботи і підвищенням загальної продуктивності окремих автономно працюючих обчислювальних пристроїв. Це призводить до збільшення масштабів обчислювальних систем, які складаються з обчислювальних вузлів, що розташовані на великій відстані, і вимагають аналізу і узагальнення вживаних у даний час оцінок різних факторів, що впливають на ефективність розподілених обчислень.

Завдання булевого лінійного та нелінійного програмування є моделями широкого класу прикладних завдань у теорії побудови складних систем, а також належать до класу NP-повних важко вирішуваних завдань [1], проте ефективні методи вирішення завдань нелінійного булевого програмування з довільними нелінійностями практично відсутні. Сьогодні для кожного типу завдання розробляється свій метод вирішення. Видається актуальним виробити єдиний підхід до вирішення даного класу задач, що забезпечує їх рішення з необхідною оперативністю і точністю. Це обумовлено тим, що розподілені обчислення з кожним роком набувають все більшого поширення і, в масштабах глобальної мережі, стають одним з ключових напрямків розвитку мереж, що розширює наше уявлення про способи використання обчислювальних ресурсів і самої мережі в цілому [2, 3]. Про це свідчить поява Grid-технологій і хмарних обчислень, які розглядають мережу як один єдиний обчислювальний ресурс. Два основних напрямки, з яких беруть початок Grid-технології – це паралельні обчислення та розподілені обчислення.

Слід розглянути підхід, що дає змогу вирішувати завдання булевого лінійного та нелінійного програмування з довільними нелінійностями одним і тим самим алгоритмом, заснованим на ідеях рангового підходу [4]. Суть підходу полягає в тому,

що для визначення властивостей, довільної складної системи, можна використовувати стягнуте дерево всіх шляхів графа. Це дає можливість з єдиних позицій вирішувати довільні задачі теорії графів і комбінаторної оптимізації, до яких зводяться моделі підтримки великої кількості різноманітних систем управління. Використання стягнених шляхів, у свою чергу, дозволить ефективно розпаралелити процес їх вирішення на одному типі архітектур паралельних обчислювальних систем (ПОС), що в певному сенсі знімає проблему, пов'язану з тим, що для різних типів завдань необхідно розробляти різні архітектури ПОС.

Можна зробити висновок, що вдосконалення методів і алгоритмів планування виконання завдань у розподілених обчислювальних системах є актуальним на сьогоднішній день завданням. А запропонований алгоритм вирішення завдань булевого програмування на основі рангового підходу дає змогу застосовувати процедури для управління в масштабі реального часу, в розподілених обчислювальних системах. Також розвиток математичних моделей планування пакетної обробки завдань на основі групової вибірки пакетів завдань з використанням методів дискретної оптимізації характеристик системи є актуальною науково-прикладною задачею.

Список використаних джерел

1. A uniform procedure of a system resources interaction in distributed computer media [Text] / S. V. Listrovoy, K. A. Trubchaninova, V. O. Bryksin, M. S. Kurtsev // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Strategic management, portfolio, program and project management. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2017. – No 3 (1225). – P. 101-107.

2. Методы и модели планирования ресурсов в GRID-системах [Текст]: монография / В.С. Пономаренко, С.В. Листровой, С.В. Минухин, С.В. Знахур. – Харьков: ИД «ИНЖЭК», 2008. – 408 с.

3. Листровой, С. В. Подход и модель планирования распределения ресурсов в Grid [Текст] / С.В. Листровой, С.В. Минухин // Проблемы управления и информатика: междунар. научно-технический журнал. – 2012. - №5. – С. 65-82.

4. Listrovoy S.V., Minukhin S.V. The approach and model of resource allocation scheduling in Grid [Text] // International Scientific and Technical Journal "Problems of management and informatics" - 2012. – Vol. 5. – P. 65-82.

УДК 004.75

М. А. Мірошник, Т. І. Коритчинко, О. І. Демічев

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ МОНІТОРИНГУ РОЗПОДІЛЕНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ

М. А. Miroshnyk, T. I. Korytchinko, O. I. Demichev

MONITORING RESEARCH METHODS OF DISTRIBUTED TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND NETWORKS

Постійне зростання вимог до ефективності функціонування телекомунікаційних систем і мереж, що супроводжується розширенням можливостей підтримки якості обслуговування, у свою чергу висуває особливі вимоги до забезпечення надійності систем, які виконують функції управління і технічного обслуговування. Перехід цих систем на інтелектуальну платформу, з метою підвищення ефективності і гнучкості прийнятих рішень щодо забезпечення працездатності мережі, вимагає і нових підходів до організації процесу моніторингу технічних та технологічних параметрів об'єкта [1,5]. Неоднорідність телекомунікаційних систем, комп'ютерних мереж, мережевих інформаційних ресурсів і аудиторії користувачів, якій ця інформація адресована, ускладнює об'єктивний аналіз і моніторинг телекомунікаційних архітектур і ресурсів [2]. Незважаючи на все різноманіття сучасних видів моніторингу, всі вони націлені на забезпечення достовірного відображення поточного стану об'єкта [3]. Актуальною на сьогодні є розробка ефективних методів моніторингу

з можливістю прогнозування виникнення позаштатних ситуацій з метою забезпечення можливості попередження негативних наслідків їх впливу. Розв'язання задач моніторингу розподілених телекомунікаційних систем (РТС) є важливим з точки зору забезпечення необхідної при обробці потоків завдань продуктивності і пропускної спроможності. Найбільш поширені системи моніторингу Nagios, Icinga використовують програмні розширення (агенти), що встановлюються на об'єктах моніторингу для їх віддаленого запуску і реалізують різні сервіси. Для виконання сервісів на вузлах РТС потрібно встановити плагін -NPRE (Nagios Remote Plugin Executor), який ініціалізує роботу програмних агентів. Процедура роботи віддаленого сервісу включає: ініціалізацію командою запуску, що здійснюється агентами NRPE на серверах і вузлах РТС; запуск і виконання сервісу; отримання результатів роботи сервісу; передачу отриманих даних на керуючий вузол (базу даних) [3]. При наявності великої кількості об'єктів РТС, які необхідні для якісного моніторингу, різко збільшується

навантаження на комунікаційну мережу та обмежується її пропускна спроможність. Обсяги службової (керуючої) інформації безпосередньо впливають на рівень забезпечення якості обслуговування користувачів – час обслуговування запитів і додатків, сумарне запізнення, вартість обчислень і т. д. Так, в роботі [3] для мінімізації часу затримки на ініціалізацію і виконання віддалених агентів пропонується метод оптимізації послідовності опитування вузлів РВС, що використовує подання РВС у вигляді графа, в якому потрібно мінімізувати затримку шляхом вирішення завдань знаходження найкоротшого шляху і найкоротшого гамільтонового циклу. Запропоновані методи та алгоритми дозволяють використовувати технології паралельного програмування їх реалізації з використанням CUDA-технологій, що дозволяють значно підвищити якість роботи системи моніторингу [3]. Робота [1] орієнтована на розробку технічного і технологічного базису впровадження моніторингу з прогнозуванням в інформаційно-комунікаційній мережі шляхом формування відповідної концепції, а саме концепції предиктивного моніторингу з можливістю короткострокового, ситуативного і довгострокового прогнозування зміни параметрів динамічних характеристик мережі, яка передбачає можливість прогнозування, як моментів виникнення позаштатних ситуацій в мережі, так і моментів часу, до яких доцільно застосовувати відповідно або реконфігурацію, або реконструкцію об'єкта моніторингу, що характеризує зазначений процес, в порівнянні з діючими видами моніторингу, як процес з підвищеною функціональністю [1].

Метою моніторингу телекомунікаційної інфраструктури є:

- забезпечення високої швидкості обробки запитів користувачів на надання необхідних інформаційних ресурсів і сервісів;

- надання програмно-апаратних засобів з управління інформаційними і телекомунікаційними ресурсами;

- створення ефективної служби діагностики і своєчасного оповіщення для попередження аварійних ситуацій і підвищення відмовостійкості телекомунікаційних систем;

- виконання збору, обробки, зберігання і відображення повної інформації про стан всіх компонентів телекомунікаційної та інформаційної інфраструктури мережі в реальному часі [4,6].

Аналіз сучасних підходів до вирішення завдань моніторингу показує, що в основному ці рішення націлені на забезпечення достовірного відображення поточного стану об'єкта. Для ефективного управління якістю обслуговування сервісів методи моніторингу повинні підтримувати функції прогнозування.

Список використаних джерел

1. Бабич, Ю. О. Повышение функциональности мониторинга динамических характеристик информационно-коммуникационных сетей [Текст] / Ю.О. Бабич, Л.А. Никитюк // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – №4/9 (76). – С. 9-15

2. Соколов, С. А. Архитектура мультиагентной системы для решения задач мониторинга и анализа телекоммуникационной сети [Текст] / С.А. Соколов, А.Л. Стокипный // Системы обработки информации. – 2005. - №8. – С. 150-155.

3. Листровой, С. В. Разработка метода мониторинга распределенной вычислительной системы на основе определения кратчайших путей и кратчайших гамильтоновых циклов в графе [Текст] / С.В. Листровой, С.В. Минухин, Е.С. Листровая // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – №6/4 (78). – С. 32-45.

4. Высочина, О. С. Анализ систем мониторинга телекоммуникационных сетей [Текст] / О.С. Высочина, С.И. Шматков, Салман Амер Мухсин // Радиоэлектроника, информатика, управління. – 2010. – № 2. – С. 139-142.

5. Miroshnik, M. Design of a built-in diagnostic infrastructure for fault-tolerant telecommunication systems [Text] / M. Miroshnik, G. Zagarij, L. Derbunovich // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, комп'ютерної інженерії TCSET'2012: матеріали XI Міжнародної конференції, присвяченої 60-річчю

заснування радіотехнічного факультету у Львівській політехніці, 21-24 лютого 2012, Львів, Славське, Україна / Національний університет "Львівська політехніка". – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – С. 384.

6. Korytchinko? Tetyana. Modern decisions of tasks of diagnosing of the telecommunication systems. Modern problems of radio engineering, telecommunications, and computer science [Text] // Proceedings of the XIII th International Conference TCSET'2016. – Lviv-Slavsko, Ukraine February 23-26, 2016. – P. 569-571.

УДК 656.2

М. О. Котов

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПРИСТРОЇВ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

М. О. Kotov

THE IMPROVEMENT OF CONTROL SERVICE QUALITY OF THE DEVICES FOR RAILWAY AUTOMATION SYSTEMS

Нині в господарствах сигналізації та зв'язку ПАТ «Укрзалізниця» процес обслуговування пристроїв залізничної автоматики та телемеханіки регламентований нормативними документами з безпеки руху і в першу чергу «Інструкцією з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ)», затвердженою наказом № 090-ЦЗ від 07.10.2009 (ЦШ-0060 [1]). Виконання річного, чотиритижневого та оперативного планів-графіків технічного обслуговування пристроїв СЦБ у дистанціях сигналізації та зв'язку контролюється інженерами з забезпечення безперервної роботи пристроїв та у роздруковано-письмовому вигляді. Інформація про виконання експлуатаційним персоналом графіків обслуговування передається засобами зв'язку відповідно до розділу 6 ПТЕ

залізниць України. При цьому з різноманітних причин трапляються випадки затримки в передачі інформації, що пов'язані з виконанням робіт з технічного обслуговування не в повному обсязі; виконанням непередбачених робіт; неузгодженістю переносів термінів; різницями у планах-графіках з обох сторін та ін.

Шляхи розвитку подій згаданої раніше проблеми впливають як на безпеку залізничного руху, так і на пропускну спроможність, а найголовнішим є те, що без оновлення принципів взаємодії та підходу до системного контролю технічного обслуговування пристроїв СЦБ немає подальшого розвитку. Ключовим завданням є підвищення рівня технологічної дисципліни шляхом вдосконалення системи диспетчерського управління експлуатаційною роботою на

основі впровадження автоматизованої системи контролю за виконанням правил і періодичності виробництва регламентних робіт, контролю обліку і організації усунення несправностей технічних засобів, впровадження системи щоденного інструктажу і самопідготовки безпосередніх виконавців [2]. Зростаючі вимоги до швидкості і обсягу передачі інформації, до оперативного та стійкого зв'язку між віддаленими об'єктами, а також інтеграція систем управління окремими технологічними процесами із системою управління цілим комплексом, використання на промислових підприємствах хмарних сервісів – все це призвело до створення технологій промислового інтернету. Набуває подальшого розвитку поширення безпроводних технологій, що забезпечує мобільність і гнучкість систем управління, а також хмарних сервісів, застосування яких є особливо важливим на етапі розроблення систем автоматизації. Удосконалення забезпечується скороченням витрат на проектування, впровадженням та налагодженням систем за рахунок швидкого і простого доступу до всієї можливої інформації пристроїв залізничної автоматики. Миттєвий двосторонній зв'язок оператора засобами програмного комплексу суттєво спрощує

процес оповіщення та взаємодію з відповідальною особою за обслуговування пристроїв СЦБ. Усі учасники мають єдину дійсну картину виконання оперативних планів, здійснення збору, обробки, зберігання і відображення інформації про стан об'єктів контролю у реальному масштабі часу.

Запропонована система дасть змогу підвищити продуктивність і поліпшити умови праці диспетчерського апарату. При такому ступеневому розвитку та побудові розпаралеленої архітектури [3] запропонованого рішення стає можливим удосконалення контролю якості технічного обслуговування на рівні Укрзалізниці (ЦШ).

Список використаної літератури

1. ЦШ-0060. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) [Текст]: затв. наказом № 090-ЦЗ від 07.10.2009 р. – К., 2009.
2. Listrovoy, S.V., Minukhin, S.V. General approach to solving optimization problems in distributed computing systems and theory of intelligence systems construction // Journal of Automation and Information Sciences. – 2010. – №3. – P. 30-46.

УДК 621.391

О. С. Жученко, С. І. Приходько, М. А. Штомпель

БІОІНСПІРОВАННИЙ МЕТОД М'ЯКОГО ДЕКОДУВАННЯ ЛІНІЙНИХ БЛОКОВИХ КОДІВ

О. Zhuchenko, S. Prihodko, M. Shtompel

BIOINSPIRED METHOD OF SOFT DECODING LINEAR BLOCK CODES

Для забезпечення заданої достовірності передачі інформації у телекомунікаційних системах та мережах різного призначення широко застосовуються

лінійні блокові коди. Класичні методи декодування даних кодів ґрунтуються на алгебраїчних процедурах та забезпечують отримання лише жорстких рішень. Перехід

до м'якого декодування дає змогу збільшити ефективність застосування завадостійких кодів різних класів, у тому числі лінійних блокових кодів [1].

У [2] запропоновано метод м'якого декодування блокових кодів на основі впорядкованих статистик, що використовує інформацію про надійність прийнятих символів. Через значну обчислювальну складність цей метод декодування можна застосовувати лише до коротких кодів. У [3] наведено метод декодування блокових кодів, що для пошуку кодових слів використовує генетичні алгоритми, які належать до методів біоінспірованої пошукової оптимізації. При цьому актуальною задачею є узагальнення та формалізація цього підходу до декодування відносно довгих лінійних блокових кодів.

У [4] показано, що задача м'якого декодування лінійних блокових кодів у каналі з адитивним білим гауссовим шумом полягає у пошуці інформаційної частини біполярного вектора оцінок на основі прийнятого вектора м'яких рішень, що максимізує кореляцію між цими векторами. Формально наведену вище задачу можна подати у вигляді оптимізаційної задачі, що визначається відповідною цільовою функцією та обмеженнями. Аналіз цільової функції та обмежень показав, що сформульована оптимізаційна задача належить до класу задач цілочислового нелінійного програмування. Слід зазначити, що розмірність пошуку цієї оптимізаційної задачі визначається довжиною інформаційної частини біполярного вектора оцінок. При цьому для відносно довгих лінійних блокових кодів цільова функція характеризується нелінійністю, багатомодальністю та високою розмірністю простору пошуку, що значно ускладнює рішення цієї оптимізаційної задачі.

Ураховуючи наявні обмеження існуючих методів декодування лінійних блокових кодів та виходячи з наведених особливостей цільової функції й обмежень,

пропонується застосовувати узагальнені біоінспіровані процедури для ефективного вирішення сформульованої оптимізаційної задачі. При цьому агентами в цих процедурах будуть виступати біполярні пробні інформаційні вектори, якість яких оцінюється за допомогою фітнес-функції, що, в загальному випадку, може повністю відповідати цільовій функції [4]. Основні етапи запропонованого біоінспірованого методу м'якого декодування лінійних блокових кодів наведено нижче.

Етап 1. Жорстке декодування прийнятого вектора м'яких рішень.

Етап 2. Знаходження найбільш надійного базису (визначення найбільш надійних позицій у прийнятому векторі м'яких рішень), що обчислюється за допомогою двох перестановок елементів породжувальної матриці лінійного блокового коду.

Етап 3. Пошук з використанням узагальнених біоінспірованих процедур пошукової оптимізації біполярного інформаційного вектора, що забезпечує максимальне значення цільової функції.

Етап 4. Формування оцінки переданого кодового слова за допомогою зворотного відображення.

Запропоновано формалізоване подання задачі м'якого декодування лінійних блокових кодів у вигляді задачі цілочислового нелінійного програмування. Відповідно до сформульованої оптимізаційної задачі розроблено біоінспірований метод декодування, що можна застосовувати для відносно довгих лінійних блокових кодів.

Список використаних джерел

1. Морелос-Сарагоса, Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение [Текст]: пер. с англ. / Р. Морелос-Сарагоса. – М.: Техносфера, 2005. – 320 с.
2. Fossorier, M. P. C. Soft-Decision Decoding of Linear Block Codes Based on Ordered Statistics [Text] / M. P. C. Fossorier,

S. Lin // IEEE Transactions on Information Theory. – 1995. – Vol. 41, № 5. – September. – P. 1379-1396.

3. Berbia, H. Genetic Algorithm for Decoding Linear Codes over AWGN and Fading Channels [Text] / H. Berbia, F. Elbouanani, R. Romadi, H. Benazza, M. Belkasmi // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – 2011. – Vol. 30, № 1. – P. 35-41.

4. Метод декодирования линейных блоковых кодов на основе популяционных процедур поисковой оптимизации [Текст] / А.С. Жученко, Н.Г. Панченко, С.В. Панченко, Н.А. Штомпель // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: наук.-техн. журнал. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – Вип. 2 (117). – С. 25-29.

УДК 621.391

Ю. О. Свергунова, В. П. Лусечко, С. В. Сколота

ЗБІЛЬШЕННЯ АБОНЕНТСЬКОЇ ЄМНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ QOFDM

Y. Sverhunova, V. Lysechko, S. Skolota

RAISING OF SUBSCRIBER CAPACITY WITH QOFDM METHOD

При експлуатації радіотехнічних систем, у тому числі і на залізничному транспорті, виникає задача підвищення ефективності використання радіочастотного спектра. Одним із способів вирішення цієї задачі технічними засобами є застосування когнітивних радіомереж. Особливістю мереж когнітивного радіо в порівнянні з іншими системами, що експлуатуються зараз, є можливість повторного використання частотного ресурсу при низькій ефективності його експлуатації за рахунок застосування інтелектуальних алгоритмів розподілу частотного ресурсу [1].

Однак при розробленні, впровадженні та експлуатації систем когнітивного радіо вирішення потребує задача спільного використання багатьма користувачами когнітивної радіомережі спектральних дір [1, 2]. При одночасному призначенні вторинних користувачів когнітивної радіомережі в одній і тій же вільній смузі частот може виникнути явище частотних колізій, яке полягає у зайнятті різними

користувачами одних і тих же частотних смуг, що у свою чергу може призвести у тому числі і до появи високого рівня завад множинного доступу [1-4]. Для вирішення такої задачі було використано розроблений метод підвищення абонентської ємності когнітивної радіомережі за рахунок використання квазіортогонального частотного мультиплексування каналів (Quasi-orthogonal frequency-division multiplexing - QOFDM) [5].

Для того, щоб довести працездатність запропонованого методу, як приклад у середовищі Matlab було змодельовано частотні плани, у яких використано чотири частотних плани з різною кількістю піднесних частот $N_1 < N_2 < N_3 < N_4$ та інтервалами між ними в частотній області для кожного плану відповідно: $\Delta f_1 > \Delta f_2 > \Delta f_3 > \Delta f_4$, які визначені на смузі частот $\Delta F=5$ МГц та в діапазоні 1800...1805 МГц. У результаті визначення позицій, які збігаються, було зроблено висновок про те, що між двома планами,

що порівнювалися, збігається не більше ніж по одній частотній позиції. На рисунку наведено результати визначення частот, на

яких збіглися позиції при попарному порівнянні частотних планів.

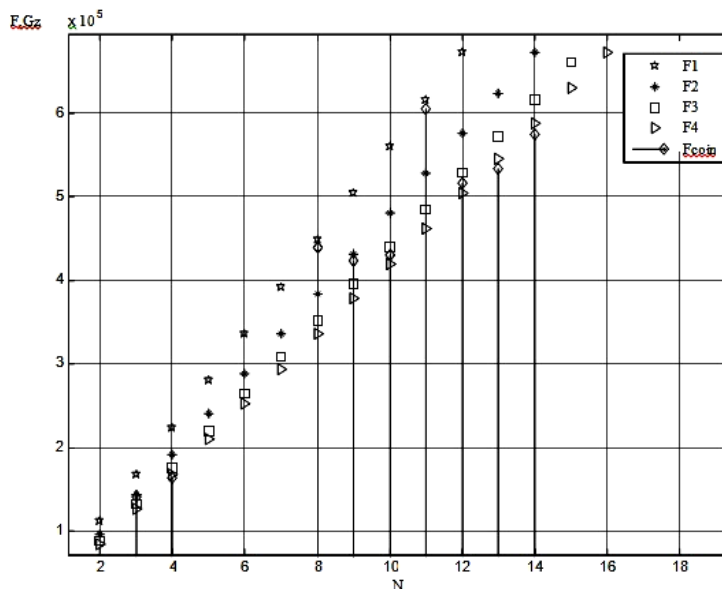


Рис. Результати визначення частот, на яких збіглися позиції при попарному порівнянні частотних планів

Квазіортогональне частотне мультиплексування на піднесних частотах дає змогу збільшити абонентську ємність когнітивної радіомережі за рахунок паралельного використання різними абонентами однієї мережі одних і тих же смуг частот при застосуванні неоднакових варіантів їх розподілу у різних частотних планах. Застосування цього методу дає змогу зменшити рівень завад множинного доступу та забезпечити орієнтовне підвищення абонентської ємності когнітивної мережі в кілька разів.

Список використаних джерел

1. J. Mitola III and G. Q. Maguire Jr., "Cognitive Radio: Making Software Radios More Personal," *IEEE Pers. Commun.*, vol. 6, no. 4, Aug. 1999, pp. 13-185; B.A. Fette, Ed., *Cognitive Radio Technology*, Elsevier, 2006.

2. Варакин, Л. Е. Системы связи с шумоподобными сигналами [Текст] / Л. Е. Варакин. – М.: Радио и связь, 1985. – 384 с.

3. Ипатов, В. П. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения [Текст] / В.П. Ипатов. – М.: Техносфера, 2007. – 488 с.

4. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение [Текст]: пер. с англ. / Б. Скляр. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2003. – 1104 с.

5. Метод підвищення абонентської ємності когнітивних радіомереж [Текст] // С. І. Приходько, В. П. Лисечко, О. С. Жученко, М. А. Штомпель, Ю. О. Свергунова // *Залізничний транспорт України: науково-практичний журнал*. – К.: ДНДЦЗТУ, 2015. – Вип. 5 (114). – С. 3–8.

**ФЛУКТУАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ ПРИ ПОШИРЕННІ РАДІОХВИЛЬ В КАНАЛАХ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ**

А. Yelizarenko, I. Yelizarenko

**FLUCTUATION PROCESSES IN RADIO WAVE PROPAGATION IN CHANNELS OF
TECHNOLOGICAL TRAIN RADIO COMMUNICATION**

Системи технологічного радіозв'язку безпосередньо використовуються для оперативного управління рухом поїздів і належать до категорії відповідальних систем. Забезпечення необхідної надійності каналів рухомого радіозв'язку на залізницях, які працюють у складних умовах поширення радіохвиль, наявності глибоких інтерференційних флуктуацій напруженості поля, розосередженості об'єктів мережевої інфраструктури є складною і актуальною задачею [1]. Флуктуації призводять до утворення областей простору, у межах яких рівень прийнятого сигналу може бути недостатнім для забезпечення впевненого радіозв'язку. Залишається актуальним дослідження поширення радіохвиль з метою уточнення параметрів флуктуацій для конкретних умов організації радіомереж [2]. На сучасному етапі впровадження цифрових систем залізничного технологічного радіозв'язку важливо підвищити надійність прогнозування енергетичних характеристик при розрахунках зон обслуговування в процесі проектування радіомереж і уточнити параметри флуктуацій.

Напруженість поля сигналів у мережах рухомого радіозв'язку є випадковою величиною за місцем і часом. Поряд з характеристиками медіанних значень напруженості поля важливе значення для забезпечення необхідної надійності відіграють флуктуаційні процеси при поширенні радіохвиль, які викликані одночасною дією багатьох

факторів. При аналізі просторових флуктуацій напруженості поля в каналах рухомого радіозв'язку розрізняють швидкі і повільні завмирання сигналів. Швидкі завмирання є наслідком інтерференційних флуктуацій напруженості поля в результаті багатопроменевого поширення радіохвиль. Повільні флуктуації виникають унаслідок зміни загального рельєфу місцевості і варіантів забудови у містах. Повільні завмирання практично є коливаннями середнього рівня сигналу при переміщенні мобільної станції на значні відстані. Просторова і часова неоднорідність діелектричної проникності тропосфери призводить до зміни умов рефракції радіохвиль, що у свою чергу викликає випадкові часові зміни рівнів сигналів на наземних трасах [3]. Значення напруженості поля, які перевищуються з імовірністю 50 % за місцем і часом $E_{0,5}$ визначають за базовими кривими, які характеризують процеси поширення радіохвиль для певних умов. При цьому надійність радіоканалу по полю складає лише 50 %. Для більшої надійності необхідно вести розрахунки каналів за значеннями напруженості поля, які перевищуються з необхідною ймовірністю. Значення напруженості поля $E(p)$, дБ, які перевищуються з більшою ймовірністю p , будуть меншими, ніж медіанні значення

$$E(p) = E_{0,5} + B_i + B_{місц} + B_{час}, \quad (1)$$

де $E_{0,5}$ - медіанні значення напруженості поля з кривих поширення радіохвиль за просторовими і часовими флуктуаціями; B_i - коефіцієнт, що враховує інтерференційні флуктуації напруженості поля внаслідок багатопроменевого поширення радіохвиль, дБ; $B_{місц}$ - коефіцієнт, що враховує повільні коливання напруженості поля внаслідок зміни загального рельєфу місцевості і типів забудови, дБ; $B_{час}$ - коефіцієнт, що враховує часові коливання напруженості поля, обумовлені змінами рефракції в атмосфері, дБ.

Характеристики швидких флуктуацій цілком визначаються особливостями перевипромінювання полів унаслідок впливу інфраструктури залізниць. Повільні просторові флуктуації напруженості поля визначаються загальними змінами рельєфу місцевості, а часові флуктуації – змінами градієнта діелектричної проникності атмосфери і практично не залежать від впливу інфраструктури залізниць. Характеристики таких змін напруженості поля можна визначити за загальними рекомендаціями ITU – R з прогнозування поширення радіохвиль на наземних трасах.

Проаналізовано межі й особливості визначення параметрів повільних флуктуацій на різних трасах технологічного радіозв'язку на основі відповідних рекомендацій ITU – R [4]. Для умов поширення радіохвиль на території залізничних станцій і перегонів експериментально уточнено параметри флуктуацій, які викликані впливом інфраструктури залізниць. Для найбільш повної характеристики інтерференційних просторових флуктуацій, викликаних впливом інфраструктури залізниць, побудовано емпіричні інтегральні функції розподілу. Вони дають змогу визначити ймовірність перевищення певних рівнів сигналів і таким чином проводити

розрахунки каналів із заданою надійністю по полю. Підтверджується відповідність розподілу флуктуацій напруженості поля моделі Релея-Райса, а глибина флуктуацій залежить від співвідношення регулярної та перевипроміненої компонент поля. Відповідні значення середньоквадратичного відхилення напруженості поля для заданих умов складають: на електрифікованих залізничних станціях $\sigma_1 = 5,2$ дБ, на перегонах електрифікованих ділянок залізниць $\sigma_2 = 4,7$ дБ, на неелектрифікованих залізничних станціях $\sigma_3 = 3,1$ дБ, і значно менше значення $\sigma_4 = 1,3$ дБ спостерігається на перегонах неелектрифікованих ділянок залізниць.

Використання отриманих результатів дає змогу підвищити точність розрахунку зон обслуговування й оптимізувати проектні рішення за техніко-економічними параметрами при забезпеченні необхідної надійності радіоканалів.

Список використаних джерел

1. Радиотехнические системы железнодорожного транспорта [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Ю.В. Ваванов, А.В. Елизаренко, А.А.Танцюра [и др.]. – М.: Транспорт, 1991. – 303 с.
2. Mardeni R. Optimization of Hata propagation prediction model in suburban area in Malaysia / R. Mardeni, K. F. Kwan // Progress In Electromagnetics Research, 2010. – Vol.13, P.91-106.
3. Recommendation ITU-R P.1406. Propagation effects relating to terrestrial land mobile service in the VHF and UHF bands. 2007. - 11 p.
4. Recommendation ITU-R P.1057. Probability distributions relevant to radiowave propagation modeling. 2007. – 18 p.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ
НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ**

А. Maziashvili

**RESEARCH OF GEOINFORMATION SYSTEMS USING NEURAL NETWORK
TECHNOLOGIES IN TELECOMMUNICATION NETWORKS**

Ситуація, яка утворилась у цей час на ринку інфокомунікаційних послуг, характеризується перевантаженням телекомунікаційних мереж. Обсяг інформації і темп життя стрімко зростають. Для організованого зберігання, пошуку потрібної інформації, її обробки та аналізу потрібні сучасні, основані на комп'ютерних технологіях засоби. Значна частина інформації швидко змінюється, і тому все важче стає її використання в традиційному паперовому вигляді. Швидкість отримання інформації та її актуальність може гарантувати використання методів, алгоритмів стиснення.

У цей час на передачу даних витрачаються великі часові ресурси. У зв'язку з цим актуальними є питання стиснення (компресії) інформації перед її передачею. Компресія дає змогу значно збільшити пропускну спроможність ліній зв'язку і є додатковим заходом забезпечення захисту конфіденційної інформації. Проблема стиснення зображень і відеопослідовності актуальна також при створенні центрів зберігання, архівів і каталогів (баз даних) зображень і відеопослідовності в цифровому вигляді (медійні зображення, космічні зображення, отримані за допомогою датчиків дистанційного зондування, фотозображення та ін.). Вирішення цієї проблеми дасть змогу зменшити обсяг інформації, що зберігається на носіях.

Геоінформаційна система (ГІС) – це комп'ютерна технологія для картування та аналізу об'єктів реального світу, а також подій, що відбуваються на нашій планеті. Ця технологія об'єднує традиційні операції роботи з такими базами даних, як запит і статистичний аналіз, з перевагами повноцінної візуалізації і географічного (просторового) аналізу. Функції ГІС полягають у зборі, системній обробці, моделюванні та аналізі просторових даних, їх відображенні і використанні при підготовці управлінських рішень. Для використання в ГІС дані повинні бути перетворені у відповідний цифровий формат.

Усі етапи – від збору, зберігання, перетворення інформації до моделювання та прийняття рішень у сукупності з програмно-технологічними засобами – об'єднуються під загальною назвою – геоінформаційні технології (ГІС-технології). Набувають значного поширення локальні і глобальні комп'ютерні інформаційні мережі, які використовуються в тому числі і для управління оборонним комплексом країни. Зв'язок між комп'ютерами всередині таких мереж часто здійснюється по існуючих вузькосмугових лініях зв'язку, тому застосування систем стиснення-відновлення полегшило б передачу великих масивів відеоданих (наприклад картографічної інформації) всередині таких комп'ютерних мереж. Така передача зазвичай здійснюється по стандартних

цифрових каналах зв'язку, які мають досить вузьку смугу пропускання, тому застосування ефективного стиснення і відновлення відеоданих сприяло б у цьому випадку підвищенню ефективності обробки зображень у таких обчислювальних системах.

Ефективним напрямком підвищення продуктивності телекомунікаційних систем за рахунок зниження бітової швидкості є застосування методів компресії. У цьому випадку знижується завантаження вузлів комутації, час затримки та ймовірність втрати пакетів на вузлах телекомунікаційних систем, загальний час передачі пакета в мережі.

Кодування на нейронних мережах суттєво підвищує ефективність традиційних алгоритмів за рахунок спроможності мереж до самоорганізації і самонавчання. Відомо, наприклад, що недоліки блокового кодування відеоінформації з ортогональним перетворенням деякою мірою вдається подолати за допомогою методу стиснення адаптивним квантуванням векторів.

Таким чином, розроблення методів компактного подання відеоданих у

телекомунікаційних системах на основі скорочення надмірності, часу передачі та збільшення пропускну здатності, обумовленої наявністю в зображеннях інтегрованих характеристик, що забезпечують додаткове підвищення ступеня стиснення, є актуальним напрямком науково-прикладних досліджень.

Список використаних джерел

1. Siva Nagi Reddy K. Image Compression and Reconstruction Using a New Approach By Artificial Neural Network [Текст] / K. Siva Nagi Reddy, Dr. B.R. Vikram, L. Koteswara Rao, B. Sudheer Reddy // International Journal of Image Processing (IJIP) – Taiwan, 2012. – Volume 6.
2. Комашинский, В. И. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи [Текст] / В. И. Комашинский, Д. А. Смирнов. – М.: Телеком, 2003. – 94 с.
3. Саймон Хайкин. Нейронные сети: полный курс [Текст]: пер. с англ. / Хайкин Саймон. – 2-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.

УДК 004.932

І. В. Ковтун, К. А. Трубочанінова

ОРГАНІЗАЦІЯ ВІДЕОАНАЛІЗУ В СИСТЕМАХ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

І. Kovtun, K. Trubchaninova

ORGANIZATION OF VIDEO ANALYSIS IN INFORMATION PROCESSING SYSTEMS

Тенденція сучасного розвитку систем безпеки нерозривно пов'язана з процесом інтеграції. Природним продовженням такої інтеграції є поява інтелектуальних систем безпеки (ІСБ). У цей час ІСБ являють собою автоматизовані системи управління технічними засобами безпеки об'єкта, які не

тільки збирають, аналізують та інформують оператора ІСБ про стан систем, але і, за відповідним алгоритмом, генерують сигнали керування самими системами безпеки, а також різними інженерними системами управління.

З удосконаленням вбудованих пристроїв, призначених для розпізнавання, обробки та обміну даними та метаданими, покращуються можливості інтелектуальних камер із захоплення й аналізу сцен. Однак багато з цих програм потребують динамічної адаптації камер до зміни умов освітленості або пропускну здатності каналів передачі даних. Така адаптація можлива за рахунок автоматичного настроювання конфігурації — камери взаємодіють одна з одною і формують автономну мережу, яка забезпечує необхідну реакцію на непередбачувані зміни й управляє розподілом ресурсів.

Як правило, автоматичне настроювання передбачає вибір камер, управління полем зору і постановку завдань. На кожному етапі циклу автоматичного настроювання мережі камер вирішуються свої завдання з налагодження взаємодії між різнотипними пристроями. В інтелектуальних мережах камер процедура самонастроювання являє собою автономний і погоджений пошук оптимального (наприклад, за критерієм використання ресурсів або досягнення максимальної продуктивності) стану мережі. Основні елементи самонастроюваних мереж спостереження допомагають інтелектуальним камерам в організації взаємодії та пошуці оптимальної конфігурації. Взаємодія припускає розподілене і паралельне виконання завдань із розпізнавання об'єктів, їх відстеження та аналізу подій.

Завдання першого елемента системи настроювання (камери) — визначити, яким чином буде здійснюватися настроювання кожної з камер з урахуванням їх фізичного стану (калібрування), ресурсів енергоспоживання (батареї), чутливості (типу датчика і поля зору), обчислювальних ресурсів процесора і пам'яті) і телекомунікаційного протоколу. Другий елемент (мережа) характеризує взаємодію камер з точки зору обміну інформацією між ними та спільного використання зон

огляду. Третій елемент (середовище) описує спостережні позиції або точки управління, що характеризують зони огляду камер, а також будь-які статичні і рухомі перешкоди, які можуть блокувати поле зору (потенційні перешкоди на шляху до цілей). Кожна інтелектуальна камера координує свої дії з іншими за допомогою механізму прийняття рішень (четвертий елемент системи), пов'язаних з конкретними завданнями та операціями. Ці рішення забезпечують розпізнавання появи та визначення положення рухомих цілей. Продуктивність – п'ятий основний елемент системи автоматичного настроювання. Показник продуктивності дає змогу оцінити успіх стратегії реконфігурації та визначається точністю й своєчасністю виконання завдань, енергоспоживанням, вартістю обміну даними, терміном служби кожної з камер і мережі в цілому.

Основна мета автоматичної реконфігурації полягає в динамічному описі сусідів кожної з камер, що використовується при організації їх взаємодії. Ефективність реконфігурації залежить від здатності мережі до самостійного калібрування та аналізу топології при її визначенні й оновленні. У процесі управління ресурсами параметри окремих камер і мережі змінюються, адаптуючись до динаміки сцен і наявних ресурсів.

Автоматичні реконфігуровані мережі інтелектуальних камер, що забезпечують спільне функціонування пристроїв і розподілені рішення, можуть застосовуватися при побудові різних великомасштабних середовищ і додатків. У разі успішного вирішення таких проблем, як адаптація до динамічних змін топології, координація функціонування різнотипних пристроїв, ієрархічна обробка даних та оцінка ефективності вирішення поставлених завдань, можуть бути створені великі мережі різнотипних інтелектуальних камер, які об'єднують стаціонарні, портативні і мобільні пристрої, здатні

підтримувати автономну взаємодію пристроїв один з одним і їх налаштування для ефективного досягнення бажаних цілей.

Список використаної літератури

1. C. Ding et al. Collaborative Sensing in a Distributed PTZ Camera Network. IEEE

Trans. Image Processing, vol. 21, no. 7, 2012, P. 3282–3295.

2. B. Rinner et al. Resource-Aware Configuration in Smart Camera Networks. Proc. IEEE Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 2012, P. 58–65.

3. Shi Y., Real F.D. Smart Cameras: Fundamentals and Classification // Smart Cameras. – Springer, 2010. – 404 p.

УДК 625.72

С. В. Індик

ОЦІНКА ЯКОСТІ СКЛАДОВИХ ОПТИЧНИХ СИСТЕМ

S. Indyk

EVALUATION OF OPTICAL COMPONENTS OF QUALITY

Оптичні системи зв'язку займають переважну частку ринку телекомунікаційних послуг, а їх різноманіття призводить до проблеми оптимального вибору при порівнянні технічних характеристик та вартості оптичних систем.

Для пошуку оптимального рішення потрібно виявити методи, що перетворюють нечіткі множини вартості у випадкову величину, тим самим отримавши можливість побудови оптимальної системи. Вартість системи залежить від багатьох параметрів, а саме: виду використовуваних матеріалів, складності процесу виготовлення, технологічності процесу, часу роботи пристрою, напрацювання на відмову та ін. Ринкову вартість не можна виразити через закон розподілення ймовірностей – це є суттєвим недоліком для оптимізації оптичних систем при розгляді кореляційного зв'язку між вартістю та технічними параметрами.

Щоб перейти від нечіткої множини вартості до випадкової величини, потрібно встановити залежність між технічними параметрами і вартістю як деяке обмеження

та знайти цільову функцію. Дані опрацьовують методом перетворення нечітких множин у випадкову величину. Для цього потрібно зібрати статистику по кожному блоку або елементу системи, виділити функцію від технічних параметрів. Далі побудувати залежність вартості від технічного параметра, на якій відобразити функціональні елементи відповідних систем. З множини вибирають ті елементи, які перебувають ближче до осей, так як заздалегідь невідомо, до яких параметрів потрібно прагнути. Системи, які не відповідають заданим вимогам, вибраковують, а статистика, що залишилася, обробляється за методом найменших квадратів, що дає змогу побудувати лінії середньоквадратичної регресії вартості та технічних параметрів. На рисунку наведено приклад техніко-економічної статистики розподілення параметрів функціональних елементів на площині вартість – потужність передавача для модуля оптичної системи рівня STM-1.

Як видно з рисунка, функціональний елемент 5 відбраковується, так як є

недоцільним для цієї задачі. Це може бути викликано залежністю від параметрів, що

суттєво збільшують вартість.

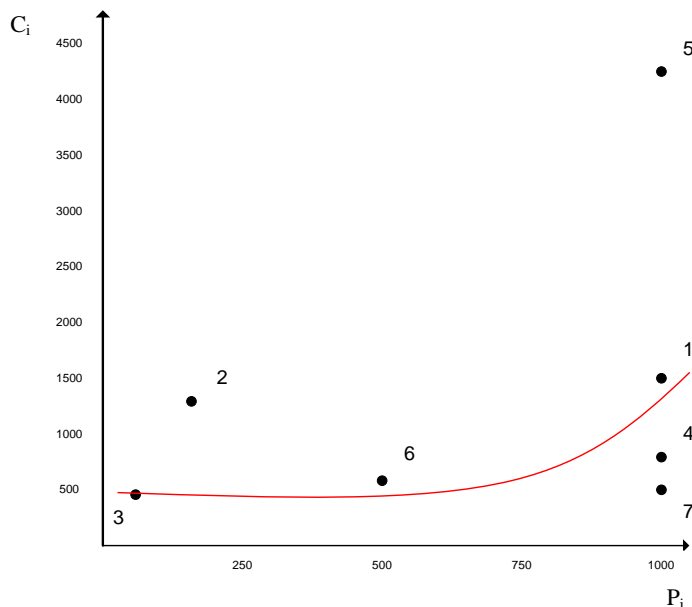


Рис. Статистичні дані для задачі оптимізації модуля передачі оптичних систем

Використання такого методу має нижченаведені переваги.

Лінії середньоквадратичної регресії залежності вартості від технічного параметра є ефективним засобом для оцінки технологічності функціональних елементів оптичних систем, завдяки чому можна оцінювати їх якість.

Задачу оптимізації можна вирішувати за умов широких обмежень, так як лінії середньоквадратичної регресії є діапазонними.

Використання ліній середньоквадратичної регресії дає змогу отримати результат в аналітичному вигляді, що характеризується швидкою збіжністю та універсальністю програми оптимізації.

Список використаних джерел

1. Альошин, Г. В. Оцінка якості інформаційно-вимірювальних систем [Текст] / Г. В. Альошин. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – 294 с.
2. Гуткин, Л. С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества [Текст] / Л. С. Гуткин. – М.: Сов. радио, 1974.
3. Кузнецова, Д. Г. Основные принципы оценки стоимости серийно изготавливаемой электронной аппаратуры [Текст] / Д. Г. Кузнецова, Е. Ю. Намиот // Вопросы РЭ. – 1969. – № 31. – Сер. 12.

РОЗВИТОК ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

N. Korolova, L. Klymenko

DEVELOPMENT OF INNOVATION TELECOMMUNICATION SYSTEMS IN RAILWAY TRANSPORT

Важливими напрямками інноваційної діяльності є перехід залізничного транспорту на прогресивні технології пасажирських і вантажних перевезень, електронізація та інформатизація всіх ланок транспортного комплексу, і в першу чергу процесів обслуговування пасажирів і клієнтури (перевізників) та управління.

Повинен бути здійснений перехід від автоматизації окремих операцій до повної автоматизації процесу управління експлуатаційною діяльністю транспорту. Від вибору типу інноваційної політики залежить стратегія управління інноваційними процесами на транспорті. В умовах сучасного бюджетно-інвестиційного дефіциту на транспорті необхідний перехід від фронтального (розвитку максимального числа напрямків) до селективного (виборчого) типу науково-технічної політики (з досвіду Японії і Південної Кореї). Світовий досвід доводить, що селективна інноваційна політика забезпечує найвищі інноваційні результати. Виділяють три напрямки вирішення цього завдання [1]:

1) розвиток пропускної спроможності залізниць традиційними способами. При першому напрямку не отримують помітного підвищення швидкості руху і якості обслуговування пасажирів, рівня безпеки руху, екологічної захищеності населення;

2) будівництво спеціальних високошвидкісних пасажирських ліній. Суттєвою особливістю цього напрямку є підвищення

швидкості руху поїздів при збереженні традиційної транспортної технології. Перша високошвидкісна залізнична магістраль (ВСМ) була побудована в 1964 році в Японії (Токіо - Осака), з'явилася перша лінія високошвидкісної магістралі в Європі (Париж - Ліон). Також пішли таким шляхом розвитку Бельгія, Нідерланди, Данія, Норвегія, Португалія, Південна Корея, Тайвань, Китай, США, Канада, Австралія та інші країни світу. Уже створено Єдину Європейську високошвидкісну мережу залізниць. Україна також пішла цим шляхом розвитку. Так, високошвидкісний рух уперше було застосовано на маршруті Київ - Харків і швидкісний поїзд у цей час доставляє пасажирів в один кінець за 4 год 30 хв зі швидкістю понад 200 км/год;

3) третій напрям – розроблення і впровадження магнітолевітуючого магістрального транспорту на надпровідних магнітах.

Одним з напрямів інноваційної діяльності в телекомунікаційному напрямку є впровадження в роботу залізниці сучасних супутникових навігаційних технологій, основаних на використанні глобальних навігаційних супутникових систем ГЛОНАСС/GPS, а також систем зв'язку стандарту GSM/GPS/GSM – R та систем цифрового зв'язку. У результаті широкого використання таких технологій буде досягнуто значне підвищення ефективності перевізного процесу та безпеки руху

поїздів. Прикладом реалізації комбінованої системи доступу з використанням супутникових каналів, каналів Wi-Fi і мереж стільникового зв'язку є система, що забезпечує широкопasmовий безперервний доступ в Інтернет під час руху поїзда, об'єднуючи для цього наземні бездротові мережі з двобічним супутниковим зв'язком.

Упровадження сучасних технологій зв'язку на залізницях означає заміну або удосконалення діючих систем зв'язку при одночасному розширенні послуг, що надаються пасажиром, серед яких не останнім є забезпечення доступу в Інтернет під час руху поїздів, доступ до веб-ресурсів залізничних операторів для замовлення квитків, вибору маршрутів поїздок, інформації про розклад поїздів.

Таким чином, розроблення та використання супутникових технологій управління роботою залізниць є одним з напрямків інноваційного розвитку, що забезпечують істотне зростання провізної і пропускнуої спроможності мережі залізниць.

Список використаних джерел

1. Управление инновациями на железнодорожном транспорте [Текст]: монография / Н.П.Терешина, И.Н. Дедова, Ю.И. Соколов, В.А. Подсорин; под общ. ред. Н.П. Терешиной. – М.: МИИТ, 2014. – 304 с.
2. Дейнека, О. Г. Інноваційно-інвестиційні підходи до розвитку галузі залізничного транспорту [Текст] / О.Г. Дейнека // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2008. – № 22. – С. 54-55.
3. Дикань, В. Л. Забезпечення ефективності інноваційної діяльності підприємств залізничного транспорту [Текст]: монографія / В.Л. Дикань, В.О. Зубенко. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – 194 с.
4. Данник, Ю. Г. Некоторые аспекты развития спутниковой связи и технологии [Текст] / Ю. Г. Данник, Д. Я. Яцкив // Інноваційні технології. – 2003. – № 1. – С. 40-62.

УДК 621.391

Я. Я. Обіход, В. П. Лисечко, С. В. Сколота

ПОКРАЩЕННЯ МЕТОДУ УПРАВЛІННЯ СЕРЕДОВИЩЕМ КОГНІТИВНОЇ РАДІОСИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Y. Obikhod, V. Lysechko, S. Skolota

IMPROVING THE METHOD OF MANAGEMENT OF COGNITIVE RADIO SYSTEM AREA WITH USING NEURAL NETWORKS

Управління середовищем у когнітивній радіосистемі (КР) потребує детального розгляду функцій управління спектром і радіозв'язком з програмованими параметрами. Таке управління реалізується на фізичному рівні (PHY) стандарту IEEE 802.22-2. Безпроводні локальні мережі (WLAN) є важливою складовою для когнітивних радіоплатформ.

Пропонується впровадження сучасних когнітивних функцій у вже існуючу архітектуру, створення блок-схеми алгоритму управління середовищем з використанням нейронної мережі для досягнення інформаційного розподілу та розподіленого вирішення серед множини WLANs. Провайдери WLAN можуть працювати у двох режимах. Перший – режим, що самоорганізується, при якому

КР робить настроювання, аналіз мережі, а також співіснування з уже існуючими WLANs. Другий – ручний режим, при якому провайдери укладають угоду про рівень обслуговування між собою (обсяг інформації, рівень сигналу, безпека і т.д.).

Когнітивне радіо стандарту IEEE802.22 призначене для вирішення таких проблем у галузі зв'язку, як обмеженість частотного ресурсу [1], динамічного доступу до

середовища [2] та ін. [3]. Стандарт передбачається використовувати в регіональних безпроводних мережах (WRAN). Пропонується розглянути нейронну мережу як метод покращення управління середовищем когнітивного радіо.

У результаті моделювання мережі формується матриця зв'язності, що відповідає вектору входу. Результати подано на рисунку.

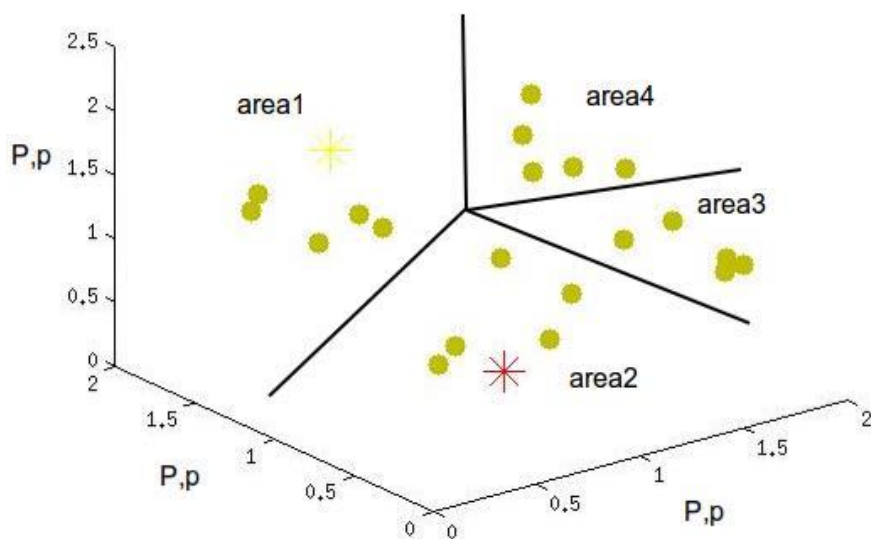


Рис. Результат роботи PNN мережі

Мережа має 20 нейронів. Значення вхідних та вихідних значень множин мають невеликі відхилення, а в деяких позиціях дорівнюють один одному, що підтверджує правильність навчання мережі. Мережа визначила 4 групи та 2 вхідних вектори до однієї з груп. Ці значення показані на рисунку зірочками (червона зірочка – що входить у навчальну множину, жовта – що не входить у навчальну множину), а вхідні значення масивів даних показані точками.

Було запропоновано покращення методу управління середовищем когнітивної радіосистеми з використанням нейронної мережі. Було запропоновано архітектуру WRAN з використанням мережі PNN, також було розроблено блок-

схему алгоритму, описано основні елементи цього методу, побудовано імітаційну модель у середовищі MatLab. Результат цієї роботи показав, що цей метод може успішно застосовуватися для визначення рівня сигналу, а також для управління потужністю випромінювання, видами модуляції та кодування.

Список використаних джерел

1. J. Mitola III and G. Q. Maguire Jr., "Cognitive Radio: Making Software Radios More Personal," *IEEE Pers. Commun.*, vol. 6, no. 4, Aug. 1999. pp. 13-185; B'. A. Fette, Ed., *Cognitive Radio Technology*, Elsevier, 2006.
2. Standart IEEE 802.22.2-2011.

3. H. Arslan (Editor), "Cognitive Radio, Software Defined Radio, and Adaptive Wireless Systems", Springer, pp. 211-217.

4. Новые информационные технологии в автоматизированных системах [Текст]. – М: НИУ ВШЭ, 2016. – №19. – С. 338-340.

5. Орлов, А. И. Теория принятия решений [Текст]: учеб. пособие / А. И. Орлов. - М.: Март, 2004. – 656 с.

6. Степанов, М. Ф. Интеллектуальные самоорганизующиеся системы автоматического управления [Текст] / М. Ф. Степанов. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2002.

УДК 625.7

C. B. Rodionov

МОЖЛИВИ НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЖИВУЧОСТІ СКЛАДНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

S. Rodionov

POSSIBLE DIRECTIONS OF INCREASE OF VITALITY OF DIFFICULT CONTROL SYSTEM

Аналіз властивості живучості показує, що до реалізації його у складних інформаційно-керуючих системах необхідне використання сумісно з методами забезпечення високої надійності системи спеціальних методів та засобів забезпечення живучості, що потрібна.

При використанні спеціальних механізмів та підсистем забезпечення живучості основною складністю є те, що до включення їх у систему необхідно створювати певну надмірність. Функціонування цих пристроїв, крім того, повинно мінімально знижувати показники якості системи (точність, продуктивність та ін.). У цей же час ці засоби повинні працювати в екстремальних ситуаціях, коли система уражена. Вирішити це протиріччя вдається у результаті раціональної організації функціонування цих засобів шляхом використання в системах, які мають часову надмірність. Таким чином, для вирішення задачі забезпечення живучості системи у ній повинна бути підсистема, яка здатна оперативно

оцінювати нанесений збиток, приймати рішення на нову структуру неураженої частини системи, оновлювати інформацію (програми, дані) та вибирати новий рівень функціонування й змінювати при необхідності мету функціонування системи.

Визначений позитивний досвід створювання складних систем управління дає змогу сформулювати ряд загальних положень, які стануть основою побудови живучих систем:

- вибір базової архітектури, яка дозволяє та полегшує використання засобів забезпечення з підвищення живучості;
- послідовне застосування принципу паралельності (паралельна робота декількох каналів та підсистем);
- багатофункціональність програмного забезпечення та апаратних засобів;
- наявність та забезпечення роботи процедур контролю, діагностування та відновлення;
- введення механізмів та підсистем забезпечення живучості (реконфігурації,

функціональної поступової і структурної керуючої деградації).

Живучість, як властивість, можливо розглядати на різноманітних рівнях виконання: на макрорівні (рівень елементів), на рівні підсистем, на макрорівні (деякі системи в цілому).

Залежно від рівня необхідно використовувати різні методи забезпечення живучості. На елементному рівні вони спрямовані на підвищення рівня безвідмовності елементів та їх перешкодозахисту. На рівні підсистем необхідно вирішувати питання їх компонування, використання компенсуючих та слідкувальних пристроїв, організації самоконтролю. Для визначення живучості на системному рівні необхідно вирішувати такі завдання: вибір базової архітектури системи, підвищення надійності елементів та зв'язності між ними; ввід інформаційної, структурної, функціональної та інших видів надмірності, точна характеристика умов функціонування

системи, забезпечення своєчасного контролю та діагностування відмов (помилки) окремих компонент системи; урахування особливостей ієрархічної структури управління.

Крім цього, необхідно використовувати й інші способи, алгоритми та засоби реконфігурації, які даватимуть змогу виконувати оптимальний перерозподіл системних ресурсів, корекцію мети функціонування, відновлювання критичних функцій.

Список використаних джерел

1. Харченко, В. С. Теорія надійності та живучості елементів та систем літальних комплексів [Текст] / В.С. Харченко [та ін.]. – Харків: МОУ, 1977.
2. Харченко, В. С. Основы построения и проектирования АСУ техническим состоянием летальных комплексов. [Текст] / В.С. Харченко. – Харків: МОУ, 1992. – Ч. 1.

УДК 621396

Г. В. Альошин

ПОТЕНЦІАЛЬНА ТОЧНІСТЬ РАДІОВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

G. Aloshin

RADIO SYSTEMS HIGH ACCURACY

У радіоелектроніці відоме поняття «потенціальної точності», яке вступає в протиріччя з існуючими методами вимірювання. В існуючих роботах доведено, що це поняття недоцільно використовувати для оцінки точності у радіовимірювальних системах. Однак у цій доповіді показано, що поняття «потенціальної точності» має сенс лише для задач визначення точності розрізнення сигнальних функцій.

Відома проблема розрізнення сигнальних функцій, наприклад [1]. Для квадратичної апроксимації сигнальних функцій (СФ) за умовами прийняття поняття «ідеального спостерігача» доведено, що чутливість розрізнення СФ системою за спостережуваним параметром, яку приймають за точність іншого показника якості, тобто за точність оцінювання параметра сигналу, існує вираз

$$\sigma^2 = \frac{1}{q\psi''(0)}, \quad (1)$$

де q – відношення сигналу до шуму; $\Psi(\lambda) = \Psi(0)\psi(\lambda)$ – сигнальна функція; $\Psi(0)$ – максимум сигнальної функції; $\psi''(\lambda)$ – друга похідна від нормованої сигнальної функції у максимумі.

Прийняття такої думки приводить до висновків, що для розрізнення сигнальних функцій потрібно мати форму сигналу за типом перевернутої кнопки і виконувати алгоритм згідно з формулою (1). Така модель правомірна для спостереження цілі за яскравістю на екрані радіолокатора, де оператор для розрізнення цілей використовує лише градацію за максимум яскравості, яка не придатна для вимірювання параметрів сигналу.

Можливе використання алгоритму за формулою (1) і для оцінювання параметра сигналу, але це призводить до суттєвого зменшення точності його оцінки в радіовимірювальних системах. Тому взагалі потрібно шукати інші методи оцінювання параметра сигналу. Більшість з них відома, але для них досі немає загально визначених алгоритмів і виразів для оцінки точності вимірювання параметрів сигналів. У доповіді лише доведено, що

такі вимірювачі повинні мати найбільшу крутість характеристик або найбільшу чутливість.

З метрології відомо, що точність вимірювань залежить від чутливості вимірювачів. Але поняття точності і «потенціальної точності» в радіоелектронних системах потребує більш чіткого визначення і розмежування. Ця проблема потребує понятійного вирішення. Вона полягає у тому, щоб довести, що використання алгоритму (1) некоректне для точної оцінки параметра сигналу, і щоб довести також, які інші методи і вирази більш точні для цього. Будемо користуватися поняттями сигнальної функції (СФ). Під СФ звичайно розуміється гострий відлік сигналу на виході приймача. При вимірюванні параметра затримки часу як СФ може бути, наприклад, вихідний сигнал у формі автокореляційної функції, для параметрів кутів, що вимірюються, розташування об'єкта - може бути обвідна вихідного сигналу за діаграмою спрямованості, для вимірюваної частоти використовується резонансний ефект тощо. Для спрощення розгляду приймемо модель ідеального спостерігача, який має безкінечну чутливість до сприйняття рівня сигналу, тобто точно відмічає рівень сигналу.

За допомогою усіченого ряду Тейлора

$$\Psi(\lambda) = \Psi(\lambda_0) + \Psi'(\lambda_0)(\lambda - \lambda_0) + \Psi''(\lambda_0)\frac{(\lambda - \lambda_0)^2}{2!} + \dots \quad (2)$$

верхівку СФ апроксимуємо квадратичною залежністю в околиці параметра λ_0 , утримуючи з точністю в 1% сталу крутість квадратичного члена в інтервалі $\Delta\lambda \leq 0,03 \frac{\Psi''}{\Psi''}$. При цьому лінійний член $\Psi'(\lambda_0)(\lambda - \lambda_0)$ рівний нулю за визначенням і $\Psi''(\lambda_0) < 0$.

Фізична модель ефекту передбачає наявність двох цілей, коли одна СФ настроєна на λ_0 , а друга – на λ_1 , або це одна СФ для деякого розстроювання параметра λ_1 при інерційному екрані. Згідно з (2) сумісний вплив СФ має вигляд

$$\Psi_0(\lambda - \lambda_0) + \Psi_1(\lambda_1 - \lambda) = \Psi_0(\lambda_0) + \Psi_1(\lambda_1) - |\Psi_0''(\lambda_0)|\frac{(\lambda - \lambda_0)^2}{2!} - |\Psi_1''(\lambda_1)|\frac{(\lambda_1 - \lambda)^2}{2!}. \quad (3)$$

Найбільший розмір прогалини, що віднімається, маємо при

$$\lambda_{min} = \frac{\Psi_0''\lambda_0 + \Psi_1''\lambda_1}{\Psi_0'' + \Psi_1''}. \quad (4)$$

Ідеальний спостерігач при наявності завади зможе оцінити зсув параметра λ_1

відносно λ_0 за умови, що розмір прогалини (від'ємна частина (3) у загальній СФ при деякому розстроюванні стане не менше розглядуваного фону шумів. Оцінимо зсув параметра СВ при появі прогалини при $\lambda = \lambda_{min}$ в умовах наявності шумів з такого виразу:

$$-|\Psi_0''(\lambda_0)| \frac{(\lambda - \lambda_0)^2}{2!} - |\Psi_1''(\lambda_1)| \frac{(\lambda_1 - \lambda)^2}{2!} = \sigma_{ш}^2.$$

Оскільки $\lambda_{min} - \lambda_0 = \frac{\lambda_1 - \lambda_0}{2}$, $\lambda_1 - \lambda_{min} = \frac{\lambda_1 - \lambda_0}{2} = \frac{\Delta\lambda}{2}$, при можливому лівому відхиленні λ_1 буде $2\Delta\lambda = \sigma_\lambda$. Тоді при $\Psi_0'' = \Psi_1''$, маємо формулу (1) у вигляді

$$\Psi_0''\sigma_\lambda^2 = \sigma_{ш}^2, \text{ або } \sigma_\lambda^2 = \frac{\sigma_{ш}^2}{\Psi_0''} = \frac{\sigma_i^2}{\Psi(0)\psi''(0)} = \frac{1}{q|\psi''|}.$$

Звідси випливає, що якщо спостерігати параметр λ за положенням максимуму СФ, можливо оцінити її зсув за параметром з точністю (1) лише при виявленні прогалини. Таке спостереження у техніці і навіть в автоматичі називається за принципом «максимуму», або екстремальним регулюванням. Це відомо також, наприклад, при «полюванні на лисиць» у радіоспорті і т.ін. Але таке спостереження: 1) не дає оцінки боку відхилення; 2) має значну похибку за формулою (1) (рисунок).

На рисунку зображені довірчі інтервали відповідно шуму та оцінки параметра $2\beta\sigma_{ш}, 2\beta\sigma_\lambda$, для двох варіантів настроювання СФ. Очевидно, що з метою оцінювання параметра значно краще мати найбільшу чутливість (на рівні найбільшої крутості СФ), ніж екстремальне спостереження за СФ.

Таким чином, екстремальне спостереження найбільш корисне для розрізнення цілей, або СФ, а для оцінки параметра воно не придатне, тому що

найбільша чутливість і точність має бути при оцінці за найбільшою крутістю.

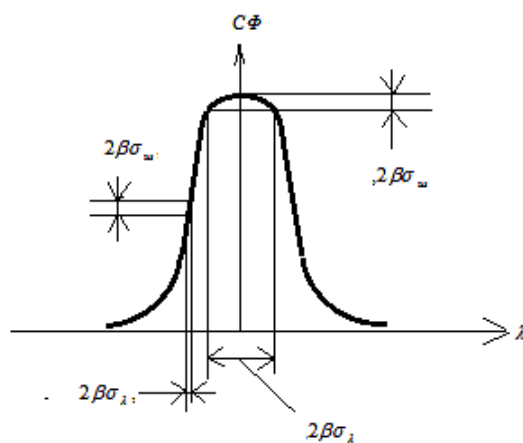


Рис. Якість екстремального оцінювання параметра

Похибка параметра для розрізнення СФ може розраховуватись за формулою (1).

Формула (1) підказує, що з точки зору розрізнення бажано мати СФ з найбільшою кривизною у максимумі, але при цьому потрібна небажано велика смуга частот для

часового процесу, велика антена для кутового процесу і велика добротність резонансу для частотного процесу.

Список використаних джерел

1. Ширман, Я. Д. Обнаружение радиолокационных сигналов и измерение параметров [Текст] / Я. Д. Ширман. - М.: Сов. радио, 1969.

УДК 656.25

С. Є. Бантюков

СПОСОБИ ПРОФЕСІЙНОГО ВІДБОРУ ОПЕРАТОРІВ

S. E. Bantyukov

METHODS OF PROFESSIONAL SELECTION OF OPERATORS

Нормально функціонуючі технічні системи дають певний економічний ефект. Одним з найбільш критичних факторів, що знижують економічний ефект, є достовірність циркулюючої в системі інформації. Низька якість інформації є основною причиною вироблення некоректних керуючих впливів, що призводять до економічного збитку й відповідного зниження економічного ефекту від впровадження системи в цілому [1]. Помилки, що виникають у системах, мають важкі наслідки, оскільки можуть призводити до знецінювання значної частини результатів роботи системи, крім того, корекція таких помилок пов'язана зі складними дорогими процедурами. У зв'язку з цим проблема забезпечення достовірності інформації є особливо актуальною.

Технічні системи являють собою багатофункціональні системи зі складною технологією обробки інформації. Помилки в роботі системи можуть виникати на будь-яких етапах її функціонування. Одним з істотних джерел помилок є некоректна робота процедур формування інформаційних потоків, що обумовлена низькою якістю роботи операторів. Складна технологія обробки інформації

припускає ситуацію, при якій перекручені інформаційні потоки, сформовані на одних етапах обробки інформації, можуть згодом використовуватися як вхідні дані на інших етапах, обумовивши перекручування інших інформаційних потоків [2]. Таким чином, помилки можуть поширюватися в системі й, в остаточному підсумку, призводити до перекручування вихідних даних, що часто є причиною відповідних некоректних керуючих впливів, зниження якості прийнятих рішень, пов'язаних із завданням безпосереднього економічного збитку.

Підвищення якості прийнятих рішень можна досягти шляхом застосування так званих засобів підвищення достовірності інформації про роботу оператора, які дають змогу знизити до певного рівня кількість помилок у роботі операторів, а отже, зменшити економічні збитки.

Одним із способів підвищення достовірності інформації у складних системах є достовірне визначення психофізіологічного стану оператора та об'єктивності оцінювання придатності оператора до виконання операцій технологічного процесу. На рисунку наведено запропоновану процедуру реалізації способу професійного відбору операторів.

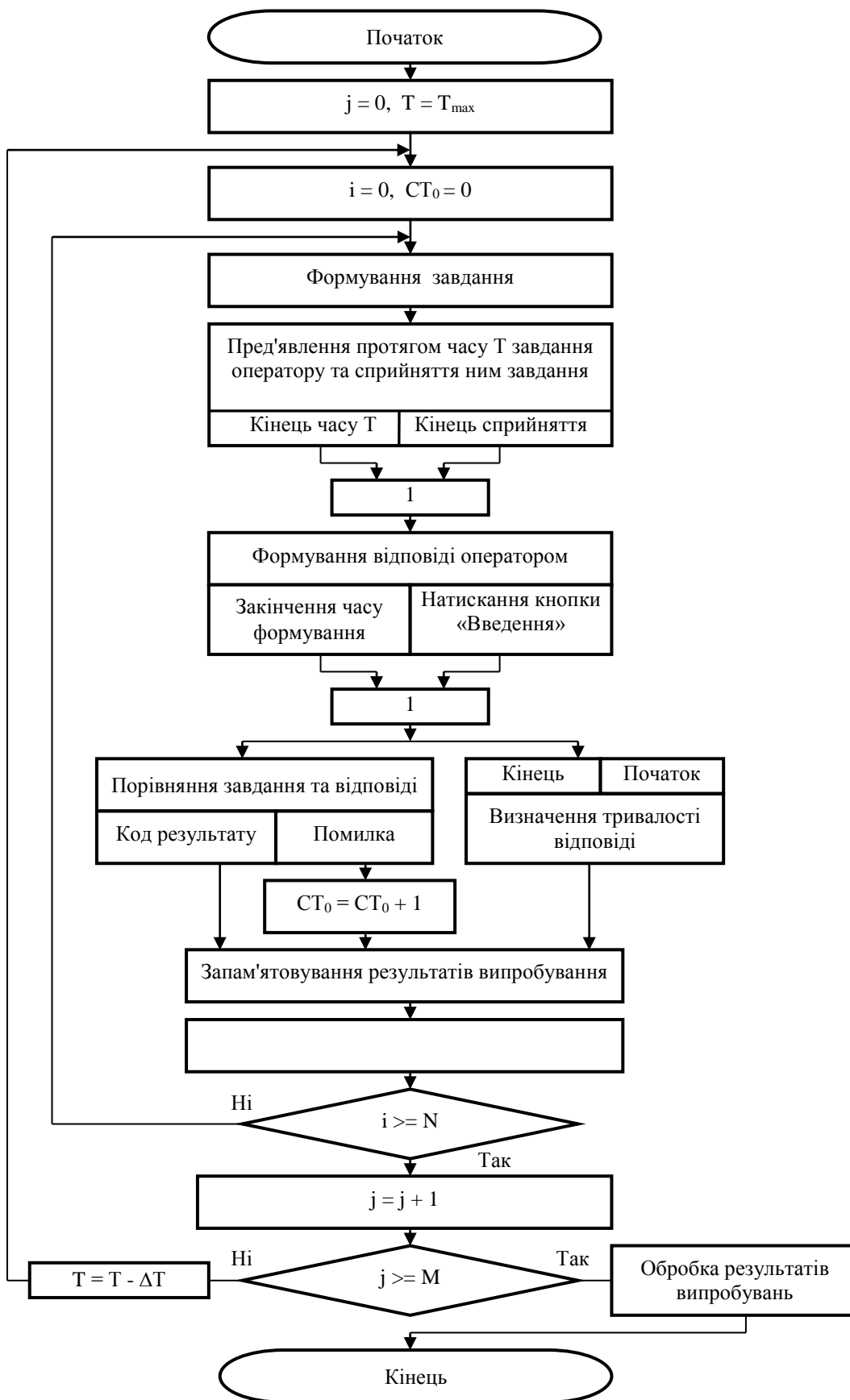


Рис. Процедура реалізації способу професійного відбору операторів

Для вирішення цього завдання пропонується процедура (див. рисунок), що включає цикл випробувань, що складається з N випробувань, у кожне з яких входить формування завдання, пред'явлення його оператору протягом заданого інтервалу часу, формування оператором відповіді після сприйняття завдання або після закінчення встановленого інтервалу часу видачі завдання, порівняння завдання з відповіддю та фіксація помилки, якщо вони не відповідають одне одному [3]. Тобто, якщо оператор припустився помилки при формуванні відповіді, визначенні та запам'ятовуванні результатів випробування, виконується M циклів випробувань. При цьому пред'явлення оператору завдання виконується в першому циклі випробувань протягом максимального передбаченого часу, а в кожному з наступних циклів протягом часу, меншого за час пред'явлення в попередньому циклі на встановлену величину, та у кожному циклі визначається кількість помилок з початку циклу. Результати кожного випробування – тривалість відповіді, наявність помилки у випробуванні та кількість помилок у циклі з його початку – запам'ятовуються, а після закінчення M циклів за результатами всіх випробувань визначаються психофізіоло-

гічні характеристики оператора, за якими оцінюється придатність оператора до виконання відповідної роботи.

Оцінювання таким чином придатності оператора до виконання відповідної роботи підвищує достовірність інформації про роботу оператора та об'єктивність оцінювання придатності оператора до виконання заданої роботи завдяки використанню більшого обсягу інформації про роботу оператора – результатів $M \cdot N$ випробувань.

Список використаних джерел

1. Ветошкин, А. Г. Техногенный риск и безопасность [Текст] / А. Г. Ветошкин, К. Р. Таранцева. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2001. – 171 с.
2. Henley, E. Reliability engineering and risk assessment [Текст] / E. J. Henley, H. Kumamoto // Prentice-Hall, 1981. – 568 p.
3. Спосіб професійного відбору операторів [Текст]: пат. 40353 Україна, МПК G09B 9/00 / В.М. Астахов, С. Є. Бантюков, С. О. Бантюкова, О. М. Огар; заявники і патентовласники В. М. Астахов, С. Є. Бантюков, С. О. Бантюкова, О. М. Огар – № и 2008 09765; заявл. 25.07.2008 ; опубл. 10.04.2009, Бюл. № 7.

УДК 656.25

С. О. Бантюкова

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ОПЕРАТОРА

S. O. Bantyukova

RESEARCH OF RELIABILITY OF OPERATOR'S WORK

На надійність системи «людина-техніка-середовище-збурювання» впливають чотири фактори: надійність людини-оператора (імовірність, що оператор системи не допустить помилок), надійність

техніки (імовірність безвідмовної роботи техніки), несприятливі впливи зовнішнього середовища та зовнішні заздальгидь не передбачені впливи. Складова «людина-оператор» має більшу вагу, оскільки, за

статистикою, найбільша кількість аварій відбувається з вини людини. Функціонування будь-якої системи за участю людини залежить від того, наскільки вчасно, точно й безпомилково, тобто надійно, людина-оператор виконує свої функції. Дослідження показують, що при одноразовому резервуванні технічних пристроїв кваліфікованим оператором надійність системи виявляється вище, ніж при використанні чотириразового технічного резервування [1]. Багатоетапна процедура професійного відбору операторів технічних систем переслідує основну мету – забезпечення максимальної ефективності функціонування технічної системи, у якій людина виконує задані функції оператора з високим ступенем надійності [2]. При подібному професійному відборі небезпека відмови людино-машинних комплексів буде, з погляду можливості помилкових дій оператора, мінімізована. Для об'єктивної оцінки поточного стану готовності операторів до виконання дій технологічних процесів, попередження виникнення аварій і позаштатних ситуацій внаслідок неправильних або несвоєчасних дій людини необхідні способи та засоби оцінки надійності роботи оператора.

Відомо, що надійність оператора в роботі характеризується такими показниками як безпомилковість, своєчасність, готовність та відновлюваність [3]. Для отримання більш достовірної оцінки надійності роботи оператора доцільно визначати надійність виконання оператором дії технологічного процесу за цими чотирма факторами в реальних умовах роботи і при тестуванні. Надійність виконання оператором дії технологічного процесу можна подати вектором \vec{p} в n -вимірному просторі P за базисом $(\vec{p}_1, \vec{p}_2, \dots, \vec{p}_n)$ [4]. В цьому випадку надійність оператора буде являти собою вектор

$$\vec{p} = a_1 \vec{p}_1 + a_2 \vec{p}_2 + \dots + a_n \vec{p}_n,$$

де a_1, a_2, \dots, a_n – координати вектора \vec{p} в просторі P .

В нашому випадку надійність виконання оператором дії технологічного процесу буде подана як розкладання вектора \vec{p} за базисом $(\vec{p}_{\delta n}, \vec{p}_{cч}, \vec{p}_{2m}, \vec{p}_{від})$, що задає чотиривимірний простір P ,

$$\vec{p} = a_1 \vec{p}_{\delta n} + a_2 \vec{p}_{cч} + a_3 \vec{p}_{2m} + a_4 \vec{p}_{від},$$

де $p_{\delta n}$ – імовірність безпомилкового виконання оператором дії технологічного процесу;

$p_{cч}$ – імовірність своєчасного виконання оператором дії технологічного процесу;

p_{2m} – імовірність готовності включення оператора в роботу в будь-який момент часу;

$p_{від}$ – імовірність виправлення оператором помилки (відновлюваність).

Значення координат вектора надійності оператора визначають безпомилковість a_1 , своєчасність a_2 , готовність a_3 , відновлюваність a_4 виконання дії оператором.

Чисельним виразом значення надійності виконання оператором дії приймемо нормовану довжину вектора \vec{p}

$$|\vec{p}| = \sqrt{\frac{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + a_4^2}{4}}.$$

Таке подання надійності виконання оператором дії технологічного процесу у вигляді вектора в чотиривимірному просторі дозволяє розкласти узагальнений показник надійності виконання дії оператором на складові та оцінити кожен з них окремо; оцінити зміну надійності оператора в процесі підготовки, реальної роботи або очікування між реальними роботами; при необхідності розширити розмірність простору та ввести додаткові характеристики, що впливають на надійність оператора.

Список використаних джерел

1. Либерман, А. Н. Техногенная безопасность: человеческий фактор [Текст] / А. Н. Либерман. – СПб.: ВИС, 2006. – 103 с.
2. David Brown. Systems analysis and Design for Safety. Prentice Hall Incorporation, Englewood Cliffs, New Jersey. 2003.

3. Надежность технических систем и техногенный риск [Текст] : учеб. пособие / В. А. Акимов, В. Л. Лапин, В. М. Попов [и др.]. – М. : ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2002. – 368 с.
4. Дружинин, Г. В. Человек в моделях технологии [Текст] : учеб. пособие в 3-х ч. Ч. 1: Свойства человека в технологических системах / Г. В. Дружинин. – М.: МИИТ, 1996. – 124 с.

УДК 656.212.6:658.5.011.56

В. С. Меркулов, І. Г. Бізюк

КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУ ВАНТАЖЕННЯ-ВІВАНТАЖЕННЯ В РЕГІОНІ ДОРОГИ

V. Merkulov, I. Biziuk

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE QUALITY OF THE OPERATIONAL PLAN OF LOADING AND UNLOADING IN THE REGION OF THE ROAD

Одна з цілей оперативного планування – визначити конкретні обсяги робіт з вантаження-вивантаження кожної станції. Це дає можливість розрахувати потребу в транспортних засобах по кожній станції, регіону, дорозі та в цілому по мережі за календарними датами, номенклатурою та родами рухомого складу, тобто оперативно управляти процесом перевезень. Автоматизована система оперативного планування вантаження-вивантаження в регіоні дороги передбачає застосування методів розв'язування задачі цілочисельного програмування разом із ситуаційно-евристичним методом. Для кількісної оцінки якості планування пропонується використання адитивного “критерію Кузьміна” [1,2]. Модель процесу планування (її формальна схема) побудована із припущення детермінованості (період планування – 30 календарних днів). Введемо для кожного моменту часу позначення: x_t^{jk} – стан об'єкта управління;

\bar{x}_t^{jk} – вплив управляючого органу; x_t^{jk*} – вихідна характеристика; Ψ_t^j – зовнішні параметри; Φ_t^v – передісторія до моменту t . Завданням автоматизованої системи планування в початковий момент $t=0$ є вибір такого впливу U_0 , щоб виконувалися умови: а) вихідна характеристика має тільки допустимі значення; б) у наступні моменти $t=1,2,\dots,T-1$ можна вибрати такі допустимі впливи, для яких виконується умова а) із заміною 1 на t ; в) при виконанні умов а) і б) досягається екстремум очікуваної величини суми значень функціональної вихідної характеристики за період $[0, T]$; г) ця сума обчислюється у припущенні, що впливи U_t , які обираються в наступні моменти часу $t=1,2,\dots, T-1$, також задовольняють умову в) із заміною $[0, T]$ на $[t, T]$.

Нехай $F_{1,T}(x_1, u_0, \psi)$ – екстремальне значення суми за період $[1, T]$.

Тоді функціонал, що оптимізується, в момент $t=0$ та його екстремальне значення

набувають вигляду

$$M_0[y_1(x_1, u_0, \psi) + F_{1,T}(x_1, u_0, \psi)], \quad F_{O,T}(x_0, u_{-1}, \psi_0).$$

Прийнятий такий вигляд цільової функції:

$$F_t = \psi_1(x_t^{j1} - \bar{x}_t^{j1})^2 + \psi_2(x_t^{j2} - \bar{x}_t^{j2})^2 + \dots + \psi_8(x_t^{j8} - \bar{x}_t^{j8})^2. \quad (1)$$

Введемо позначення

$$v^{ji} = x_t^{ji}; \quad \bar{v}^{ji} = \bar{x}_t^{ji}.$$

Тоді вираз (1) буде мати вигляд

$$F_t = \psi_1(v^{j1} - \bar{v}^{j1})^2 + \psi_2(v^{j2} - \bar{v}^{j2})^2 + \dots + \psi_8(v^{j8} - \bar{v}^{j8})^2, \quad (2)$$

де $j=1,2,\dots, J$ - номер станції.

Перепишемо (2):

$$F = \sum_{j=1}^J F_j = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^8 \psi_i (v^{ji} - \bar{v}^{ji})^2.$$

Наприклад, значення коефіцієнтів можуть бути такими:

НВ	КР	ЦС	РФ	ЦМ	ПЛ	ЗР	ІН
1	0	0	1	1	0	0	1

Вираз цільової функції якості функціонування системи можна подати у вигляді $F = F(x)$, де x – вектор коефіцієнтів, кожна компонента якого характеризує групову роботу j -ї станції.

Мета управління – оптимізувати значення F , варіюючи ваговими коефіцієнтами (параметрами) ψ_i , що входять до його аналітичного запису. Кожному сеансу планування передують етап задання ψ_i користувачем в залежності від умови завдання, що стоїть перед ним [3]. На вибір конкретних значень ψ_i можуть впливати погодні умови, конкретна ситуація на станціях, значимість вантажів, директиви дороги та ін. Деякі з параметрів можуть дорівнювати нулю – у цьому випадку

показники вантажної роботи за даним родом вантажів не впливають на значення F . Вагові коефіцієнти ψ_i подано в унарному коді, що дозволяє прискорити роботу алгоритму.

Список використаних джерел

1. Самсонкін, В. М. Ситуаційно-евристичний підхід до календарного планування вантажно-розвантажувальних робіт в регіоні залізниці [Текст] / В.М. Самсонкін, В.С. Меркулов // Залізничний транспорт України. – 2007. – № 4. – С. 8-10.
2. Меркулов, В. С. Удосконалення технології календарного планування

вантаження та розвантаження [Текст] / В.С. Меркулов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2010. – № 4. – С. 21-22.

3. Tornquist J, Railway traffic disturbance management—An experimental

analysis of disturbance complexity, management objectives and limitations in planning horizon [Eext] / J. Tornquist // Transportation Research Part A: Policy and Practice:- Volume 41, Issue 3, March 2007, P. 249–266.

УДК 004.75: 004.89: 656.2

О. В. Головко, Т. В. Бутенко

ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ

О. V. Golovko, T. V. Butenko

THE INTRODUCTION OF INFORMATION TECHNOLOGY AND DECISION-MAKING SYSTEMS ON RAILWAYS

Протягом останніх десятиліть на залізничному транспорті України пропонувалися різні технології удосконалення процесу перевезень. Так, в роботі [1] автор пропонував застосовувати технологію Internet для організації багатопотокової комунікації між різними обчислювальними ресурсами оперативно-диспетчерської підсистеми моделі полігону управління залізницями. В статті [2] запропонована ідея створення об'єднаної мережі всіх підсистем та служб технологічної телекомунікації між службами забезпечення перевізного процесу управління. Автор пропонував принципи організації технологічної мережі під назвою – RailWayNet. В роботі [3] були вперше оприлюднені інформаційні моделі перетворення електричних сигналів діючих систем залізничної автоматики та телемеханіки в окремі кадри інформаційних повідомлень системи потоків отримання технологічної інтерпретації перевізного процесу. Саме на базі цих інформаційних моделей функціонують сучасні системи управління рухом поїздів.

Узагальнюючою проблемою став підхід і модель планування розподілу

ресурсів в Grid системах взагалі [4] та в розподілених інформаційно-керуючих системах залізничного транспорту зокрема з одночасним застосуванням інтелектуальних підходів до організації обчислювальних ресурсів та, як наслідок, оптимізації розподілених інформаційно-керуючих систем та всього залізничного транспорту.

За літературними джерелами встановлено, що в сучасному світі комп'ютери все більше витісняють людину в інтелектуальній роботі. Стають популярними системи прийняття рішень на основі нечіткої логіки. До основних плюсів такої системи можна віднести:

- можливість прийняття рішення при недостачі інформації;

- прийняття рішення у випадку, коли інформацію не можна виразити за допомогою чіткої логіки;

- можливість системи змінюватися самостійно під час роботи.

В той час, коли на залізниці задля забезпечення безпеки використовують принцип найбільшої правдоподібності, системи прийняття рішень мають проходити етап статистичного накопичення рішень. Оскільки системи прийняття

рішень мають більшу ймовірність критичної відмови, ніж системи, основані на принципі найбільшої безпеки, то й виявляються додаткові обмеження на застосування досліджуваних систем в різних підсистемах залізничної галузі. Вирішення поставленої задачі включає в себе і організацію раціонального використання ресурсів розподіленою обчислювальною системою. Розглянуто таку постановку задачі: нехай є n завдань, причому завдання i складається з m_i задач. Для кожної задачі є набір вимог по ресурсах і своє кількісне значення корисності. Корисність j -тої задачі з i -го завдання визначимо як u_{ij} , яка обчислюється за допомогою деякої функції корисності, що характеризує властивість завдання, або на основі зовнішніх по відношенню до задачі факторів, наприклад, бюджету. Вимоги по ресурсах визначаються коефіцієнтом a_{jkl} , де k - номер ресурсного центру; l - тип ресурсу. Кожен ресурсний центр характеризується обмеженнями по ресурсу типу l , що задаються R_k . Позначимо через x_{ij} індикатор вибору j - тої задачі в i -м завданні і отримаємо постановку, яка зводиться до узагальненої задачі про рюкзак в такому вигляді:

знайти

$$f(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} u_{ij} x_{ij} \rightarrow \max$$

при обмеженнях

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} a_{jkl} x_{ij} \leq R_{kl}; \\ \sum_{j=1}^{m_i} x_{ij} \leq 1; \\ x_{ij} \in \{0,1\}, i \in \{1, \dots, n\}; \\ k \in \{1, \dots, r\}; l \in \{1, \dots, p\} \end{array} \right.$$

Дана задача розглянута для застосування до задачі оптимізації ресурсів розподілених обчислювальних систем та інших задач, що не впливають на безпеку для оптимізації роботи системи за визначеними критеріями [5].

У задачах оптимізації інформаційних технологій залізничного транспорту досить значне місце можуть займати методи штучного інтелекту, особливо в телекомунікаційній сфері оптимізації пакетів.

Список використаних джерел

1. Бутенко, В. М. Інтернет на залізницях України [Текст] / В. М. Бутенко // Інформаційно-управляючі системи на залізничному транспорті. – 1997. – №1. – С. 50-51.
2. Бутенко, В. М. Адресація та захист інформації в мережі RailWayNet [Текст] / В. М. Бутенко // Інформаційно-управляючі системи на залізничному транспорті. – 1997. – №3. – С. 24-26.
3. Бутенко, В. М. Комп'ютерна система управління движением поездов [Текст] / В. М. Бутенко, В. И. Мойсеенко, Д. М. Кузьменко // Залізничний транспорт України. – 2000. – № 5-6. – С. 80-82.
4. Листровой, С. В. Подход и модель планирования распределения ресурсов в Grid [Текст] / С. В. Листровой, С. В. Минухин // Проблемы управления и информатика: междунар. научно-техн. журнал. – 2012. – №5. – С. 65-82.
5. Listrovoy S.V., Butenko V.M. Algorithm of Sub Exponential Complexity for the SAT // International Journal of Computer and Information Technology. Vol. 02. – Issue 05, September 2013.

РОЗВ'ЯЗОК РІВНЯННЯ ГЕЛЬМГОЛЬЦА У ЗАДАЧІ ПРО РОЗСІЯННЯ ПЛОСКОЇ
МОНОХРОМАТИЧНОЇ ХВИЛІ НА РЕШІТЦІ З МЕТАМАТЕРІАЛУ

O. Kazanko, O. Penkina

THE SOLUTION OF HELMHOLTZ EQUATION IN DIFFRACTION TASK OF FLAT
MONOCHROMATIC WAVE ON A GRATE WITH METAMATERIALS

У цілому ряді практичних додатків спектроскопії, антенної техніки виникає необхідність у розв'язанні задачі про дифракцію електромагнітних хвиль на шарових діелектричних структурах. Додаткові можливості для розширення функціональності цих систем з'являються завдяки використанню конструкції штучних середовищ з від'ємними значеннями діелектричної та магнітної проникності – метаматеріалів (лівосторонніх матеріалів). Унікальні фізичні властивості таких лівосторонніх середовищ дозволяють створювати пристрої з незвичайними характеристиками у різних частотних діапазонах (фільтри, частотно-селективні структури, хвилеводи, резонатори, лінзи). З дифракцією пов'язують доволі широке коло явищ, що виникають при розповсюдженні механічних або електромагнітних хвиль в неоднорідних середовищах, виявляється у перетворенні просторової структури хвиль при проходженні через межу розподілу двох середовищ. Тобто дифракція – це хвильове явище, яке супроводжує будь-який процес розповсюдження електромагнітних хвиль.

Задачі про дифракцію електромагнітних хвиль належать до задач електродинаміки. Розглянута задача про дифракцію поперечно поляризованої плоскої монохроматичної хвилі на шаровій періодичній структурі є типовою задачею електродинаміки. Найзагальніше описання процесів дифракції дається рівняннями Максвелла. В рамках задачі, що розглядається, рівняння Максвелла

зводяться до однорідного рівняння Гельмгольца – диференційного рівняння у часткових похідних. Однак для побудови відповідного математичного апарату класичного поняття похідної та диференціала виявляється недостатньо. У цьому, зокрема, виражена специфіка та проблематика побудови математичного апарату як для розв'язання рівняння Гельмгольца, так і у цілому в галузі рівнянь з частковими похідними. Важлива роль в історії розвитку математичного апарату в галузі рівнянь з частковими похідними і рівнянь математичної фізики відводиться працям радянського математика ХХ-го століття С. Л. Соболева (1908-1989), серед яких теорія розподілів, що запропонована в 1935 р. та надалі набула загального визнання. Введене в цій теорії поняття похідної надає доволі потужний математичний апарат в галузі сучасної теорії диференціальних рівнянь з частковими похідними. Згідно з теорією розподілів, будь-яка локально інтегрована функція є диференційованою, тобто клас диференційованих функцій в класичному сенсі якісно розширюється.

У середині решітки спостерігаються стоячі хвилі. В цій області, як було зазначено, рівняння Максвелла зводяться до граничної задачі для однорідного рівняння Гельмгольца (крайової). У такій задачі рівняння Гельмгольца виявляється з кусково-сталім коефіцієнтом. Нехай

$$n(z) = \begin{cases} n_1, & z \in [d/2 - l, -d/2) \\ n_2, & z \in [-d/2, d/2) \end{cases} \quad \text{– кусково-}$$

стала функція, де $n_j = \sqrt{\varepsilon_j \mu_j}$ ($j=1, 2$) – коефіцієнти заломлення середовищ, які заповнюють, відповідно, одне та друге сімейство брусів розглянутої двошарової періодичної структури. Рівняння Гельмгольца набуває вигляду

$$\Delta u + k^2 n^2(z)u = 0, \quad (1)$$

як крайові умови виступають такі рівності:

$$\begin{aligned} \Lambda u(z = \frac{d}{2} - l) &= u(z = \frac{d}{2}) \\ \Lambda \frac{1}{\mu_1} \dot{u}(z = \frac{d}{2} - l) &= \frac{1}{\mu_2} \dot{u}(z = \frac{d}{2}), \end{aligned} \quad (2)$$

$$\Lambda = e^{-kcd}.$$

З урахуванням теореми Флоке ці умови є наслідком рівності тангенціальних складових векторів електричного і магнітного полів на щілини між бруссями. Для розв'язання крайової задачі (1)-(2) необхідно розв'язати таку задачу Штурма-Ліувілля:

$$\mu \left(\frac{1}{\mu} \dot{Z} \right)' + k^2 n^2(z)Z = -\beta^2 Z, \quad (3)$$

$$\Lambda Z\left(\frac{d}{2} - l\right) = Z\left(\frac{d}{2} - 0\right),$$

$$\Lambda \frac{1}{\mu_1} \dot{Z}\left(\frac{d}{2} - l\right) = \frac{1}{\mu_2} \dot{Z}\left(\frac{d}{2} - 0\right) - \text{граничні умови,} \quad (4)$$

$$\mu(z) = \begin{cases} \mu_1, & z \in \left[\frac{d}{2} - l, -\frac{d}{2}\right) \\ \mu_2, & z \in \left[-\frac{d}{2}, \frac{d}{2}\right) \end{cases} - \text{ кусково-стала}$$

функція.

Список використаних джерел

1. Theory and Phenomena of Metamaterials / Edited by F. Capolino. – CRC Press, 2009. – 926 p.
2. Solymar L., Shamoniina E. Waves in Metamaterials. – Oxford University Press, USA, 1st edition, 2009. – 368 p.
3. Масалов, С. А. Дифракция плоской электромагнитной волны на диэлектрической решетке [Текст] / С.А. Масалов, Ю.Т. Репа, В. П. Шестопалов // Радиотехника: республ. межведомств. тематический науч.-техн. сборник. – 1969. – Вып. 10. – С. 15-24.
4. Казанко, А. В. Взаимодействие плоской электромагнитной волны с дифракционной решеткой из метаматериала [Текст] / А. В. Казанко, Е. Н. Одаренко, А. А. Шматько // Вісник ХНУ ім. В. Н. Каразіна. Сер. Радіофізика та електроніка. – 2012. – № 1010. – Вип. 20. – С. 57-65.

ВПЛИВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ХАРАКТЕР ДИНАМІЧНИХ ФАЗОВИХ ПЕРЕХОДІВ В МОНОКРИСТАЛАХ $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ З МАЛИМ ДЕФІЦИТОМ КИСНЮ

R. V. Vovk, K. A. Kotvytska

EFFECT OF MAGNETIC FIELD ON TYPE THE DYNAMIC PHASE TRANSITIONS IN SINGLE CRYSTALS $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ WITH SMALL OXYGEN DEFICIENT

Отримання нових функціональних матеріалів з високою струмонесучою здатністю продовжує залишатися однією з актуальних прикладних і фундаментальних задач фізики. Найважливішу роль при цьому відіграє оптимізація дефектного ансамблю [1]. Як відомо [2], мала довжина когерентності ξ і велика глибина проникнення λ приводить до того, що пінінг у ВТНП стає ефективним на дефектах, у тому числі вакансіях кисню [3] домішках впроваджень [4]. При цьому з'ясування ступеня впливу таких дефектів на фазовий стан вихрової матерії найчастіше виявляється ускладнено через наявність у ВТНП-сполуках міжзеренних меж, площин двійникування, кластерних включень та інших дефектів, які є досить потужними центрами пінінгу. Істотний вплив має також наявність власного «intrinsic» пінінгу, обумовленого шаруватою структурою ВТНП-сполук [3]. Метою є дослідження впливу магнітного поля на характер динамічних фазових переходів у монокристалах $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ з малим відхиленням від кисневої стехіометрії.

Для дослідження резистивних переходів у надпровідний (НП) стан використано метод Коувеля-Фішера [5], основою якого є аналіз величини:

$$\chi = \frac{-d(\ln \Delta\sigma)}{dT}, \quad (1)$$

де $\Delta\sigma$ – поправка, яка враховує провідність, що виникає внаслідок флуктуаційного спаровування носіїв при $T > T_c$ і зумовлена фазовим станом вихрової матерії при $T < T_c$. Припускаючи, що $\Delta\sigma$ змінюється за законом $\Delta\sigma \sim (T - T_c)^{-\beta}$ при $T \approx T_c$, з формули (1) випливає, що $\chi^{-1} = \beta^{-1}(T - T_c)$, де β – показник, який залежить від розмірності і фазового стану флуктуаційної і вихрової підсистем [6,7]. На рис. 1 зображено резистивні переходи в НП-стан монокристала $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$.

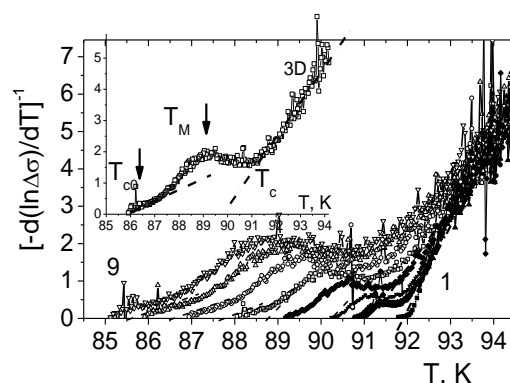


Рис. 1. Резистивні переходи у надпровідний стан монокристала $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ $H = 0$ (крива 1) і $H = 15$ кЕ, отримані при $\alpha \equiv \angle(\mathbf{H}, \mathbf{ab})$: 0; 5; 10; 20; 30; 45; 60; 90° – криві 2 - 9, відповідно в координатах $\left[\frac{-d(\ln \Delta\sigma)}{dT} \right]^{-1} - T$. На вставці виділена крива, отримана для $\alpha = 60^\circ$

Видно, що у високотемпературній області НП-переходу в усіх кривих спостерігається досить протяжна лінійна ділянка з кутом нахилу $\beta \approx 0,5$, що згідно з моделлю Асламазова–Ларкіна свідчить про появу в системі 3D режиму існування флуктуаційних носіїв. При подальшому віддаленні від T_c у бік високих температур відбувається збільшення абсолютного значення β , що свідчить про реалізацію в системі 3D-2D кросовера [8].

На рис. 2 показано резистивні переходи в надпровідний стан у координатах $\chi(T_c - T_{c0})/\varepsilon_\alpha - (T - T_{c0})/(T_c - T_{c0})$. Позначення кривих відповідає позначенням на рис. 1.

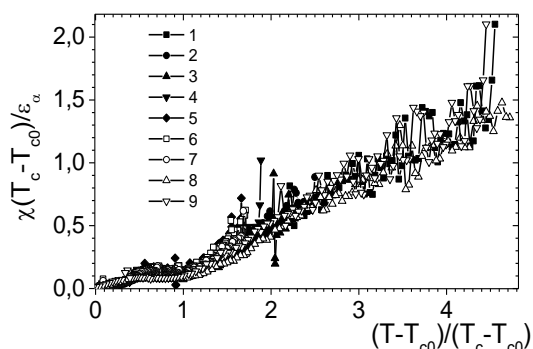


Рис. 2. Резистивні переходи в надпровідний стан монокристала $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ в координатах $\chi(T_c - T_{c0})/\varepsilon_\alpha - (T - T_{c0})/(T_c - T_{c0})$, де $\varepsilon = 6 \div 9$ – параметр анізотропії

Як було показано в роботі [7], у разі реалізації в системі стану «бреггівського скла» на залежностях $\chi(T)$ має спостерігатися скейлінг у зведених координатах $\chi(T_c - T_{c0}) - (T - T_{c0})/(T_c - T_{c0})$, де T_{c0} – температура, що відповідає середньопольовій критичній температурі, T_M – температура точки плавлення вихрової решітки, T_c – критична температура. З рис. 2 видно, що на експериментальних кривих $\chi(T)$ найкращий скейлінг спостерігається в паракогерентній області при $T < T_M$. При більш високих температурах розбіжність кривих стає істотною внаслідок впливу пінінгу

надпровідних флуктуацій на кластерних включеннях [2, 8].

Установлено, що прикладання магнітного поля (до 15 кЕ) і збільшення кута α до роздвійникованих монокристалів $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ з малою нестачею кисню, на відміну від аналогічних зразків, оптимально допованих киснем, приводить до появи додаткового низькотемпературного максимуму на температурних залежностях надлишкової провідності, обумовленого пригніченням динамічного фазового переходу виду «порядок-безпорядок».

Збільшення кута $\alpha \equiv \angle(\text{H}, \text{ab})$ приводить до одночасного зростання амплітуди і ширини піка, що відповідає цьому переходу, і його зміщення в область більш низьких температур, що є наслідком зменшення, із зростанням α , внеску власного пінінгу вихрової підсистеми і посиленням ролі об'ємного пінінгу, зумовленого наявністю в структурі експериментального зразка кластерів кисневих вакансій.

Отримано, що при температурах $T < T_c$ відбувається пригнічення динамічного фазового переходу виду вихрова рідина – вихрова решітка і формування в системі переходу виду вихрова рідина – вихрове «бреггівське» скло.

Безпосередньо поблизу T_c ФП задовільно описується тривимірною моделлю Асламазова–Ларкіна для шаруватих надпровідних систем.

Список використаних джерел

1. Chreneos. A. Atomic Stale Models for $\text{R}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6,5}$ and $\text{R}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6,5}$ Compounds (R=Y) / A. Chreneos, I.L. Goulatis, R.V. Vovk // Acta Chim. Sloven. – 2007. – V. 54. – P. 179-184.
2. Bondarenko, A.V. Creep and depinning of vortices in nontwinned $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ single crystal / A.V. Bondarenko, A.A. Zavgorodniy, D.A. Lotnik etc. // Low Temperature Physics. – 2008. – V. 34, № 7. – P. 508-514.

3. Kwok W.K. Vortex lattice melting in untwinned and twinned single crystals of $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ / W. K. Kwok, S. Fleshler, U. Welp etc. // Phys. Rev. Lett. – 1992. – V. 69, № 23. – P. 3370-3373.

4. Магнитосопротивление и 2D-3D кроссовер в легированных алюминием монокристаллах $YBa_2Cu_{3-z}Al_zO_{7-\delta}$ с системой однонаправленных двойниковых границ [Текст] / А.А. Завгородний, Р.В. Вовк, М.А. Оболенский и др. // ФНТ. – 2010. – V. 36, № 1. – P. 143-147.

4. Kouvel J.S. Detailed Magnetic Behavior of Nickel Near its Curie Point / J.S. Kouvel, M.E. Fischer // Phys. Rev. – 1964. – V. 136, № 6A. – P. 1626–1632.

5. Асламазов, Л. Г. Влияние флуктуаций на свойства сверхпроводников при температурах выше критической [Текст] / Л.Г. Асламазов, А.И. Ларкин // ФТТ. – 1968. – Т. 10, № 4. – С. 1104 – 1111.

6. Coherence transition in polycrystalline $Y_{0.95}Tb_{0.05}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ superconductors / R.M. Costa, I.C. Riegel, A.R. Jurelo etc. // Journal Of Magnetism and Magnetic Materials. – 2008. – V. 320. – P. 493–495.

7. Vovk R. V. Transport anisotropy and pseudo-gap state in oxygen deficient $ReBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ ($Re = Y, Ho$) single crystals / R. V. Vovk, M. A. Obolenskii, A. V. Bondarenko et al // Journal of Alloys and Compounds. – 2008. – V. 464, № 1. – P. 58-66.

УДК 538.945

*К. В. Тютєєва, С. В. Савич,
О. В. Самойлов, Р. В. Вовк*

ВПЛИВ ВИСОКОГО ГІДРОСТАТИЧНОГО ТИСКУ НА ПРОВІДНІСТЬ МОНОКРИСТАЛІВ $YBaCuO$ З ОДНОСПРЯМОВАНИМИ ДВІЙНИКОВИМИ МЕЖАМИ

*К. V. Tiutierieva, S. V. Savich,
A. V. Samoilo, R. V. Vovk*

EFFECTS OF HIGH HYDROSTATIC PRESSURE ON CONDUCTIVITY OF $YBaCuO$ SINGLE CRYSTALS WITH UNIDIRECTIONAL TWIN BOUNDARIES

Підвищення стійкості технологічних характеристик є одним з основних напрямків сучасної прикладної фізики високотемпературної надпровідності. Найбільш затребуваним в аспекті практичного застосування є з'єднання $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$. Це обумовлено його досить високими критичними параметрами, відносно простотою синтезу і, нарешті, можливістю варіювання транспортних параметрів шляхом зміни вмісту кисню і повної або часткової заміни складових компонент [1-3].

Дослідимо вплив високого гідростатичного тиску до 10 кбар на провідність у базисній ab -площині

монокристалічних зразків $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ з системою односпрямованих двійникових меж. На рис. 1 подано температурні залежності $\rho_{ab}(T)$ монокристалів $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ при різному гідростатичному тиску та геометрія експерименту. На рис. 2 приведено температурні залежності псевдощільни цих монокристалів у наведених координатах $\Delta^*(T)/\Delta^*_{max} - T/T^*(\Delta^*_{max} - \text{значення } \Delta^* \text{ на плато далеко від } T^*)$, виміряні при різному тиску.

Виявлено, що додавання високого тиску призводить до деякого зменшення величини баричної похідної $d\xi_c/dP$ при одночасному збільшенні dT/dP та

зміщення за температурою точки 2D-3D кросовера [4]. Високий тиск впливає на критичну температуру і довжину когерентності в обсязі експериментального зразка в рамках моделі, що передбачає наявність сингулярностей в електронному спектрі носіїв заряду, який характерний для решіток з сильним зв'язком. Встановлено, що надлишкова провідність $\Delta\sigma(T)$ монокристалів $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ у широкому інтервалі температур $T_c < T < T^*$ підпорядковується експоненційній температурній

залежності. При цьому опис надлишкової провідності може бути інтерпретовано в термінах теорії середнього поля, де T^* представлена як середньопольова температура надпровідного переходу, а температурна залежність псевдощільни задовільно описується в рамках теорії кросовера БКШ-БЕК. Збільшення тиску призводить до ефекту звуження температурного інтервалу реалізації псевдощільнинного режиму, тим самим розширюючи область лінійної залежності $\rho(T)$ в аб-площині.

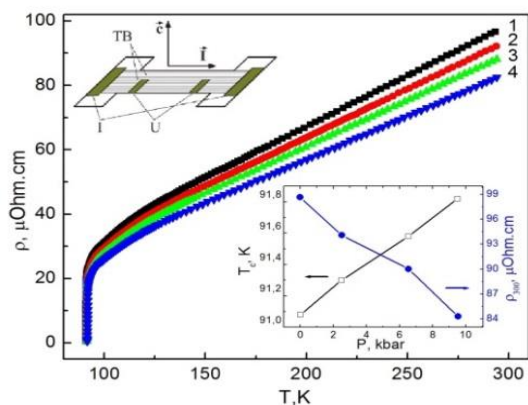


Рис. 1. Температурна залежність $\rho_{ab}(T)$ монокристалів $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ при гідростатичному тиску 0, 2.5; 6.51; 9.5 kbar, криві 1-4, відповідно

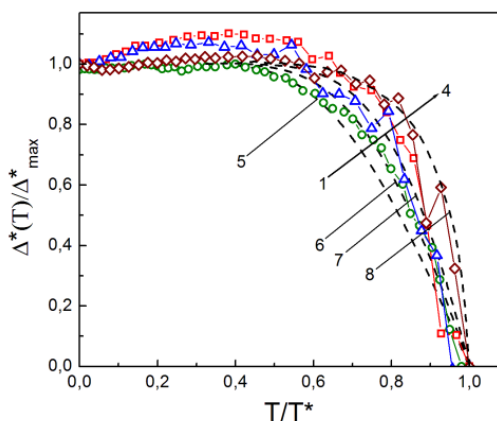


Рис. 2. Температурні залежності псевдощільни монокристалів $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ у наведених координатах $\Delta^*(T)/\Delta^*_{max} - T/T^*$ (Δ^*_{max} – значення Δ^* на плато далеко від T^*), виміряні при тиску 0; 2,5; 6,51; 9,5 – криві 1-4 відповідно; пунктирними лініями (5-8) подано залежності $\Delta^*(T)/\Delta(0)$ від T/T^* для значень параметра кросовера $\mu/\Delta(0)=10$ (межа БКШ), -2, -5, -10 (межа БЕК)

Список використаних джерел

1. Pressure dependence of T_c to 17 GPa with and without relaxation effects in superconducting $YBa_2Cu_3O_x$ / Sadewasser S., Schilling J.S., Paulicas A.P. // Phys. Rev. B. - 2000. –Vol. 61. – No. 1. – P. 741-749.
 2. Mendonca Ferreira L., Pureur P., Borges H. A., Lejay P. Effects of pressure on the fluctuation conductivity of $YBa_2Cu_3O_7$ // Phys. Rev. B. – 2004. – Vol. 69. – 212505.

3. Effect of high pressure on the fluctuation conductivity and the charge transfer of $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ / Vovk R.V., Obolenskii M.A., Zavgorodniy A.A. etc // J. Alloys and Compounds. – 2008. – Vol.453. – No. 1-2. – P. 69-74.
 4. Aslamazov L.G., Larkin A.I. Vliyanie fluktuatsii na svoistva sverkhprovodnikov pri temperaturakh vyshe kriticheskoi // FTT. – 1968. – T.10. – No.4. – P.1104.

**НАПРЯМОК
«ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО
ТА ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ»**

УДК 629.3.065

Є. В. Романович, Ю. В. Свістунів

**АНАЛІЗ ЗАСОБІВ БОРОТЬБИ З НАЛИПАННЯМ НАСИПНИХ ВАНТАЖІВ
НА КУЗОВИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

Ye. V. Romanovych, Yu. V. Svistunov

**ANALYSIS OF AND FIGHT STICKING FROST BULK CARGO ON THE BODY
OF THE VEHICLE**

В Україні більш ніж 50 % вантажоперевезень здійснюються залізничним транспортом. У загальному обсязі залізничних перевезень частка насипних вантажів складає близько 60 %. Одним з основних показників ефективності експлуатації парку вагонів є тривалість виконання вантажно-розвантажувальних робіт. У свою чергу вона залежить від оснащення сучасними засобами механізації. Близько 70 % існуючих засобів механізації передбачають використання гравітаційного способу розвантаження насипних вантажів через відкриті люки піввагонів. Найважливішим недоліком цього способу є велика кількість залишків вантажу (від 3 до 20 т), що вдвічі збільшує простої рухомого складу. Кількість залишків сипучого вантажу в кузові рухомого складу після вивантаження залежить від фізико-механічних властивостей вантажу, а також погодних умов, що супроводжували цей вантаж у місцях зберігання, під час завантаження та перевезення. Поєднання цих факторів призводить до інтенсивного налипання сипучого вантажу до поверхонь кузовів рухомого складу і, як наслідок – до збільшення кількості залишків після вивантаження. Встановлено, що частка

залишків, що утворилися внаслідок налипання, становить близько 10-15 % від маси всього вантажу, що перевозився. Відомо, що ефект налипання до поверхонь кузовів проявляється тільки у дрібнофракційних вантажів. З іншого боку, практично не схильні до налипання сухі дрібнофракційні вантажі. На цій підставі можна стверджувати, що ступінь адгезії сипучого вантажу до поверхні залежить від поєднання розмірів частинок вантажу і його вологості. Звідси ми можемо сформулювати одну із задач наших досліджень: встановити взаємозв'язок між гранулометрично-вологісним станом сипучого вантажу і ступенем адгезії даного вантажу до поверхонь кузовів рухомого складу.

Нині боротьба із залишками сипучих вантажів у кузовах транспортних засобів ведеться за двома принципово різними напрямками. Перший напрям пов'язаний із запобіганням налипанню залишків на поверхні кузовів рухомого складу. У свою чергу даний напрям поділяється на термічний, хімічний і пасивно-механічний способи. Термічний спосіб передбачає попереднє просушування вантажу перед вивантаженням. Однак він призводить до збільшення собівартості переробки

сипучого вантажу у 2-2,5 разу. Окрім цього, даний спосіб не забезпечує захист вантажу від намокання під час перевезення у відкритому рухомому складі. Хімічний спосіб передбачає зрошення кузовів рухомого складу спеціальними гідрофобними рідинами. Однак використання даного способу є обмеженим тими вантажами, де нема жорстких вимог щодо мінерального складу вантажу (вугілля і торф для теплових електростанцій). На більшості підприємств, що випускають будівельні, керамічні суміші і тощо, даний спосіб застосовувати не можна. Пасивно-механічний спосіб передбачає створення твердого гідрофобного прошарку між кузовом і вантажем. Цей прошарок створюється або за рахунок установки футерування з плит на основі надвисокомолекулярних поліетиленів, або за рахунок газополуменевого наплення порошкоподібних надвисокомолекулярних поліетиленів на кузовах рухомого складу. Недоліками такого способу є високі капітальні витрати (близько 220-400 тис. грн на 1 вагон), а також обмежена ефективність на рухомому складі. Наприклад, футерівка добре працює на робочих органах екскаваторів і навантажувачів, однак, виявляється недостатньо ефективною на кузовах залізничних вагонів. Другий напрямок боротьби із залишками сипучих вантажів у кузовах транспортних засобів пов'язаний зі створенням механічних пристроїв для видалення залишків вантажів. Сьогодні широко відомі конструкції механічних, гідравлічних, пневматичних, газодинамічних та вібраційних очисних пристроїв. На залізничних станціях найчастіше застосовують вібраційні машини, але вони виявляються малоефективними на липких вантажах. Для механізації процесу розвантаження липких насипних вантажів із залізничного рухомого складу найбільш ефективними виявляються механічні очисні пристрої. Але застосовувані на переважній більшості таких пристроїв щіткові робочі

органи є малоефективними на липких вантажах. Раніше в Українському державному університеті залізничного транспорту було розроблено та впроваджено механічний пристрій для розрівнювання сипучих вантажів. Як робочий орган в ньому використовуються ротори. Принцип роботи, що реалізовано в даному пристрої, може бути використаний для очищення залізничного рухомого складу від залишків липких вантажів. Однак нині не існує ефективної методики розрахунку основних параметрів подібних пристроїв.

На підставі викладеного вище можна сформулювати завдання подальших досліджень: розробити метод механічного вивантаження липких вантажів з вагонів, провести експериментальну перевірку і розробити рекомендації, які забезпечать їх ефективне використання.

Список використаних джерел

1. Вантажні перевезення за січень-вересень 2015 року [Електронний ресурс] : Головна /Статистична інформація /Економічна діяльність /Транспорт /Вантажні перевезення (щомісячна інформація) //Державна служба статистики України. - 2015. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
2. Правила перевезення вантажів у вагонах відкритого типу [Електронний ресурс]: наказ №796/5987; зареєстр. в Міністерстві юстиції України 10.09.2001 р. // Верховна Рада України. Офіційний веб-портал. - 2015. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/>.
3. Правила перевезення вантажів навалом і насипом [Електронний ресурс]: наказ №795/5986; зареєстр. в Міністерстві юстиції України 10.09.2001 р. // Верховна Рада України. Офіційний веб-портал. - 2015. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/>.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОЛИВ ТА РОБОЧИХ РІДИН
БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН**

**INVESTIGATION OF ELECTRICAL PROPERTIES OF THE OILS AND FLUIDS
CONSTRUCTION MACHINERY**

Мастильні матеріали, зокрема моторні оливи, належать до продукції масового виробництва. Оперативний контроль над якістю моторних олив на всьому технологічному циклі від отримання до експлуатації потребує нагального вирішення. На основі попереднього вивчення проблеми контролю рідких мастильних середовищ ряд авторів [1, 2] її порівнюють з потенційно «необробленим діамантом», в якому загальний потенціал такого ринку становить приблизно 10 млрд доларів США на рік. Останнім часом виконуються науково-дослідні роботи, спрямовані на розроблення засобів та методів діагностування якості мастильних матеріалів. У цих дослідженнях як діагностичні параметри покладено або механічні властивості граничної плівки чи її несуча здатність, або її електричні властивості (діелектрична проникність, електропровідність тощо) [1, 3]. Недоліком перших є складність реалізації при проведенні бортового діагностування, другі – простіші у технічному виконанні, однак мають змінну за часом інформативність, оскільки по мірі напрацювання оливи в ній накопичуються домішки, спотворюючи вихідні сигнали. При розробленні ефективних методів бортового діагностування олив слід вести пошук таких діагностичних параметрів, зміна яких по мірі напрацювання оливи не призводила б до втрати інформативності, тобто відображала реальний стан присадки на час проведення діагностування. Вирішення

такої задачі неможливе без вивчення природи, властивостей та поведінки присадок, розчинених в оливі. Згідно з численними дослідженнями стан присадки в оливах наближається до рідкокристалічного [2], а як відомо, рідкі кристали нелінійно реагують на зовнішні електричні та магнітні поля. Саме така нелінійність є головною відмінністю присадки, якої немає у більшості домішок в оливах. Пропонується проводити бортове діагностування, яке б виключило простий машини та зменшило затрати на стаціонарну діагностику. А саме провести експериментальні дослідження вольт-амперних характеристик олив із присадками та визначення можливості застосування цих характеристик як діагностичний параметр.

Дослідженням піддавались такі мастильні матеріали: олива індустріальна И-20А, що відповідає ГОСТ 20799-88; робоча рідина МГЕ 46 В, що відповідає ГОСТ 17479.3-85; олива моторна М14В2, що відповідає ГОСТ 12337-84. Дані оливи, окрім індустріальної, мають поліпшені експлуатаційні властивості та рекомендовані до використання в гідроприводах будівельних і колійних машин (МГЕ 46 В) та двигунах внутрішнього згорання локомотивів (М14В2). Індустріальна олива використовувалась у дослідженнях як порівняльна, оскільки не містить присадок. Для проведення експерименту зі встановлення вольт-амперних характеристик олив із присадками був

розроблений спеціальний вимірювальний стенд. Методика визначення вольт-амперної характеристики олив полягає в такому: ретельно зачищаються та знежирюються електроди, зазор між електродами у вимірювальній комірці виставляється за допомогою мікроскопа, значення зазору обирається з міркувань максимального впливу граничної плівки на електропровідність міжелектродного простору. Потім у вимірювальну комірку подають випробувану оливу, яка за допомогою нагрівача нагрівається до необхідної температури (в даному експерименті $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Після чого на електроди подається напруга з кроком $0,1\text{ В}$ та знімаються показники сили струму з міліамперметра. Збільшення напруги триває до настання пробію. За результатами проведених досліджень при виконанні прямого фізичного експерименту були отримані графічні залежності струму в міжелектродному просторі від прикладеної напруги для обраних мастильних матеріалів. Отримані залежності показують, що за відсутності присадок в оливі, для індустріальної оливи И-20А, яка практично не містить присадок, залежність зміни струму від напруги має лінійний характер. Тобто це говорить про те, що в цьому діапазоні прикладеної напруги від 0 до $0,3\text{ В}$ справедливий закон Ома, який стверджує, що струм є пропорційним напрузі. При подальшому збільшенні напруги спостерігається пробій, який пов'язаний з тим, що носій заряду на довжині вільного пробігу набуває енергії, достатньої для ударної іонізації молекул оливи. Для гідравлічної оливи МГЕ-46В, яка містить поверхнево-активні речовини (присадки), спостерігається поява нелінійності вольт-амперної характеристики зі збільшенням напруги. Закономірність зміни сили струму від напруги для оливи М14В2 показує, що на ділянці від 0 до $0,8\text{ В}$ вольт-амперна характеристика має лінійний характер, тобто зберігається закон Ома. З подальшим збільшенням напруги

спостерігається максимум та подальше падіння струму. Починаючи з $0,9\text{ В}$, сила струму стабілізується на мінімальному рівні і не змінюється в діапазоні напруги від $0,9$ до 2 В , після чого настає пробій. Такий характер кривої пов'язаний із структурними перетвореннями присадки в зазорі та утворенням на поверхнях електродів граничної плівки, яка забезпечує екранування носіїв заряду.

На основі експериментальних даних встановлено характер зміни сили струму від напруги в оливах як з присадками, так і без них. Наявність присадок в оливі суттєво впливає на характер зміни сили струму від напруги в міжелектродному просторі. Поява нелінійності у вольт-амперній характеристиці, очевидно, пов'язана зі ступенем активності та концентрацією присадки в оливі. З порівняння вольт-амперних характеристик досліджуваних олив випливає, що нелінійність зростатиме із зростанням ефективності дії присадки. Таким чином, за характером встановлених кривих можна оцінювати якість олив та поточний стан їх трибологічних властивостей за критерієм наявності та ступеня активності присадки. Подані результати теоретичних та експериментальних досліджень дали змогу розробити підхід до створення методу бортового діагностування.

Список використаних джерел

1. Бабенко, А. О. Діагностування терміну служби будівельних машин за електропровідністю змащувального мастила [Текст] / А. О. Бабенко, Р. В. Нечипорук // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 133. – С. 330-334.
2. Нанотехнології на залізничному транспорті [Текст]: навч. посібник / Є.М. Лисіков, С.В. Воронін, О.О. Скорик [та ін.]. – Харків: ДІСА ПЛЮС, 2013. – 212 с.
3. Воронин, С. В. Влияние электрического и магнитного поля на механизм действия присадок к маслам [Текст] /

С.В. Воронин, А.В. Дунаев // Трение и износ: междунар. науч. журнал. – Гомель:

ИММС НАН Беларуси, 2015. – Т. 36. – №1. – С. 41-49. Зарубіжне, періодичне, Scopus.

УДК 625.142:625.098

О. М. Савченко, О. В. Палант, Д. А. Плуґін

ЗАХИСТ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД ВІД ВІБРАЦІЙНИХ КОЛИВАНЬ ТА СТРУМІВ ВИТОКУ: АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЕЛЕКТРО- ТА ВІБРОІЗОЛЯЦІЇ РЕЙКОВИХ КОЛІЙ

A. M. Savchenko, O. V. Palant, D. A. Plugin

PROTECTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES AGAINST VIBRATIONS AND LEAKAGE CURRENTS: ANALYSIS OF METHODS OF ELECTRIC- AND VIBRATION ISOLATION OF RAILWAY TRACK

У щільній міській забудові колії рейкового транспорту, що є джерелом інтенсивних вібрацій, прокладають все ближче до житлових будинків. Рух такого транспорту викликає появу в будівлях наднормативних рівнів вібраційних коливань і повітряних шумів, а також блукаючих і струмів витоку, які негативно впливають на здоров'я їх мешканців, чинять руйнівний вплив на будівельні конструкції, порушують роботу різноманітного устаткування і приладів, призводячи до їх раннього виходу з ладу [1]. Електрокорозія, вібрація та шум у значній мірі обумовлені недосконалістю традиційної конструкції верхньої будови колії, яка складається із рейок та підрейкової основи. Для житлових і громадських будівель найбільш несприятливим зовнішнім джерелом вібрацій є рейкові транспортні магістралі: метрополітен, трамвайні лінії і залізниці. Дослідження показали, що коливання в міру віддалення на різну відстань від метрополітену загасають, однак це процес немонотонний, він залежить від складових ланок на шляху поширення вібрації: рейка – стіна тунелю – ґрунт – фундамент будинку – будівельні конструкції. Метою дослідження є виявлення можливостей

виробництва електро- та віброізоляційних матеріалів для захисту будівель від наднормативних рівнів вібраційних коливань і струмів витоку, викликаних рухом рейкового транспорту, перспективи розвитку його на території України, використовуючи вітчизняну сировинну базу. Було встановлено, що боротися з негативним впливом вібрацій рейкового транспорту можна двома способами: захищаючи об'єкти – приймачі вібрацій, тобто самі будівлі, у т. ч. влаштовуючи на шляху розповсюдження хвиль вібрації захисні екранувальні споруди, або ізолюючи безпосередньо джерело вібрації – рейкові колії. У більшості випадків саме віброізоляція рейкових колій є найбільш раціональним варіантом вирішення проблеми [2, 3].

Нині набули поширення декілька методів віброізоляції рейкових колій [3]: пружні опори для колій на бетонних плитах (реалізують систему «маса-пружина»); підбаластні мати; підрейкові і нашпальні прокладки; підшпальні прокладки. Сьогодні на ринку вібродемпфуючих еластомерних матеріалів відомі такі імпортовані матеріали, як Sylomer® і Sylodyn® виробництва австрійської фірми Getzner Werkstoffe GmbH, це віброізолюючі

матеріали, що являють собою мікропористий поліуретановий еластомер зі змішаною відкрито-закритою структурою. Ці матеріали належать до гумової промисловості, зокрема до виробництва вібродемпфуючих еластомерних матеріалів, які застосовують для зменшення або усунення вібраційних коливань у промислових установках, електронних приладах, у будівництві.

На сьогодні дуже актуально стоїть завдання щодо зниження шуму, вібрації та струмів витоку з рейкового транспорту, особливо у населених пунктах. В Україні електро-, вібро-, звукопоглинальні матеріали для залізничного транспорту не виробляються, а використовуються імпортовані матеріали та вироби. Проте перспективи розвитку виробництва такого типу матеріалів дуже великі, цьому сприяють у першу чергу різноманітна сировинна база і розвиток хімічної промисловості, а також великий науковий потенціал.

Список використаних джерел

1. Connolly, D.P. Assessment of railway vibrations using an efficient scoping model [Електронний ресурс] / D.P. Connolly, G. Kouroussis, A. Giannopoulos, O. Verlinden, P.K. Woodward, M.C. Forde // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. – Vol. 58, March 2014, P. 37–47. – Режим доступу: doi:10.1016/i.solidyn.2013.12.003.
2. Шуба, Т. Досвід застосування нових конструкцій безбаластного залізничного полотна у Польщі та оцінка перспектив їх застосування в Україні [Текст] / [Т. Шуба, В. Чистяк, В. Перестук та ін.] // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 122. – С. 201-221.
3. Литі еластомери, спосіб їх отримання і їх застосування [Текст]: пат. 2442800 Російська Федерація, МПК19 C08G 18/12 / Нефцгер Хартмут (DE), Барнс Джеймс Майкл (DE), Дітріх Мартін (AT), Веховскі Дірк (AT); заявник і власник патенту Байер Матеріальсайенс АГ (DE), Гетцнер Веркштофф ГмбХ (AT) - № 2007124485/04; заявл. 10.01.9; опубл. 20.02.12, Бюл. № 5. - 3 с. : Іл.

НАПРЯМОК «РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ»

УДК 629.4.053

О. М. Горобченко, А. О. Антонович

ОЦІНКА ЯКОСТІ КЕРУВАННЯ ПОЇЗДОМ З УРАХУВАННЯМ РІЗНИХ СТРАТЕГІЙ

О. М. Horobchenko, A. A. Antonovych

QUALITY ASSESSMENT OF TRAIN CONTROL TAKING INTO ACCOUNT DIFFERENT STRATEGIES

Існує кілька підходів до оцінки якості управління локомотивом. Найбільш поширена оцінка за витратою енергії (палива) на тягу [1,2] і за експлуатаційними витратами. В даний час виконана формалізація параметра, що оцінює стан безпеки руху, який можна включити в прогноз наслідків того чи іншого управляючого рішення при веденні поїзда [3]. При цьому з'явилася можливість створення адитивного критерію якості управління поїздом, який би включав параметри витрати енергії, виконання графіка руху і безпеки руху [4]:

$$K = \sum_{i=1}^3 \gamma_i I_i, \quad (1)$$

де I_1 – частковий критерій безпеки руху; I_2 – частковий критерій витрати енергоресурсів на тягу поїздів; I_3 – частковий критерій дотримання графіка руху поїзда; γ_i – ваговий коефіцієнт i -го часткового критерію.

Пропонується визначити основні стратегії управління поїздом, які можуть бути застосовані в різних поїзних ситуаціях. Таким чином, постає завдання обґрунтування значення вагових коефіцієнтів для різних стратегій управління поїздом. Метою даної роботи є

визначення вагових коефіцієнтів часткових критеріїв якості управління поїздом на основі моделі прогнозних значень характерних показників кожної стратегії управління.

Для реалізації зазначеного підходу введемо додаткові множини, які включають в себе характерні показники для кожної стратегії управління, що моделюється. Подамо стратегію керування як множину, що містить свої характерні показники

$$s_l \in (\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_j) \quad , \quad (2)$$

де π_j – j -й показник оцінки реалізації стратегії s_l .

Існують функції $\pi_j = f(I_i)$, що визначають вплив кожного критерію на показники даної стратегії керування. Вплив величини того або іншого критерію якості управління на показник π_j , що характеризує окрему стратегію, пропонується оцінити, порівнюючи похідні $\frac{d\pi_j}{dI_i}$. А загальний

вплив критерію I_i на стратегію s_l пропонується подати як середньоарифметичне похідних

$$A_{I_i/s_l} = \frac{\sum_{j=1}^{k_{s_l}} \frac{d\pi_j}{dI_i}}{k_{s_l}} \quad , \quad (3)$$

де A_{I_i/s_l} - величина впливу критерію I_i на стратегію керування s_l ;

k_{s_l} – кількість показників стратегії s_l .

Таким чином, отримано абсолютні показники впливу кожного критерію якості керування на реалізацію окремих стратегій керування.

Для отримання величин вагових коефіцієнтів при розрахунку якості керування за різними стратегіями необхідно використати відомий перехід від абсолютних до відносних показників

$$\gamma_i(s_l) = \frac{A_{I_i/s_l}}{\sum_{i=1}^n A_{I_i/s_l}}, \quad (4)$$

де $\gamma_i(s_l)$ - ваговий коефіцієнт i -го критерію для l -ї стратегії; A_{I_i/s_l} - величина впливу критерію I_i на стратегію керування s_l ; $\sum_{i=1}^n A_{I_i/s_l}$ - сумарна абсолютна величина впливу всіх n критеріїв якості керування на реалізацію l -ї стратегії.

Таким чином, отримано формалізований показник якості процесу керування рухом поїзда з використанням різних стратегій. Це дає можливість більш якісного моделювання діяльності

локомотивної бригади, що в майбутньому стане основою для розробки автономних інтелектуальних систем керування локомотивом.

Список використаних джерел

1. Miyatake M., Ko H. Optimization of train speed profile for minimum energy consumption //IEEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering. – 2010. – Т. 5. – №. 3. – С. 263-269.
2. Albrecht A. R. et al. Energy-efficient train control: from local convexity to global optimization and uniqueness //Automatica. – 2013. – Т. 49. – №. 10. – Р. 3072-3078.
3. Горобченко, О. М. Формалізація задачі поточної оцінки безпеки руху при управлінні локомотивом [Текст] / О.М. Горобченко // Зб. наук. праць Державного економіко-технологічного університету транспорту Міністерства освіти і науки України. Сер. Транспортні системи і технології. – К.: ДЕТУТ, 2014. – Вип. 24. – С. 214-221.
4. Tartakovskiy E., Gorobchenko O., Antonovych A. Improving the process of driving a locomotive through the use of decision support systems //Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Т. 5. – № 3 (83). – Р. 4-11.

УДК 629.4.014

О. С. Коваленко

СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

О. S. Kovalenko

MODERN METHODS OF TECHNICAL CONDITION POWER EQUIPMENT A TRACTION ROLLING STOCK

Необхідною умовою і основним резервом забезпечення стабільного функціонування локомотивного господарства є

скорочення експлуатаційних витрат, яке може бути досягнуто за рахунок

підвищення надійності і експлуатаційної ефективності тягового рухомого складу [3].

Завдання забезпечення необхідного рівня надійності та ефективності силового обладнання тепловозів, рейкових автобусів, дизель-поїздів, кранів на залізничному ході тощо покладається в даний час на систему планово-попереджувальних ремонтів, в процесі яких відбувається перевірка і відновлення в міру потреби їх технічних станів. Багаторічна практика застосування такої системи на залізницях України показала, що планування обсягу ремонту рухомого складу лише в залежності від його пробігу або сумарної витрати палива без врахування дійсного технічного стану веде до значних перевитрат грошових і матеріальних ресурсів, а так само до зниження експлуатаційної надійності і ефективності. Удосконалення системи технічного обслуговування силового обладнання пов'язано перш за все з розробкою надійних методів оцінки технічного стану кожного вузла і прийняттям науково обгрунтованих рішень щодо його поліпшення [2,4].

До основних показників, що характеризують технічний стан рухомого складу, відносяться: відсоток несправних одиниць тягового рухомого складу; кількість пригод, інцидентів і порушень; кількість непланових ремонтів; простій на планових видах ремонту; виконання норм періодичності ремонтів. Виконаний аналіз експлуатаційної надійності та довговічності силового обладнання тягового рухомого складу з визначенням основних етапів його розвитку. Аналіз показав, що найбільша кількість відмов пов'язана з відмовами апаратури у силових схемах, у тому числі тягових двигунах, допоміжних агрегатах та силовому обладнанні. Розглянуто інструмент віртуального моделювання силового обладнання, за основу якого було обране програмне забезпечення MATLAB-SIMULINK. Воно дає можливість будувати графічні блок-діаграми, імітувати динамічні системи і досліджувати

працездатність систем, що в свою чергу значно скорочує час на моделювання, автоматизацію та трудомісткість [1,5].

1. Розглянуто результати дослідження надійності та ефективності роботи силового обладнання в експлуатації і виявлено, що метою технічного обслуговування рухомого складу, як і будь-якої технічної системи, є запобігання відмовам і стабільність роботи відремонтованого вузла.

2. Досліджено фактори, які впливають на організацію проведення контролю надійності і контролю якості стану силового обладнання.

3. Розглянуто основні напрямки системи технічного контролю та вхідний контроль відремонтованих агрегатів і вузлів.

Список використаних джерел

1. Артеменко, В. В. Планування випробувань тягових електричних двигунів з урахуванням ефективного ризику [Текст] / В.В. Артеменко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – Вип. 68. – С.119-126.

2. Бабанин, А. Б. Совершенствование технологи испытаний тяговых электрических машин [Текст] / А.Б. Бабанин, В.В. Артеменко // Коммунальное хозяйство городов. – Харьков: Техника, 2004. – №55. – С. 171-177.

3. Исаев, И. П. Ускоренные испытания и прогнозирование надежности электрооборудования локомотивов [Текст] / И.П. Исаев, А.П. Матвеевичев, Л.Г. Козлов. – М.: Транспорт, 1984.

4. Сінчук, О. М. До проблеми побудови комплексної безперервної системи діагностики тягових електричних машин рухомого складу [Текст] / О.М. Сінчук, Д.Л. Сушко // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганськ: СХУ ім. В. Даля, 2004. – №8(78), Ч.1. – С. 242-245.

5. Refining the models of performing service tests of upgraded locomotives [Текст]

/ Е. Tartakovskiy, А. Falendysh, А. Zinkivskiy, S. Mikheev // Восточно-европей-

ский журнал передовых технологий. – 2015. – Вып. 2/3 (74). – С. 26 - 31.

УДК 629.48(477)

О. С. Крашенінін, О. В. Пономаренко, С. С. Яковлев

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СЕРВІСНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ В УМОВАХ РЕМОНТНИХ ДЕПО І ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ

О. Krashenin, O. Ponomarenko, S. Yakovlev

MAINTENANCE DEVELOPMENT PROSPECTS OF ROLLING STOCK IN TERMS OF DEPOTS AND ENTERPRISES OF UKRAINE

Залізнична галузь України забезпечує масові перевезення вантажів і пасажирів все з більшою напругою в умовах дефіциту фінансів і катастрофічного погіршення технічного стану ремонтної та експлуатаційної складової. Традиційні підходи щодо утримання рухомого складу (РС) майже вичерпали резерви. Це пояснюється багатьма обставинами і головне тим, що заводська технологія ремонту в умовах депо можлива тільки за умови комплексної модернізації ремонтного господарства [1, 2].

Як показує досвід передових країн, такий акцент не завжди виправданий, коли інфраструктура ремонтного господарства не відповідає необхідним вимогам до потрібних ремонтних заходів. Переважно всі передові європейські ремонтні депо оснащені сучасним, на рівні машинобудівних підприємств, обладнанням. В них можна виконувати багато робіт, в тому числі для рухомого складу, який не має приписки до цього депо. Крім того, керівники галузей ряду європейських країн вважають, з одного боку, доцільною існуючу планово-попереджувальну систему ремонту на основі суворого дотримання вимог з виконання ТО, ПР локомотиво- та

вагоноремонтних заводів, а, з іншого боку, заводи-виробники беруть на себе функції моніторингу і ремонту рухомого складу в обсязі великих ремонтів, в тому числі з їх можливою модернізацією. Крім того, спеціалізовані підприємства на основі інформації про потреби локомотивних та вагонних депо забезпечують сервісне постачання і ремонт обладнання рухомого складу [1, 3, 4].

Для залізничних підприємств України, особливо при розвитку швидкісного руху, ці задачі стають актуальними.

Галузі потрібно вирішувати такі питання:

- забезпечення моніторингу технічного стану РС;
- передача частини функцій депо локомотиво- та вагонобудівним заводам в частині організації ремонту складного обладнання і виготовлення на перехідний період запасних частин;
- формування політики єдиного підходу до утримання рухомого складу як різних депо, так і залізниць в цілому;
- виділення підприємств, що будуть базовими, для забезпечення депо ремонтними комплексами і технологіями.

Формування центрів сервісного обслуговування визначається виконанням умови

$$MinZ = \sum_{i \in I} \sum_{j \in Y} Z_{ij}^{(1)} (d_{ij} - x_{igj}) + \sum_{i \in I} \sum_{g \in Y_2} \sum_{i \in Y} Z_{ij}^{(2)} (x_{igj} + y_{ij}) + \sum_{i \in I_2} \sum_{g \in Y_2} \sum_{i \in Y} Z_{igj}^{(3)} x_{igj},$$

де $Z_{ij}^{(1)}$ - витрати на ТО, ПР однієї одиниці РС i -ї серії у своєму депо;

$Z_{ij}^{(2)}$ - витрати на ТО, ПР одиниці РС при сервісному забезпеченні;

$Z_{igj}^{(3)}$ - витрати, що пов'язані з доставкою i -ї серії РС $i \in I_2$ з j -го депо в g -те депо з сервісного забезпечення;

d_{ij} - кількість одиниць РС в день без сервісного забезпечення;

u_{ij} - кількість РС i -ї серії в депо, що обслуговується сервісними центрами;

x_{igj} - кількість РС i -ї серії, які доцільно направляти в депо з сервісним забезпеченням з j -го депо, $i \in I_2$, $i \in Y$, $g \in Y$;

I - множина всіх серій РС на даній залізниці $I = \overline{1, j}$;

I_2 - множина серій тепловозів, які будуть проходити технічне обслуговування і поточний ремонт в депо з сервісним обслуговуванням;

Y - число всіх депо, $Y = Y_1 + Y_2$; $Y = \overline{1, j}$;

Y_2 - число номерів депо, де доцільно організувати сервісне обслуговування.

Реалізація цих задач передбачає наукове обґрунтування потужностей депо, їх спеціалізації і кооперування як з іншими депо, так і заводами. Математична постановка задачі зводиться до пошуку

цільової функції у вигляді багатоіндексної задачі лінійного програмування, що включає серії локомотивів, типи вагонів, види депо, види ремонтів, ступінь готовності депо до проведення різних технологічних заходів.

Список використаних джерел

1. Basten, R.J.I., van Houtum, G.J. System-oriented inventory models for spare parts [Text] / R.J.I. Basten., G.J. van Houtum // *Surveys in Operations Research and Management Science*. – 2014. – № 19 (1). – P. 34-55.
2. Hughes, M. Cost and capacity drive high speed train design [Text] / M. Hughes // *Railway Gazette International*. – 2010. – № 5. – P. 37-39.
3. New technology center for temple mills train service Eurostar [Text] // *Railway Gazette International*. – 2008. – № 10. – P. 820-821.
4. Cohen, M.A., Agrawal, N., Agrawal, V. Winning in the after market [Text] / M. A. Cohen, N. Agrawal, V. Agrawal // *Harvard Business Review*. – 2006. – № 84(5). – P. 129-138.
5. Вагнер, С. Основы исследования операций [Текст] / С. Вагнер. – М: Мир, 1973. – Т. 3. – 501 с.

УДК 629.42.016.2

С. Г. Жалкін

АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДІВ З ГІДРОПЕРЕДАЧЕЮ ПОТУЖНОСТІ

S. Zhalkin

AN ANALYSIS OF INDEXES OF WORK OF DIZEL-POIZDIV IS FROM GIDROPEREDACHEYU OF POWER

Дослідження належать до галузі ресурсозбереження та енергоефективності й спрямовані на вирішення важливої науково-технічної проблеми – підвищення

ефективності перевезень пасажирів локомотивним та моторвагонним рухомим складом (МВРС).

Для усунення збитковості приміських перевезень треба розробити вимоги до нового МВРС у частині застосування сучасних, надійних та економічних силових установок, розроблення нового рухомого складу з гнучкою системою переформування кількості вагонів у залежності від розміру пасажиропотоку, що ліквідує порожні пробіги дизель-поїздів, визначитися з типом передачі потужності, створення гібридних силових установок та ін.

Особливостями приміських перевезень, що впливають на організацію руху приміських поїздів, є:

- концентрація перевезень у великих центрах (містах);
- масовість перевезень зі значною кількістю поїздок на одного пасажирів на рік;
- перевезення здійснюються на короткі відстані;
- різке падіння пасажиропотоку на дільниці при віддаленні від головної станції;
- нерівномірність перевезень за сезонами року, днями тижня та за годинами доби, наявність міжсезонної кореспонденції пасажиропотоків.

Доцільність курсування приміських поїздів визначається залежно від наявності пасажиропотоку, фактичних надходжень від продажу проїзних документів.

Для аналізу параметрів дизель-поїзда та оцінки його технічного рівня застосовують такі техніко-економічні показники: питома витрата палива, ресурс та потужність силової установки (дизеля), вага (навантаження на вісь), сила тяги тривалого режиму, конструкційна швидкість, прискорення на початку руху та уповільнення при гальмуванні, кількість пасажирів та кількість місць для сидіння, загальна кількість місць (коефіцієнт місткості), кількість пасажирів, яка припадає на одні входні двері, склад дизель-поїзда. Вибір показників можливо здійснювати за методиками, які базуються

на теорії множин (на теорії бінарних відношень).

Аналіз ефективності та умов роботи дизель-поїздів виконано стосовно таких, які працюють на залізницях України у приміському русі – Д1 та ДР1А з гідропередачею, ДПЛ1 з локомотивною тягою та ДЕЛ02 з електропередачею змінного струму [1].

За складністю дизель-поїзди залізниць України значно відрізняються від трьох вагонів у Д1, ДЕЛ02, чотирьох у ДПЛ1 шести у ДР1А. Потужність СУ також значно відрізняється: дизель-поїзди Д1 та ДЕЛ02 мають майже однакову потужність, дизель-поїзд ДПЛ1 значно більшу (1470 кВт) у порівнянні з іншими. Конструкційна швидкість відрізняється не значно, а максимальна швидкість на перегоні однакова у Д1 та ДЕЛ02 й ДР1А та ДПЛ1 при значній різниці у складеності. Це стосується також маси поїзда – найбільш важкий дизель-поїзд ДПЛ1 має масу 411 т та максимальну пасажиромісткість 1020 осіб. Шестивагонний ДР1А має масу 346 т та максимальну пасажиромісткість 1143 осіб, тобто найбільшу кількість пасажирів на один вагон (190 осіб).

Дизель-поїзди Д1 та ДЕЛ02 при майже однаковій максимальній масі мають різницю пасажиромісткості майже у 190 осіб. Поїзд ДР1А при найбільшій довжині має найменшу масу на одне місце – 416,66 кг, тобто поїзди з гідропередачею мають перевагу за масогабаритними показниками та пасажиромісткістю. Питомі витрати потужності дизель-поїздів з гідропередачею Д1 та ДР1А (відповідно 4,52 й 4,24 кВт/т) менші порівняно з поїздом ДЕЛ02 (4,74 кВт/т) з електропередачею.

Як показує аналіз прискорення, у всіх розглянутих дизель-поїздах прискорення фактично однакове й не залежить від типу передачі потужності. Навантаження на рейки колії від колісних пар, що рухаються, на дизель-поїздах з гідравлічною передачею потужності значно нижчі

порівняно з електричною передачею як з асинхронним, так і локомотивним приводом. Таким чином, дизель-поїзди з гідравлічною передачею можуть експлуатуватися на колії з легкою верхньою будовою.

Питомі витрати палива на тягу дизель-поїздів на різних залізницях значно

відрізняються навіть у поїздів однієї серії. Це пов'язано зі станом в основному силових установок, терміном служби та умовами експлуатації, показниками роботи дизельних двигунів. Середня витрата палива за два роки по залізницях наведена у таблиці.

Таблиця

Середня витрата палива дизель-поїздами по залізницях України

Середня витрата палива	Питома витрата палива ДП, кг/10 ⁴ ткм брутто			
	Д1	ДР1А	ДПЛ1	ДЕЛ02
	109,50	82,60	107,25	119,76

Найменшу питому витрату палива мають дизель-поїзди серії ДР1А (незважаючи на понаднормативний пробіг від побудови), яка на Південно-Західній залізниці складає 70,87 кг/10⁴ткм брутто, а найбільша витрата у ДП серії ДЕЛ02 з електричною передачею потужності – 131,15 кг/10⁴ткм брутто (різниця у 54 %). Менші витрати палива дизель-поїздів Д1 та ДР1А пояснюються також тим, що опалення пасажирських салонів виконується теплотою охолоджувальної рідини дизеля та теплотою від гідропередачі (у зимовий період доповнюється казаном).

Огляд нормативних документів, програм, літературних джерел показує, що відсутня програма модернізації дизель-поїздів із заміни неекономічних, застарілих силових установок на сучасні; застосування науково обґрунтованих пропозицій зі зменшення витрат палива у сезонні періоди експлуатації, створення гібридних силових установок [2].

1. Промисловістю України за роки незалежності розроблено і побудовано декілька типів дизель-поїздів різної конструкції. Застосування дизель-поїздів з локомотивною тягою показало їх економічну недоцільність у приміських перевезеннях пасажирів.

2. Як передачі потужності на дизель-поїздах використовуються всі відомі різновиди передач потужності. Найбільш

широко використовується гідравлічна передача потужності (84 % від загальної чисельності дизель-поїздів України).

3. Аналіз експлуатації дизель-поїздів показав, що кращі показники у приміському, місцевому сполученні мають дизель-поїзди з гідропередачею потужності зі складеністю М + 4П + М з гнучкою схемою зміни кількості причіпних вагонів, наприклад: М + 2П + М, М + П + М. Повинна бути передбачена експлуатація зчеплених поїздів (система багатьох одиниць), наприклад: (М + П + М)+(М + П + М); (М + 2П + М) + (М + 2П + М) у залежності від потреб оператора перевезень пасажирів.

4. Перспектива подальших досліджень полягає у тому, щоб розробити схему гібридної силової установки дизель-поїзда з гідравлічною передачею потужності із застосуванням гідроакумулятора, що дасть змогу усунути неусталені процеси, зменшити витрату палива й викиди шкідливих речовин при роботі дизеля на холостому ході, зрушенні з місця та розгоні після стоянки на вокзалах або зупинних пунктах [3, 4].

Список використаних джерел

1. Басов, Г. Прогнозування розвитку дизель-поїздів для залізниць України [Текст] / Г.Г. Басов. – Харків: Алекс+, 2004. – 240 с.

2. Meinert, M. Energy storage technologies and architectures for specific diesel-driven rail duty cycles: Design and system integration aspect [Text] / M.Meinert, P.Prenleloup, S. Schmid, R.Palacin //Applied Energy. 2015. - 157. P. 619-629.

3. Зниження витрат палива та шкідливих викидів енергетичними установками під час експлуатації дизель-поїздів [Текст]: звіт про НДР (закл.): 18/1-2015 – Укр. держ. універ. залізн. тр-ту; кер. Жалкін Д.С., виконавці: Жалкін О.Д., Жалкін С.Г.,

Коваленко В.І. – Харків, 2015. – 98 с. – Бібліограф.: с.99-101. - №ДР0215U000687.

4. Гібридна силова установка рейкового транспорту з гідропередачею потужності [Текст]: пат. UA 112729 МПК F02B 73/00 / Жалкін О.Д., Тартаковський Е.Д., Жалкін С.Г., Жалкін Д.С., Михалків С.В., Фалендиш А.П., Анацький О.О.; заявник і патентовласник Український державний університет залізничного транспорту. - № ua 112729; заявл. 23.10.2015, дата публ. 10.10.2016. - бюл. № 9. - 10 с.

УДК 629.4.083

*В. Г. Пузир, Ю. М. Дацун,
В. В. Рядковський, О. М. Обозний*

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗМІНИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЛОКОМОТИВА В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

*V. G. Puzyr, Yu. M. Datsun,
V. V. Riadkovski, O. M. Obozny*

MATHEMATICAL MODEL OF CHANGING THE TECHNICAL STATE OF A LOCOMOTIVE DURING EXPLOITATION

Фактичний технічний стан локомотива в конкретний момент часу визначається ступенем відповідності значень параметрів його вузлів встановленим у нормативній документації. [1] В процесі експлуатації параметри вузлів зазнають впливів різних факторів, які змінюють значення цих параметрів. На справність вузлів локомотивів впливають як процеси ремонту [2] так і процес експлуатації. Важливим завданням є визначення зміни значень параметрів, що характеризують поточний технічний стан локомотива після виконання ним кожного рейсу.

Зміну технічного стану локомотива можна подати у вигляді системи [3], на вході якої діють векторні функції:

- умов експлуатації $S = [s_1(t), \dots, s_n(t)]$,
- управління $U = [u_1(t), \dots, u_m(t)]$,
- внутрішніх зв'язків $\Phi = [\varphi_1(t), \dots, \varphi_l(t)]$.

Функція $S(t)$ характеризує зовнішні впливи на локомотив: профіль ділянки, довжина плеча, вага поїзда, кліматичні умови та ін. Функція $U(t)$ характеризує дії локомотивної бригади під час виконання рейсу. Функція $\Phi(t)$ характеризує вплив на технічний стан локомотива старіння та зношення його вузлів. Вихідна функція системи $Y = [y_1(t), \dots, y_k(t)]$ містить у собі значення параметрів, які відображають відповідність поточного технічного стану

локомотива вимогам нормативної документації після впливу вхідних функцій $S(t)$, $U(t)$, $\Phi(t)$, тобто після виконання локомотивом рейсу. При вимірюванні значень вихідних параметрів можуть виникати похибки. Вектор $Z = [z_1(t), \dots, z_q(t)]$ характеризує вплив похибок у процесі вимірювання.

Таким чином, вектор Y залежить від чотирьох аргументів

$$Y = F_j(U, \Phi, S, Z), j = \overline{1, M}. \quad (1)$$

Працездатність локомотива характеризується таким його технічним станом, при якому у даний момент часу параметри вектора Y знаходяться у межах, встановлених нормативно-технічною документацією [3],

$$y_j(U, \Phi, S, Z) \leq y_j^*, \quad (2)$$

де y_j^* – допустиме значення j -го параметра, встановлене нормативно-технічною документацією.

Поточний технічний стан локомотива характеризується сукупністю значень параметрів, що контролюються,

$$Y = \sum_1^j \beta_j \cdot y_j, \quad (3)$$

У результаті моделювання зміни технічного стану локомотива отримана функція, яка дає узагальнений опис процесів, що контролюються.

Список використаних джерел

1. Афифи, А. Статистический анализ: подход с использованием ЭВМ [Текст] / А. Афифи, С. Эйзен. – М.: Мир, 1982. – 167 с.

де β – коефіцієнт, що визначається співвідношенням $\beta_j = \frac{dY}{dy_j}$.

Зміни параметрів локомотива, що контролюються, можуть бути за своїми властивостями розділені на два компоненти: зворотний і незворотний. Зворотний компонент обумовлений існуванням ряду випадкових факторів і відображає вплив векторних функцій $S(t)$ і $U(t)$. За своїми властивостями зворотний компонент може розглядатися як випадкова величина $V_j(t)$, де індексом j позначена належність даного компонента j -му параметру, що контролюється. Незворотний компонент обумовлений протіканням незворотних фізичних процесів усередині локомотива. До таких процесів у першу чергу відносяться процеси старіння і зношення. Таким чином, незворотний компонент відображає вплив векторної функції $\Phi(t)$. Цей компонент називають детермінованим компонентом і позначають $f_j(t)$.

Тоді залежність j -го параметра від часу буде мати вигляд [4]

$$y_j(t) = f_j(t) + V_j(t). \quad (4)$$

В цілому математичну модель функції зміни стану локомотива можна записати так:

$$Y(t) = \sum_1^j \beta_j \cdot y_j(t) = \sum_1^j \beta_j \cdot f_j(t) + \sum_1^j \beta_j \cdot V_j(t) = \sum_1^j \beta_j \cdot (f_j(t) + V_j(t)). \quad (5)$$

2. Дацун, Ю. М. Визначення ступеня впливу технологічних процесів ремонту на справність вузлів тягового рухомого складу [Текст] / Ю. М. Дацун // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2016. - №1/7 (79). – С. 56-61.

3. Иншаков, А. П. Диагностирование турбокомпрессора автотракторного дизельного двигателя на обкаточно-тормозном стенде 5543 ГОСНИТИ [Текст] /

А.П. Иншаков, А.И. Кувшинов, И.И. Курбатов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – №1. – С. 39–41.

4. Синдеев, И. М. К вопросу о синтезе логических схем для поиска неисправ-

ностей и контроля состояния сложных систем [Текст] / И.М. Синдеев // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. – 1989. – № 2. – С. 124–133.

УДК 629.4.018:629.4.014.24

*Д. А. Иванченко, Е. Д. Тартаковський,
А. П. Фалендиш, А. М. Зіньківський,*

ПІДВИЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ МОДЕРНІЗОВАНИХ ТЕПЛОВОЗІВ М62

*D. Ivanchenko, E. Tartakovskiy,
A. Falendysh, A. Zinkivskiy*

IMPROVING THE FUEL ECONOMY OF MODERNIZED DIESEL LOCOMOTIVES M62

Модернізація тепловозів розглядається як ефективний підхід до оновлення тягового рухомого складу залізниць України. Для забезпечення перевезень вантажів та пасажирів на неелектрифікованих дільницях залізниця має потребу в автономній локомотивній тязі з високими техніко-економічними показниками [1, 2]. Під час модернізації тепловозів виникає проблема визначення та прогнозування їх дійсних техніко-економічних показників з метою встановлення відповідності їх значень існуючій нормативній документації та технічному завданню. Проведення приймальних випробувань є ефективним засобом визначення показників функціонування тепловозів, який дає змогу вирішувати задачі вказаної проблеми [3]. Зокрема на основі отриманих результатів порівняльних експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів М62 [4] необхідно оцінити їх тягові властивості та визначити раціональні режими експлуатації з метою підвищення паливної економічності. Для визначення розрахункової маси поїзда із тягових

характеристик тепловоза визначають силу тяги, відповідну розрахунковій швидкості. Розрахункова швидкість – це швидкість тривалого режиму, при якій за умови нагрівання тягових електродвигунів тепловоз може рухатись протягом необмеженого часу. Проведено розрахунок нагрівання тягових електродвигунів ЕД-118А модернізованого тепловоза. Він показав, що нагрів до 100 °С буде при тривалому режимі роботи електродвигуна при швидкості тепловоза 18,7 км/год. Згідно з розрахованою тяговою характеристикою ця швидкість відповідає силі тяги 266 кН. Це дає змогу обслуговувати поїзди вагою 2855 т на ділянці, де проводилися випробування модернізованого тепловоза Ковель – Ізов. Для існуючого тепловоза М62 цей показник складає 2065 т. Таким чином, при більшій у 1,52 разу потужності модернізованого тепловоза, він може водити поїзд у 1,38 разу більшої маси. Оскільки на випробувальній дільниці Ковель – Ізов розрахунковий підйом долається за рахунок накопиченої кінетичної енергії на спуску перед цим

підйомом, то для штатного тепловоза нормативна маса поїзда збільшена до 2500 т з урахуванням проміжної зупинки на станції. Тоді для модернізованого тепловоза під час випробувань встановлюється на даній дільниці маса поїзда відповідно 3456 т. Далі виконуються тягові розрахунки для існуючих тепловозів М62 за запропонованою програмою, за результатами яких отримуються техніко-економічні показники і характеристики, які порівнюються з даними поїздок і перевіряються на адекватність. Після цього проводяться розрахунки для визначення техніко-економічних показників і характеристик модернізованих тепловозів з використанням даних, отриманих під час випробувань. Результати моделювання руху поїзда показують високу точність розрахунків та узгодженість із даними випробувань. Похибка за всіма параметрами, крім часу руху і відповідно йому середньотехнічної швидкості, не перевищує щодо тепловоза М62: 10 % для абсолютної витрати палива та 8 % для питомої витрати палива; тепловоза М62М: 0,5 % для обох відповідних величин. Більша похибка для тепловоза М62 пояснюється тим, що програма моделювання не враховує технічний стан та зношеність існуючих тепловозів. Для значення часу ходу по перегону похибка склала відповідно для тепловозів М62 та М62М 15,3 % і 13,7 %. Це можна пояснити різницею параметрів інертності мас поїзда та появлення похибки при спрямленні ділянок руху при моделюванні. В цілому ця похибка допустима для таких розрахунків, а для її зменшення необхідно проводити дослідження щодо подальшого уточнення моделювання руху поїзда. За отриманою моделлю [5] були проведені дослідження щодо впливу основних параметрів руху поїзда на значення витрати палива. При моделюванні задавалися різні значення маси поїзда, при цьому режими руху залишалися однаковими. Встановлено, що величина маси поїзда істотно не впливає на

питому витрату палива. Далі досліджувався вплив середньотехнічної швидкості на питому витрату палива модернізованого тепловоза, при цьому використовувалися різні режими управління потужністю поїзда під час руху на ділянці. Середньотехнічна швидкість має більший вплив на величину питомої витрати палива. При її збільшенні витрати палива збільшуються за рахунок збільшення основного опору руху поїзда. Але найбільш істотний вплив у результаті показала зміна режиму руху поїзда. Додатково проведено процедуру пошуку режимів управління рухом поїзда, які б давали менші значення питомої витрати палива. При цьому за обмеження введено мінімально допустиму середньотехнічну швидкість 45 км/год, що забезпечить час руху поїзда по ділянці відповідно до графіка руху вантажного поїзда. У результаті проведеної процедури пошукової оптимізації знайдено режим руху поїзда з модернізованим тепловозом М62М та проведені відповідні тягові розрахунки. Таким чином, отримані такі показники руху поїзда. При масі поїзда 3420 т часу ходу по дільниці 94,8 хв, середньотехнічній швидкості 45,6 км/год витрата палива склала 219,3 кг, питома витрата палива – 9,2 кг/ткм брутто.

Запропонований новий підхід дослідження паливної економічності модернізованих тепловозів та отримані нові результати моделювання параметрів руху поїзда дали змогу знизити витрату палива модернізованим тепловозом М62. Проведений аналіз тягових властивостей модернізованого тепловоза М62 показав існуючі резерви з підвищення економічності його використання, що може бути реалізовано завдяки визначенню режимів руху поїзда для заданої ділянки залізниці. Досліджено режими руху поїзда для дільниці Ковель – Ізов, яка обслуговувалась модернізованими тепловозами М62. Отримано значення середньоексплуатаційної витрати палива для визначених режимів, які показали

економію до $5 \text{ кг}/10^4 \text{ ткм}$ бруто в порівнянні з існуючими режимами.

Список використаних джерел

1. Ivanchenko, D. Improvement of methods and models of choice of types of acceptance trials of modernized locomotives [Text] / D. Ivanchenko // Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». – 2016. – № 2. – P. 108–112.

2. Babel, M. Modernizacja spalinowej lokomotywy manewrowej serii SM31 [Text] / M. Babel, B. Szachniewicz // Technika Transportu Szynowego. – 2012. – № 4. – P. 42-45.

3. Тартаковський, Е. Д. Визначення ефективності модернізації тепловозів М62

за результатами порівняльних експлуатаційних випробувань [Текст] / Е.Д. Тартаковський, А.П. Фалендиш, А.М. Зінківський [та ін.] / Вісник Східноукраїнського нац. ун-ту ім. В. Даля. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2011. – С. 158.

4. Escolan, T. Модернизация тепловозов [Текст] / Т. Escolan // Железные дороги мира. – 2005. – №12. – С.53-57.

5. Фалендиш, А. П. Моделювання робочих параметрів модернізованих тепловозів як об'єктів випробувань [Текст] / А.П. Фалендиш, Д.А. Іванченко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2016. – № 1. – С. 71-76.

УДК 629.42.016.2

Д. С. Жалкін

ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ ПАЛИВА ПРИ РОЗГОНІ ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДА

D. Zhalkin

FUEL SAVINGS WHEN ACCELERATING DIESEL RAIL VEHICLES

Дослідження належать до галузі ресурсозбереження та енергоефективності й спрямовані на вирішення важливої науково-технічної проблеми – зниження витрат пального під час експлуатації автономних локомотивів. Відомі гібридні силові установки [1,2] (ГСУ) локомотивів з електропередачею потужності з накопичувачами електроенергії неможливо застосувати на дизель-поїздах і тепловозах з гідравлічною передачею потужності.

Рух будь-якого дизель-поїзда з гідропередачею потужності можна охарактеризувати такими особливостями:

- змінюються сили основного і додаткового опору;

- коефіцієнт зчеплення змінюється в широкому діапазоні (0,15-0,36);

- змінюється час заповнення пускового гідротрансформатора.

Оптимальним за витратою палива є режим руху з постійною швидкістю [3,4,5]. Якщо ухил не є постійним $i \neq const$, то сталість швидкості руху може бути досягнуто за допомогою регулювання потужності дизеля. При розгоні для забезпечення постійного навантаження дизеля або зменшення часу перехідних процесів потрібно підключення додаткового джерела енергії. Поставлена задача вирішується включенням до складу ГСУ гідромотора, який живиться стиснутою оливою гідроаккумулятора й

приведе в дію гідротрансформатор гідропередачі та обгінної (керованої) муфти, яка пов'язана з колінчастим валом ДВЗ, вхідним валом гідропередачі та провідним валом гідромотора. На рисунку у вигляді блочної схеми зображено можливу гібридну силову установку дизель-поїзда, який має гідравлічну передачу потужності [6]. При наближенні дизель-поїзда до зупинного пункту ДВЗ вимикається, а рух дизель-поїзда або рейкового автобуса виконується штатною гідропередачею під дією енергії стиснутої

оливи (другого джерела енергії) за допомогою гідромотора. Під час зупинки ДВЗ не працює, не витрачає паливо і не забруднює навколишнє середовище. Віддалення від вокзалу також виконується за рахунок енергії стиснутої оливи (другого джерела енергії) штатною гідропередачею за допомогою гідромотора. Ємність резервуара зі стиснутою оливою (або їх кількість) можна корегувати залежно від часу проїзду дизель-поїзда або рейкового автобуса по великому місту з непрацюючим ДВЗ.

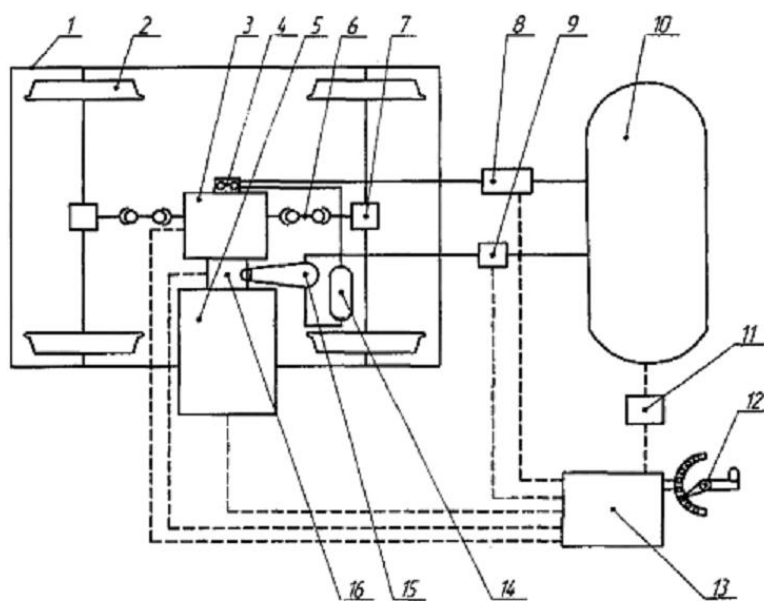


Рис. Гібридна силова установка дизель-поїзда:

1 – рама візка; 2 – рушійна колісна пара; 3 – гідропередача; 4 – додатковий оливний насос; 5 – ДВЗ; 6 – карданний вал; 7 – осьовий редуктор; 8 – електромагнітний зворотний клапан високого тиску; 9 – електронний регулятор тиску; 10 – резервуар стиснутої оливи; 11 – датчик тиску; 12 – контролер машиніста; 13 – електронний блок керування; 14 – додаткова ємність; 15 – гідромотор; 16 – обгінна муфта

Для моделювання режимів руху та розгону дизель-поїзда з ГСУ було

використано рівняння руху поїзда в загальному вигляді:

$$\frac{dv}{dt} = f(F_{\text{дот}}, Q, P, \psi_{\text{зч}}, \xi, N_e, \alpha, \beta, \varphi_{\text{дот}}, k_{\phi}, D_k, \Sigma J), \quad (1)$$

де $F_{\text{дот}}$ – дотична сила тяги, Н; Q – вага поїзда, кН; P – службова вага дизель-

поїзда, кН; $\psi_{\text{зч}}$ – коефіцієнт зчеплення; ξ – прискорення поїзда при дії сили в Н/кН,

кМ/хв²; N_e – ефективна потужність дизеля, кВт; α – ступінь наповнення пускового гідротрансформатора (ГТР); β – коефіцієнт відбору потужності дизеля на допоміжні потреби; $\varphi_{\text{дот}}$ – питома результуюча сил, діючих на поїзд, Н/кН; k_ϕ – коефіцієнт трансформації моменту ГТР передачі потужності; D_k – радіус колеса, м; ΣJ – момент інерції обертових частин гідропередачі, дизеля і трансмісії тепловоза, кг•м.

Виконане дослідження показує значну багатоваріативність режимів розгону дизель-поїзда з гібридною передачею потужності та необхідність розроблення методики додаткової оптимізації режимів розгону за рахунок можливої зміни режимів роботи силової установки і потужності від додаткового джерела енергії та, як наслідок, виявлення енергоефективних варіантів зміни не тільки сили тяги, швидкості, але й зміни швидкості прискорення руху. Виконані розрахунки показують, що зміна додаткової потужності, яку забезпечує гібридна силова установка, приводить до значної зміни прискорення та часу розгону. Змінюється швидкість зростання прискорення, що може призвести до додаткових динамічних навантажень на конструкцію та пасажирів. Підвищення додаткової потужності більше ніж на 200-250 кВт недоцільно, оскільки викликає перевищення сили тяги обмеження за зчепленням, що приведе до інтенсивного боксування. Крім того, підвищення потужності додаткового джерела енергії приводить до значного зростання габаритних розмірів гідроаккумуляторів, які неможливо розмістити у дизельному приміщенні, особливо при розміщенні силової установки під кузовом.

Список використаних джерел

1. Meinert, M. Energy storage technologies and architectures for specific diesel-driven rail duty cycles: Design and system integration aspect [Text] / M.Meinert, P.Prenleloup, S. Schmid, R.Palacin // Applied Energy. – 2015. – 157. – P. 619-629.
2. Hui, Hu. A multi-objective trainscheduling optimization model considering locomotive assignment and segment emission constraints for energy saving [Text] / Hui Hu, Keping Li, Xiaoming Xu // Journal of Modern Transportation. – 2013. – vol. 21. – issue 1. – P. 9-16.
3. Кузьмич, В. Д. Теория локомотивной тяги [Текст]: учебн. для вузов ж.-д. трансп. / В.Д. Кузьмич, В.С. Руднев, С.Я. Френкель. – М.: Маршрут, 2005. – 448 с.
4. Боднар, Б. Є. Определение энерго-сберегающих режимов разгона поездов [Текст] / Б.Є. Боднар, М.І. Капіца, А.М. Афанасов [та ін.] // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізнич. трансп. – Дніпропетровськ, 2015. – Вип. 5. – С. 40-52.
5. Кислий, Д. М. Определение энергосберегающих режимов ведения поездов [Текст] / Д. М. Кислий // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізнич. трансп. – Дніпропетровськ, 2016. – Вип. 1. – С. 71-84.
6. Гібридна силова установка рейкового транспорту з гідропередачею потужності [Текст]: пат. UA 112729 МПК F02B 73/00 / Жалкін О.Д., Тартаковський Е.Д., Жалкін С.Г., Жалкін Д.С., Михалків С.В., Фалендиш А.П., Анацький О.О.; заявник і патентовласник Український державний університет залізничного транспорту. - № ua 112729; заявл. 23.10.2015, дата публ. 10.10.2016. - бюл. № 9. - 10 с.

**ВИЗНАЧЕННЯ СТРАТЕГІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ
ЛОКОМОТИВІВ У ПІСЛЯНОРМАТИВНИЙ ПЕРІОД**

О. Krashenin, O. Ponomarenko, S. Yakovlev

**DEFINITION OF STRATEGY MAINTENANCE AND REPAIR OF LOCOMOTIVES
WHEN EXTENDING SERVICE LIFE**

Зміна технічного стану локомотивів у період післянормативного терміну експлуатації потребує вибору оптимальної стратегії технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР). Вона має враховувати необхідність коригування часу і обсягу робіт з ТО, ПР. В основу оптимізації стратегії ТО, ПР локомотивів доцільно покласти складові зміни витрат за термін подовження експлуатації [1, 4].

В умовах необхідності виконання завдань перевезень вантажів і пасажирів рухомим складом, що досяг або перевищив термін нормативного використання, потрібні зважені кроки щодо обґрунтування стратегій виконання цих завдань. Вимушеним кроком є подовження терміну експлуатації локомотивів, які досягли або перевищили нормативний термін експлуатації. У свою чергу це потребує обґрунтування стратегії утримання локомотивів у понаднормативний період експлуатації [6].

Оптимізацію стратегій ТО, ПР проводимо у два етапи: на першому етапі визначається вид стратегії, на другому – періодичність операцій ТО, ПР.

Завдання вибору оптимальної стратегії буде підрозділятися на послідовне розв'язання двох завдань:

- вибір оптимального виду стратегій ТО, ПР;

- вибір періодичності операцій ТО, ПР для обраного виду стратегій.

Практика показує, що у більшості випадків найбільш ефективною є стратегія ТО, ПР за станом. Для застосування даної

стратегії необхідно визначити періодичність проведення контролю технічного стану об'єкта. Однак складність застосування даної стратегії полягає в тому, що може бути невідомою функція розподілу напрацювання на відмову й розглянутий вище метод не може бути застосований. Тому в цьому випадку доцільно використовувати мінімаксий метод [7-9].

Завдання полягає у виборі оптимальної стратегії, що зводиться до визначення таких моментів часу $x_1, x_2, x_3, \dots, x_k, < \dots$ проведення перевірок, які мінімізували б математичне сподівання повних витрат від відмов і від проведення самих перевірок.

Виконані розрахунки зміни часу проведення технічних заходів з утримання локомотивів при продовженні їх експлуатації протягом понаднормативного терміну показані на рисунку.

1. Проведення заходів з утримання локомотивів у понаднормативний термін має передбачати коригування часу проведення ТО, ПР за призначений термін з урахуванням необхідного коригування обсягу ТО, ПР.

2. Збільшення відносних витрат C_1/C_2

дає змогу збільшити міжремонтний термін проведення ТО, ПР локомотивів за кожним напрацюванням.

3. З часом закінчення періоду понаднормативного терміну використання зменшується період проведення ТО, ПР локомотивів.

4. Отримані залежності дають змогу визначитися з часом проведення ТО, ПР локомотивів для різних термінів T

понаднормативної експлуатації і співвідношень витрат C_1/C_2 .

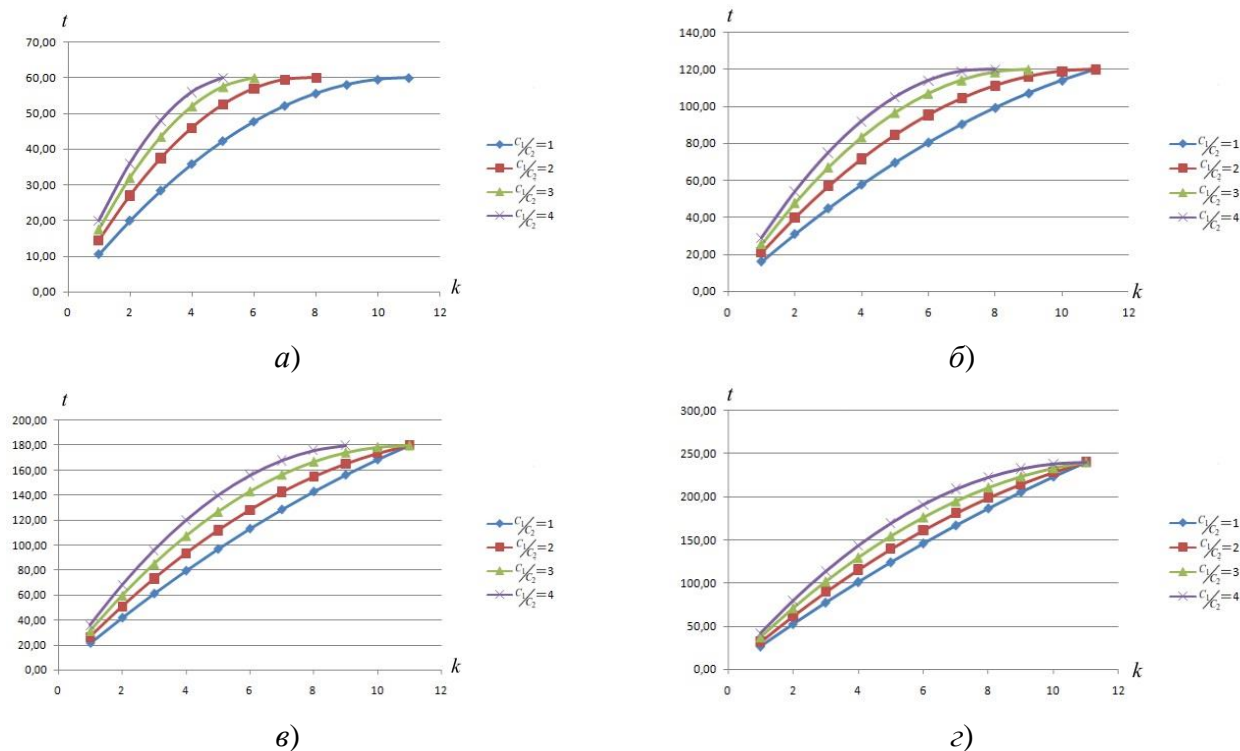


Рис. 1. Зміна міжремонтних пробігів залежно від C_1/C_2 (C_1 – витрати на перевірку; C_2 – втрати від відмови) та понаднормативного терміну експлуатації T : а – при $T = 5$ років (60 місяців); б – при $T = 10$ років (120 місяців); в – при $T = 15$ років (180 місяців); г – при $T = 20$ років (240 місяців)

Список використаних джерел

1. Методы оценки жизненного цикла тягового подвижного состава железных дорог [Текст]: монография / Э. Д. Тартаковский, С. Г. Грищенко, Ю. Е. Калабухин [и др.]. – Луганск: Изд-во «Ноулидж», 2011. – 174 с.
2. Корн, Г. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) [Текст] / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1978. – 832 с.
3. Беллман, Р. Прикладные задачи динамического программирования [Текст] / Р. Беллман, С. Дрейфус. – М.: Наука, 1965. – 460 с.

4. Крашенінін, О. С. Оцінка ефективності системи подовження терміну служби ТРС більш нормативного і оновлення експлуатаційного парку [Текст] / О. С. Крашенінін, П. О. Харламов // Вісник Східноукраїнського університету ім. Володимира Даля: наук. журнал. – Луганськ, 2012. – № 3(174). – С. 109-113.
5. Вагнер, С. Основы исследования операций [Текст] / С. Вагнер. – М.: Мир, 1973. – Т. 3. – 501 с.
6. Cantos, P. Efficiency Measures and Output Specification: The Case of European Railways [Text] / Cantos P., Pastor J. M., Serrano L. // J. of Transport and Statistics. – 2000. – Vol. 3, № 3. – P. 61–68.

7. Fleischmann M., Kuik R., Dekker R. Controlling inventories with stochastic item returns: A basic model [Text] / M. Fleischmann, R. Kuik, R. Dekker // European Journal of Operational Research. – 2002. – № 138 (1), P. 63–75.

8. Hughes, M. Cost and capacity drive high speed train design [Text] / M. Hughes //

Railway Gazette International. – 2010. – № 5. – P. 37–39.

9. Turki, S., Hennequin, S., Sauer, N. Perturbation analysis for continuous and discrete flow models: A study of the delivery time impact on the optimal buffer level [Text] / S. Turki, S. Hennequin, N. Sauer // International Journal of Production Research. – 2013. – № 51(13), P. 4011–4044.

УДК 629.4.077

V. G. Ravlyuk

ПРОБЛЕМИ З ЕФЕКТИВНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ГАЛЬМІВНИХ КОЛОДОК ВАГОНІВ

V. Ravlyuk

PROBLEMS WITH THE EFFECTIVE USE OF BRAKE PADS WAGONS

Виходячи з аналізу статистичних даних за кількістю виникнення транспортних подій від незадовільної роботи гальмівного обладнання у вантажних поїздах установлено дві основні причини, що призводять до суттєвого погіршення роботи гальмівного устаткування: у пневматичній частині спостерігається значне погіршення щільності гальмівної магістралі, а у механічній частині — нерівномірний клиноподібний знос гальмівних колодок.

Проблема клиноподібного зносу колодок постала дуже давно, вона вирішувалася протягом декількох десятиліть науковцями і фахівцями різних країн. Виконано численні дослідження, розроблено багато різноманітних пристроїв для ліквідації явища клиноподібного зносу гальмівних колодок. Але достатньо ефективного серед них немає [1, 2].

Дехто з досвідчених фахівців висловлював думку про те, що проблему клиноподібного зносу гальмівних колодок у триангельній гальмівній системі повністю вирішити неможливо. Наводячи докази,

аргументують їх тим, що у непідресорених частинах візків під час руху створюються такі потужні динамічні зусилля ударного характеру, які здатні зруйнувати досить міцні й оригінальні пристрої. Тому повністю ліквідувати клиноподібний знос гальмівних колодок, на їх думку, неможливо [3].

Нині через необхідність впровадження дорогих безазбестових гальмівних колодок підвищеної товщини з особливими фрикційними властивостями вирішення даної проблеми постало досить гостро.

Через недосконалість конструкції важільної передачі візків вантажних вагонів при відпущених гальмах колодки нахилиються та спираються верхніми краями у поверхні кочення коліс, чим створюють шкідливе тертя під час руху поїзда, що призводить до виникнення клиноподібного зносу колодок (рис. 1). Із цим пов'язані значні наднормативні витрати гальмівних колодок на залізницях, а збільшення опору рухові у поїздах в режимі тяги і вибігу призводить до перевитрат енергоносіїв на тягу поїздів [1].



Рис. 1. Клиноподібно зношені гальмівні колодки вагонів

Під час гальмувань частково стерті у верхній частині колодки спотворюють тертя, істотно збільшуються фрикційні тепловиділення і стрімко зростає температура металу на поверхні кочення коліс. Через це погіршується ефективність гальмувань у поїздах. Тому рух поїздів в даний час здебільшого супроводжується гучним постукуванням коліс, що також збільшує опір руху й витрати енергоносіїв на тягу поїздів, руйнує колію і пошкоджує вагони та вантажі.

Останніми роками збільшилась кількість відчеплень вантажних вагонів від поїздів унаслідок створення умов високо-температурних пошкоджень поверхнь кочення колісних пар через такі несправності, як навари, кільцеві виробки, викришування металу, сітка термічних тріщин, повзуни та ін. (рис. 2). Це безпосередньо пов'язано з явищем виникнення клиноподібного зносу гальмівних колодок, результатом якого є надмірне нагрівання поверхні кочення коліс при гальмуваннях поїзда [2].

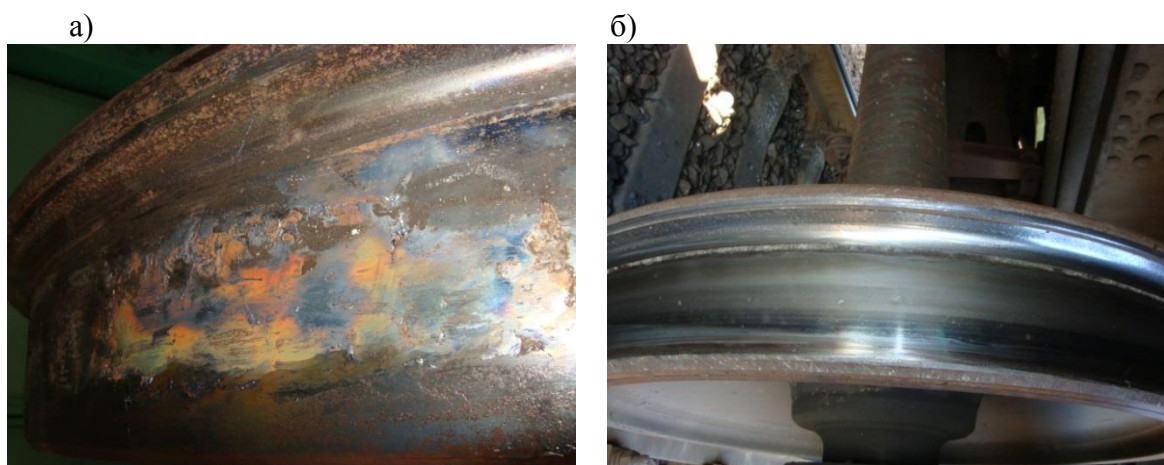


Рис. 2. Вищербини (а) та кільцеві виробки (б) на поверхні кочення колісних пар від гальмівних колодок

Клиноподібний знос гальмівних колодок створює негативні соціально-екологічні наслідки через велику кількість вмісту твердих промислових відходів азбесту у вигляді клиноподібно зношених композиційних колодок, знятих із вагонів при достатньо великому об'ємі робочої маси за непридатністю для подальшого використання [1, 3].

Таким чином, явище клиноподібного зносу гальмівних колодок завдає значних збитків не тільки вагонному господарству, а й збільшує загальні експлуатаційні витрати на залізничному транспорті.

Для пошуку шляхів вирішення такої проблеми було складено та проаналізовано схеми сил, які діють у системі підвішування гальмівних колодок між деталями важільної передачі у візку вантажного вагона, а також досліджено дію відомих пристроїв, які призначені для недопущення клиноподібного зносу гальмівних колодок. При цьому було встановлено, що всі відомі пристрої, які призначені для забезпечення рівномірного зносу колодок, створювались як механізми протидії силам, що схиляють тріангель до спирання гальмівних колодок верхніми краями у поверхні кочення колісної пари при відпущених гальмах. Доведено, що значна динамічна складова цих сил, яка виникає під час руху, після нетривалого строку служби руйнує такі пристрої і вони перестають виконувати свої функції.

Комп'ютерне моделювання та аналіз роботи гальмівної важільної передачі вантажних вагонів під час гальмувань

дозволив визначити новий напрямок вирішення цієї проблеми. Його суть полягає у тому, що замість застосування пристроїв протидії зусиллям, які нахиляють колодки, запропоновано ліквідувати шкідливий напрямок дії цих сил. Для цього необхідно виконати модернізацію тріангеля і гальмівної важільної передачі у трьохелементних візках вантажних вагонів. Це у свою чергу дозволить вирішити існуючу проблему клиноподібного зносу гальмівних колодок та суттєво зменшити збитки, які завдаються залізничному транспорту та довкіллю.

Список використаних джерел

1. Vakkalagadda, M. R. K. Performance analyses of brake blocks used by Indian Railways [Text] / M. R. K. Vakkalagadda, D. K. Srivastava, A. Mishra, V. Racherla // Original Research Article. 2015. – Vol. 328-329. – P. 64-76.
2. Vernersson, T. Thermally induced roughness of tread-braked railway wheels : Part 1: brake rig experiments [Text] / T. Vernersson // Wear. 1999. – Vol. 236. – P. 96-105.
3. Vineesh, K. P. Non-uniformity in braking in coaching and freight stock in Indian Railways and associated causes [Text] / K. P. Vineesh, M. R. K. Vakkalagadda, A. K. Tripathi, A. Mishra, V. Racherla // Engineering Failure Analysis 2016. – Vol. 59. – P. 493-508.

УДК 629.4.027

I. E. Мартинов, А. В. Труфанова, Н. С. Аулова

ШЛЯХИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗПОДІЛЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА ПІДШИПНИКИ БУКСОВОГО ВУЗЛА

I. E. Martynov, A. V. Trufanova, N. S. Aulova

WAYS TO ENSURE A RATIONAL LOAD DISTRIBUTION ON THE BEARINGS BY CREATING AN AXLE BOX

Подальший розвиток залізничного транспорту неможливий без утримання лідируючих позицій на ринку вантажних перевезень. Одним з шляхів вирішення цієї задачі є зниження експлуатаційних витрат з метою зменшення собівартості транспортних операцій.

Буксовий вузол є одним із найбільш відповідальних елементів ходових частин вагонів, несправність або відмова якого загрожує безпеці руху поїздів. Проблемою сучасних буксових вузлів залишається виникнення їх надмірного нагріву на шляху прямування [1-3].

В різні роки на українських залізницях частка відчеплень вагонів на шляху прямування через надмірний нагрів буксових вузлів досягала 60-70 % від загальної кількості відчеплень. Таке положення переконливо свідчить про те, що існуюча конструкція буксового вузла з двома циліндричними роликівими підшипниками має недостатню надійність та не забезпечує сучасні умови експлуатації [4].

Особливість конструкції буксового вузла і сполученої зони з бічною рамою візка полягає в тому, що при експлуатації неминучим є знос корпусу букси, буксового прорізу бокових рам візка і поява при цьому значних зазорів. Цей фактор може викликати нерівномірне навантаження на корпус буксового вузла, перекошування кілець буксових підшипників та інші несправності [5].

Дослідження щодо оптимізації розподілу радіального навантаження на

тіла кочення в підшипниках букс вантажних вагонів включають вибір раціональної форми контакту бокової рами візка та корпусу букси; вибір раціональної форми корпусу букси та внесення змін в конструкцію тіл кочення та кілець підшипників [6, 7]. Треба зазначити, що при розгляді питань підвищення довговічності буксових підшипників основна увага відводилась безпосередньо удосконаленню конструкції та технології виготовлення самих підшипників. Питанню оптимізації конструкції корпусів букс для забезпечення рівномірного розподілення навантажень приділялось недостатньо уваги. У подальшому будемо розглядати питання удосконалення конструкції корпусу букси, які, в свою чергу, можна поділити на такі основні напрямки:

- надання арці корпусу у середній частині більшої жорсткості;
- зменшення відстані між напрямними;
- застосування арки зі змінним перетином.

Так, одним з шляхів удосконалення конструкції корпусу букси є введення у його конструкцію отворів та порожнин різної конфігурації.

Прикладом такої модернізації є буксовий вузол з проточками у корпусі, що виконані похилими відносно його повздовжньої осі та рівномірно розташовані від центра прикладення навантаження. Здатність металу пружно деформуватись призводить до виникнення

у опорного сидла пружних властивостей, що зменшує динамічну взаємодію на підшипники та покращує умови їх роботи [8].

Іншим напрямом удосконалення конструкції буксового вузла є використання пружних елементів. Була запропонована конструкція буксового вузла з еластичною прокладкою, розташованою між адаптером та зовнішнім кільцем [9]. Передбачалось, що ця прокладка забезпечує суттєве поліпшення силових режимів роботи, більш рівномірне розподілення навантаження як між роликками підшипників, так і вздовж, але експлуатаційні випробування показали, що під час експлуатації низька міцність гуми та нестабільність її властивостей впливали на працездатність буксового вузла та його теплові режими. Часта заміна гумових елементів у буксових вузлах виявилась економічно недоцільною та від застосування буксових вузлів з пружними гумовими елементами відмовились.

Перспективним напрямом підвищення довговічності буксових підшипників є застосування в конструкції буксового вузла ребер жорсткості, напрямних та змінного перетину самої арки. Подібною є конструкція з двома прямокутними приливами, що розташовуються за всією довжиною корпусу і є опорними поверхнями для передачі навантаження від бокової рами. Дослідженнями встановлено, що у такому корпусі роликки, які знаходяться у центрі дії радіального навантаження, навантажені менше, ніж суміжні з ним. При цьому навантаження, що приходить на розташований в цьому місці ролик, було на 12-16 % менше в порівнянні з розрахунковим [10].

Істотним недоліком усіх поданих конструкцій є забезпечення раціонального розподілення лише радіального навантаження між роликками підшипника; осьовим навантаженням, яке суттєво впливає на довговічність підшипникового вузла, в усіх випадках нехтують.

Фактична довговічність залізничних буксових підшипників суттєво менше за розрахункову. Однією з причин є нерівномірне розподілення навантаження як між тілами кочення, так і уздовж твірної роликків. Перспективним напрямком розв'язання цієї проблеми може бути забезпечення раціонального розподілення навантаження на підшипники буксового вузла шляхом створення змінної жорсткості корпусу букси в різних напрямках та надання можливості самовстановлення колісної пари під час руху вагона, особливо на кривих ділянках колії.

Список використаних джерел

1. Deshmukh, B. D. Study of Failure Modes of Rolling Bearings: A Review / B. D. Deshmukh, N. D. Moundecar // Journal of Modern Engineering Research. – 2014. – № 1. – P. 139-145.
2. Lunys, O. Investigation on features and tendencies of axle-box heating / O. Lunys, S. Dailydka, G. Bureika // Transport Problems. – 2015. – № 1. – P. 105-114.
3. Lunys, O. Riedmenų ašidėžių kaitimo temperatūrų kitimo tendencijos / O. Lunys, R. Subačius // Mokslas – Lietuvos Ateitis. Transportas. – 2012. – № 4. – P. 361-365.
4. Мартинов, І. Е. Технічний стан буксових роликкопідшипників вантажних вагонів [Текст] / І. Е. Мартинов // Зб. наук. праць. – Харків: ХарДАЗТ, 2000. – Вип. 41. – С. 38-42.
5. Lunys, O. Reiedmenu asideziu šilumokatio procesal vaziuojant gelezinkelio kreivemis / O. Lunys, G. Bureika // Mokslas – Lietuvos ateitis – 2013. – № 5. – P. 552-557.
6. Гайдамака, А. В. Надійність циліндричних роликкопідшипників букс вагонів і локомотивів [Текст] / А. В. Гайдамака // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 139. – С. 103-111.
7. Ioannides, E. The SKF formula for rolling bearing life / E. Ioannides, E. Berling, A. Gabelli // Evolution. – 2001. – № 1. – P. 25-28.

8. Буксовый узел рельсового транспортного средства [Текст]: пат. 1574502 СССР, МПК В 61 F 15/12 / И. Э. Мартынов; заявитель и патентообладатель Московский институт инженеров железнодорожного транспорта. – № 4427863/27-11; заявл. 19.05.88; опубл. 30.06.90, Бюл. № 24. – 3 с.

9. Буксовый узел железнодорожного вагона [Текст]: пат. 547372 СССР, МПК² В 61 F 15/12 / В. В. Абашкин, Г. Г. Попов;

заявитель и патентообладатель Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт ж.-д. трансп. – № 1464795/11; заявл. 03.08.70; опубл. 29.07.77, Бюл. № 7. – 4 с

10. Морчиладзе, И. Г. Совершенствование и модернизация буксовых узлов грузовых вагонов [Текст] / И. Г. Морчиладзе, А. М. Соколов // Железные дороги мира. – 2006. – №10 – С. 59-64.

УДК 629.4.027

В. О. Шовкун

РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ВАНТАЖНОГО ВАГОНА З МЕТОЮ ОТРИМАННЯ ОЦІНКИ ДИНАМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

V. Shovkun

DEVELOPMENT OF SIMULATION MODEL OF FREIGHT CAR WITH THE AIM OF OBTAINING ESTIMATES OF DYNAMIC PARAMETERS

Залізничний транспорт є головною транспортною артерією України. Він виконує переважну більшість вантажних та пасажирських перевезень як в Україні, так і у міждержавному сполученні.

Безпека перевезень є пріоритетним напрямком діяльності залізниць країн СНД. Її забезпечення залежить від злагодженої роботи всіх структурних підрозділів, але одним з найважливіших чинників є надійна робота вагонів. Відмови елементів конструкції вагонів не лише викликають затримку доставки вантажів споживачам через відчеплення вагонів на шляху прямування, але й призводять до суттєвих додаткових втрат на відновлення працездатності.

Одним з найвідповідальніших елементів конструкції вантажного вагона є буксові вузли з роликівими підшипниками. Як свідчить багаторічний досвід експлуатації парку вантажних вагонів, саме буксові вузли за період 2005-2016 рр. спричинили

2339 випадків відчеплень вагонів на шляху прямування через надмірний нагрів. При цьому щорічно додатково приладами дистанційного контролю колісних пар та оглядачами вагонів за зовнішніми ознаками виявляється до 1000 випадків відмов буксових вузлів, які створювали загрозу безпеці руху.

Основним конструктивним елементом буксового вузла є підшипники. На залізницях країн СНД вже понад 50 років використовуються циліндричні роликіві підшипники. Розрахунки довговічності виконувались за методиками, запропонованими ще у першій половині ХХ сторіччя. Фактична довговічність циліндричних роликівих підшипників виявилась значно менше розрахункової.

Забезпечення довговічності підшипника, що працює в умовах динамічного радіального і осьового навантаження, є досить складним завданням. При розрахунку на міцність і надійність

елементів конструкції БВ використовуються спрощені схеми, які не враховують ряд діючих чинників. Так, еквівалентне навантаження на підшипники складається зі статичного та динамічного навантажень. Величина та характер прикладання статичного навантаження вивчені досить повно. Величина динамічного навантаження визначається як додаток до статичного навантаження за допомогою певного пересічного емпіричного коефіцієнта.

Недосконалість існуючих методів розрахунку призвела до значних похибок при визначенні показників надійності буксових підшипникових вузлів і розбіжності з фактичними результатами експлуатації.

Очевидно, що питання підвищення надійності буксових вузлів є складним і вимагає комплексного підходу для свого розв'язання. Тому необхідно досліджувати різні напрямки удосконалення існуючих та створення нових конструкцій буксового вузла. Одним із завдань для підвищення показників надійності є визначення імовірнісних навантажень, що діють на елементи ходових частин вантажних вагонів.

Для моделювання динамічного процесу навантаження буксового вузла вантажного вагона під час руху з різними швидкостями використовувався комплекс «УМ Универсальный механизм», розроблений Брянським державним технічним університетом. Розроблена за допомогою «УМ» імітаційна модель «вагон-залізнична колія» включає в себе кузов напіввагона з можливістю імітувати різний ступінь завантаженості, візки моделі 18-100 з можливістю змінювати їх характеристики, а також модель пружної колії, що дозволяє змінювати профіль та макрогеометрію колії.

Побудова моделі виконувалась шляхом об'єднання у модель підмодулів, які несуть в собі складові частини моделі: кузов, візки, колісні пари та пружну колію. Всі елементи моделі пов'язані спеціальними зв'язками та системою координат.

Моделювання здійснювалось з використанням "s"-подібного відрізка колії та стрілочного перевода.

Для імітування макрогеометрії та нерівностей колії використовувався файл з бібліотеки програмного комплексу.

При цьому модель дозволяє отримати:

- коефіцієнти динамічних складових вертикальних сил, що діють на буксовий підшипниковий вузол;
- коефіцієнти динамічних складових вертикальних сил, що діють на надресорну балку візка;
- горизонтальні (поперечні рамні) сили, які діють від колісної пари на бічні рами візка.

Деякі з отриманих реалізацій, які характеризує зміна коефіцієнта вертикальної та горизонтальної динаміки для набігаючої колісної пари у завантаженому режимі при швидкості руху 100 км/год, зображено на рисунку.

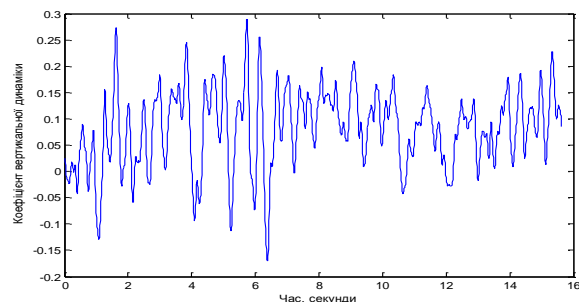


Рис. Осцилограма зміни коефіцієнта вертикальної динаміки при швидкості 100 км/год на прямій ділянці колії

Аналогічні реалізації були отримані для коефіцієнтів вертикальної та горизонтальної динаміки в діапазоні швидкостей руху від 40 до 120 км/год як в прямих, так і в кривих ділянках колії. Очевидно, що вони являють собою випадковий процес.

На наступному етапі роботи проводилась математична обробка отриманих даних методами математичної статистики. При цьому визначались такі параметри: величина математичного

очікування, дисперсія, а також мінімальні та максимальні значення зусиль. Результати досліджень свідчать, що випадкові процеси, які характеризують зміну коефіцієнтів вертикальної та горизонтальної динаміки, розподілені за нормальним законом.

В подальшому, використовуючи отримані дані, обчислені кореляційні функції для випадкових процесів, що характеризують сумісну дію зміни коефіцієнтів вертикальної та горизонтальної динаміки вагона.

Побудовані кореляційні функції дозволяють виконати оцінку надійності буксового вузла.

Моделювання динамічних навантажень що діють на ходові частини вантажних вагонів, показало достатню збіжність з результатами ходових випробувань. Тому запропонована модель може бути використана для оцінки збурюючих навантажень при розрахунках надійності буксових вузлів вантажних вагонів. Доведено, що цей процес має стаціонарний та ергодичний характер. Отримані результати моделювання підпорядковуються нормальному закону розподілення. Визначені основні параметри, що характеризують ці процеси в залежності від швидкості та режиму руху.

Список використаних джерел

1. Донченко, А. В. Результати динамічних випробувань вагонів з дослідними роликотидшипниками [Текст] / А. В. Донченко [та ін.] // Зб. наук. праць Київського університету економіки і технологій транспорту. Сер. Транспортні системи і технології. – К., 2003. – Вип. 4. – С. 106-110.
2. Болотин, В. В. Применение методов теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений [Текст] / В. В. Болотин. – М.: Стройиздат, 1971. – 256 с.
3. Мартинов, І. Е. Результати експлуатаційних випробувань здвоєних касетних циліндричних підшипників в буксах вантажних вагонів [Текст] / І. Е. Мартинов, А. В. Труфанова, Є. Р. Можейко [и др.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – №7 (73).
4. Gurumoorthy, K. Failure investigation of a taper roller bearing [Text] / K. Gurumoorthy, A. Ghosh // Case Studies in Engineering Failure Analysis. – 2013. – Vol. 1, Iss. 2. – P. 110-114.
5. Yang, Xia. Analyzing the load distribution of four-row tapered roller bearing with [Text] / Xia Yang, Qingxue Huang, Chuang Yan // Engineering Analysis with Boundary Elements. – 2015. – Vol. 56. – P. 20-29.

УДК 629.463.004.4:[656.211.7+656.073.235]

А. О. Ловська

ДОСЛІДЖЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ ВАГОНА-ПЛАТФОРМИ ЗЧЛЕНОВАНОГО ТИПУ ПРИ КОМБІНОВАНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

А. А. Lovskaya

RESEARCH OF THE LOADS OF FLAT WAGON BEARING STRUCTURE OF COUPLED TYPE FOR COMBINED TRANSPORTATION

Розвиток конкурентного середовища на ринку транспортних послуг зумовлює необхідність введення в експлуатацію

комбінованих транспортних систем. Географічне положення України на стику міжнародних транспортних коридорів між

країнами Європи та Азії сприяє розвитку таких систем. Одними з найбільш перспективних на сьогоднішній день є залізнично-поромні, а також контейнерні перевезення вантажів.

Необхідність підвищення обсягів перевезень через міжнародні транспортні коридори обумовила перевезення контейнерних поїздів на залізничних поромках через акваторії Чорного та Каспійського морів, що є ланцюгами “Шовкового шляху” з України у Китай. Враховуючи прискорені темпи інтеграції України в систему міжнародних транспортних коридорів, прогнозується розвиток комбінованих систем транспорту.

Перевезення контейнерів залізницею здійснюється здебільшого на вагонах-платформах. Для підвищення ефективності контейнерних перевезень залізничним транспортом знайшли використання вагони-платформи нового покоління, у тому числі зчленованого типу, які дозволяють збільшити корисне навантаження вагона контейнерами [1-4]. На Україні відомий досвід виготовлення та успішної експлуатації таких вагонів [5, 6], але їх виробництво вимагає значних капітальних вкладень.

Недостатній рівень поповнення вагонного парку Укрзалізниці за останні роки зумовлює необхідність впровадження в експлуатацію нових технічних рішень щодо удосконалення несучих конструкцій кузовів вагонів для здійснення потреб у перевезеннях заданої номенклатури вантажів.

З метою створення вагона-платформи зчленованого типу для перевезення контейнерів як прототип обраний вагон-платформа моделі 13-401. Вибір оптимальних параметрів елементів несучої конструкції вагона-платформи за критерієм мінімуму матеріалоемності здійснено за їх резервами міцності при експлуатаційних режимах навантаження.

Для дослідження динамічної навантаженості вагона-платформи зчленованого

типу використано математичну модель, наведену у [7]. При цьому дана модель доопрацьована шляхом урахування переміщень двох секцій вагона-платформи при експлуатаційних режимах навантаження, а також в ній скасовані пружні зв'язки між контейнерами та несучою конструкцією вагона-платформи, що обумовлено меншою довжиною секції, створеної на базі типового вагона-платформи моделі 13-401, у порівнянні з довгобазним вагоном-платформною, динаміка якого досліджувалася у [7]. До уваги прийняті вертикальне, кутове відносно вертикальної осі та повздовжнє переміщення вагона-платформи [8].

Розв'язання диференціальних рівнянь руху несучої конструкції вагона-платформи при дії повздовжньої сили на неї здійснено у програмному комплексі MathCad за методом Рунге-Кутта. Результати досліджень дозволили зробити висновок, що прискорення, які припадають на несучу конструкцію першої з боку дії сили секції вагона-платформи, складають 0,36g, а другої – близько 0,37g.

Отримані теоретичні результати досліджень підтверджені шляхом комп'ютерного моделювання динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-платформи в середовищі програмного забезпечення CosmosWorks. Перевірка адекватності розробленої моделі здійснена за F-критерієм.

Для дослідження міцності несучої конструкції вагона-платформи зчленованого типу проведений розрахунок за методом скінченних елементів. Встановлено, що найбільша величина напружень виникає при I розрахунковому режимі (ривок-розтягнення), зосереджена в зоні взаємодії шворневої балки з хребтовою та складає близько 330 МПа, але не перевищує допустиме значення [9, 10], максимальні переміщення в конструкції виникають у середній частині основних повздовжніх балок рами та складають 64,5 мм, деформації в конструкції становлять 20260.

Для оцінки втомної міцності несучої конструкції вагона-платформи проведені розрахунки коефіцієнта запасу опору втоми. Результати досліджень показали, що розрахункове значення коефіцієнта перевищує нормативне [9, 10].

З метою можливості експлуатації вагона-платформи зчленованого типу у міжнародному залізнично-водному сполученні пропонується встановлення на його несучій конструкції вузлів для закріплення ланцюгових стяжок. Результати розрахунків на міцність несучої конструкції з урахуванням навантаження її через вузли для закріплення ланцюгових стяжок при перевезенні залізничним поромом в умовах морської хитавиці дозволили зробити висновок, що максимальні еквівалентні напруження зосереджені в зоні взаємодії шворневої балки з основною повздовжньою та складають близько 300 МПа, що не перевищує допустимі для марки сталі металоконструкції, максимальні переміщення виникають у середній частині основних повздовжніх балок рами та дорівнюють 15,6 мм, максимальні деформації – $1,52 \cdot 10^{-2}$.

Проведені дослідження сприятимуть створенню вагонів-платформ зчленованого типу нового покоління на базі існуючих, урахуванню на стадії їх проектування уточнених величин динамічних навантажень, які діють на несучу конструкцію у експлуатації, а також підвищенню ефективності комбінованих перевезень через міжнародні транспортні коридори.

Список використаних джерел

1. Кожокарь, К. В. Особенности разработки скоростного сочлененного вагона-платформы для перевозки контейнеров [Текст] / К. В. Кожокарь // Трансп. Рос. Федерации. – 2013. – № 3. – С. 21–24.

2. WBN Waggonbau Niesky GmbH: Developing a flexible platform of freight wagons // Intern. Edition. – 2016. – № 1. – Р. 46.

3. Niezgoda, T. Simulations of motion of prototype railway wagon with rotatable loading floor carried out in MSC Adams software / T. Niezgoda, W. Krasoń, M. Stankiewicz // J. of KONES. Powertrain and Transport. – 2015. – Vol. 19. – Iss. 4. – P. 495–502.

4. Sandu, N. Static and dynamic tests performed on a flat wagon / N. Sandu, N. L. Zaharia // Problemy kolejnictwa. – 2014. – Z. 163 (2014). – P. 67–77.

5. Бубнов, В. М. Совершенствование конструкции подвижного состава для перевозки контейнеров [Текст] / В. М. Бубнов, С. В. Мямлин, Н. Л. Гуржи // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. – 2009. – №26. – С. 11-14.

6. Гуржи, Н. Л. Оценка сопротивления усталости вагона-платформы для крупнотоннажных контейнеров секционного типа [Текст] / Н. Л. Гуржи, В. И. Нагаевский // Захист металургійних машин від поломок: зб. наук. праць ПДТУ. – Маріуполь, 2010. – Вип. 12. – С. 205-210.

7. Нагруженность контейнеров-цистерн, расположенных на железнодорожной платформе, при ударах в автосцепку [Текст] / Г. И. Богомаз, Д. Д. Мехов, О. П. Пилипченко [и др.] // Динаміка та керування рухом механічних систем: зб. наук. праць / АНУ, ін-т техн. механіки. – К., 1992. – С. 87-95.

8. Lovskaya, A. A. The study of dynamic load on a wagon-platform at a shunting collision / A. O. Lovska, A. V. Rybin // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – № 3. – P. 4-8.

9. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст]. – М.: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.

10. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам [Текст]: ГОСТ 33211-2014. – [Действителен

от 01.07.2016]. – М.: Стандартиформ, 2014. – 53 с.

УДК 629.463.001.63

О. В. Фомін, А. А. Стецько

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ПОТЕНЦІАЛУ ВПРОВАДЖЕННЯ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНОГО І/АБО ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ В ВАГОННІ СКЛАДОВІ З УРАХУВАННЯМ КОНСТРУКТИВНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ

A. V. Fomin, A. A. Stetsko

SYSTEMATIZATION OF THE POTENTIAL INTRODUCTION OF PRE-STRESS AND/OR STRAIN STATE IN A WAGON COMPONENTS TO MEET THE DESIGN AND OPERATIONAL FEATURES

Постійна конкуренція залізничного транспорту з іншими видами транспорту, як на внутрішньому ринку перевезень вантажів, так і в рамках міжнародних транспортних коридорів, зумовлює необхідність проектування та впровадження в експлуатацію вагонів нового покоління (вагонів з суттєво покращеними техніко-економічними та експлуатаційними показниками). Це можливо досягти шляхом реалізації в їх конструкціях нетривіальних та проривних рішень. Тому на сучасному етапі розвитку залізничної галузі необхідним є генерування та впровадження прогресивних рішень при проектуванні рухомого складу ХХІ сторіччя.

На сьогодні питання оновлення вантажного рухомого складу залишається вкрай важким, а потенціал України з продажу вантажних вагонів нереалізованим. Причини, що заважають отриманню позитивного економічного результату, такі [1-3]: нереалізовані можливості зі зниження тари вантажних вагонів та з підвищення вантажопідйомності; необґрунтована вартість матеріалів та комплектуючих у конструкціях вантажних вагонів, що

використовуються; недостатньо ефективні схеми використання вантажного парку.

Одним з перспективних напрямків конструктивного вирішення цих проблем може стати впровадження попередньо напружених і/або деформованих складових в конструкції вантажних вагонів.

Метою доповіді є представлення особливостей та результатів наукового обґрунтування з впровадження попередньо напружених і/або деформованих складових в конструкції вантажних вагонів відповідно до можливих випадків навантажень на етапах життєвого циклу.

Основним завданням дослідження є систематизація потенціалу щодо впровадження попередньо напруженого і/або деформованого стану в вагонні складові з урахуванням конструктивних та експлуатаційних особливостей. Проте для його вирішення необхідно виконати ряд інших додаткових завдань, або підзавдань. Вирішення кожного з них являє наукову цінність.

Необхідно було зрозуміти: як створювати попередні напруження; як їх конструктивно виконати; які сили можливо компенсувати. З цією метою була виконана

класифікація способів створення попереднього напруження [4], розроблені схеми прикладення навантажень до вагонних конструкцій у різних розрахункових випадках життєвого циклу (мультирежим-

ний підхід) та потенційних складових для впровадження попередньо напружених і/або деформованих складових в несучі системи вантажних вагонів. Описане вище зручно подати в графічному вигляді (рис. 1).



Рис. 1. Графічний вигляд взаємозв'язку між складовими

Для виконання третього підзавдання необхідно було побудувати допоміжний графік структурування можливостей створення компенсаційних сил способами попередньо напруженого і/або деформованого стану вагонних конструкцій та узагальнююче структурно-логічне поле визначення компенсаційної спрямованості впровадження попередньо напруженого і/або деформованого стану в вагонні конструкції в залежності від розрахункових випадків в життєвому циклі.

Більш поглиблено авторами було проведено аналіз ефективності впровадження попередньо напружених і/або деформованих станів для вагона-цистерни, зокрема до рами. Так, були проведені комплексні дослідження напружено-деформованого стану рами вагона-цистерни в АРМ FEM для КОМПАС-3D V16 (рис. 2). При цьому моделювались різні експлуатаційні випадки роботи рами, і відповідно схеми прикладення навантажень [5].

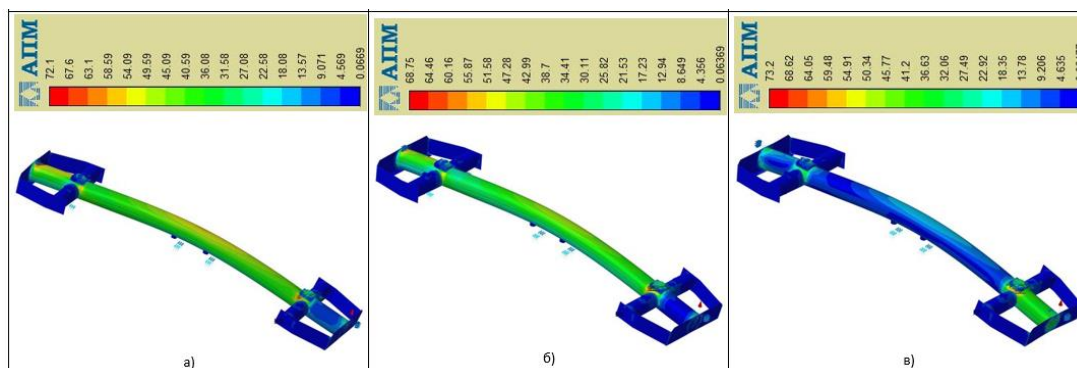


Рис. 2. Карта еквівалентних напружень за Мізесом:
 а – немає троса; б – натягнення троса 294 кН; в – натягнення троса 1274 кН

Запропоновані теоретичні положення впровадження попередньо напружених і/або деформованих складових в конструкції вантажних вагонів відповідно до можливих випадків навантажень на етапах життєвого циклу доцільно використовувати при вирішенні аналогічних науково-прикладних завдань для інших видів рухомого складу, а також об'єктів транспортного машинобудування.

Список використаних джерел

1. Fomin, O. V. Modern requirements to carrying systems of railway general-purpose gondola cars / O. V. Fomin // Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». – 2014. – No. 5. – P. 31-43.
2. Fomin, O.V. Increase of the freight wagons ideality degree and prognostication of their evolution stages / O.V. Fomin //

Scientific Bulletin of National Mining University. – 2015. – Issue 2. – P. 68-76.

3. Lovska, A. The study of dynamic load on a wagon-platform at a shunting collision / A. A. Lovska, A. Rybin // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – № 3 – P. 4-8.

4. Stetsko, A. A. Development of classification for bearing system prestressed structures (Розроблення класифікації попередньо напружених конструкцій несучих систем) / A. A. Stetsko // Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2017, – No. 1 – P. 40-45.

5. Fomin, O.V. Development and application of cataloging in structural design of freight car building / O.V. Fomin, O.V. Burlutsky, Yu.V. Fomina // Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». – 2015. – No. 2. – P. 250-256.

УДК 629.4.027: 621.892.5

С. В. Перешивайлов

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПЛАСТИЧНОГО МАСТИЛА ЗУМ У БУКСОВИХ ВУЗЛАХ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

S. Pereshyvajlov

FEATURES OF GREASE ZUM IN AXLE BOXES WAGONS

Буксовий вузол є одним з наймасовіших конструкційних елементів рухомого складу, до складу якого входять підшипники кочення [5]. Практично в усіх механізмах необхідно використання змащення. Останнє відіграє значну роль в підвищенні надійності будь-якого механізму. Зіставляючи важкі умови роботи підшипників буксових вузлів вантажних вагонів та необхідність розділення контактних поверхонь елементів підшипника, бачимо, що проблема застосування правильно обраного пластичного мастила є актуальною для

залізничного транспорту в цілому. Аналіз світового досвіду конструювання та експлуатації буксових вузлів із підшипниками кочення свідчить, що одним із шляхів підвищення надійності роликів букс може стати використання більш досконалих мастильних матеріалів [1, 4]. До таких найбільш прогресивних сучасних мастильних матеріалів відноситься комплексне літєве мастило ЗУМ, яке значно підвищує довговічність підшипників букс вантажного вагона [2, 3].

У 1940 р. вперше в підшипниках букс вагонів почали застосовувати натрієво-

кальцієве мастило 1-13. В експлуатації спостерігалось підвищене окислення цього мастила. В 1959 р., доопрацювавши мастило 1-13 додаванням антиокислювальної присадки (технічний дифеніламін), почали використання мастила 1-ЛЗ. Картина підвищеного окислення змінилася на краще, підвищивши довговічність підшипників букс. Але почалася масова поява надирів типу «ялинка» на торцях роликів і бортах кілець підшипників. Появі такого дефекту передують процес сухого тертя, що виникає при розриві змащувальної плівки [5]. Цю проблему вирішили додаванням у мастило 1-ЛЗ протизадірної присадки ДФ-11 (діалкілдітіофосфат цинку). Отримали мастило ЛЗ-ЦНИИ і в 1973 р. почали повсякденне застосування мастила ЛЗ-ЦНИИ. Підвищений нагрів підшипників букс завжди був головною проблемою відмов вантажних вагонів за технічних станом, починаючи з моменту застосування в них підшипників кочення. Цю проблему намагалися вирішити оптимізацією властивостей мастила ЛЗ-ЦНИИ, але багаторічні дослідження та модифікації мастила ЛЗ-ЦНИИ показали, що можливості збільшення строку експлуатації без заміни натрієво-кальцієвих мастил обмежені їх природою. Мастило ЗУМ почали застосовувати при монтажі підшипників букс вантажного вагона з 2013 р. При цьому в вагонних депо дозволялося використовувати мастило ЛЗ-ЦНИИ зі старих запасів. Слід відмітити, що працівники монтажних відділень депо звикли та мали неабиякий досвід роботи з мастилом ЛЗ-ЦНИИ. Виникли необгрунтовані думки, що підшипники букс з мастилом ЗУМ нагріваються більше, ніж підшипники букс з мастилом ЛЗ-ЦНИИ. Мастило ЗУМ в порівнянні з мастилом ЛЗ-ЦНИИ має більшу в'язкість у 4,2 рази. Отже, нормальна робоча температура підшипників букс з мастилом ЗУМ вище. Це доведено стендовими випробуваннями на кафедрі вагонів

УкрДУЗТ при дослідженні температурних режимів роботи підшипників букс вагонів. Незалежно від типу мастила існує період припрацювання деталей підшипника та закладеного мастила після монтажу букси (технологічний/ходовий нагрів). Учасники НДР [1] протягом липня 2015 р. - травня 2016 р. були присутні на 32 розслідуваннях причин нагріву підшипників букс з мастилом ЗУМ. Також проаналізована інформація 418 «Планів розслідування причини нагріву...» за період 2010-2015 рр. Аналіз показав, що кількість нагрівів підшипників букс з мастилом ЗУМ в 5,97 разу менше, ніж з мастилом ЛЗ-ЦНИИ. Половина причин нагрівів підшипників букс з мастилом ЗУМ була наслідком недотримання вимог керівних нормативно-технічних документів щодо візків моделі 18-100 та букс вантажних вагонів. Зокрема, слід відмітити один випадок з 32, пов'язаний з видавлюванням мастила із зон контакту заднього підшипника, що свідчить про нерівномірність розподілення навантаження між рядами підшипників (за нормальних умов задній підшипник сприймає 68 % навантаження) і про недосконалість конструкції опорної поверхні бокової рами візка моделі 18-100. Знос опорної поверхні бокової рами візка моделі 18-100 та знос опорної частини корпусу букси призводять до погіршення розподілення навантаження між рядами підшипників – задній підшипник сприймає майже все навантаження, прикладене до корпусу букси. Звідси ефект видавлювання мастила із зон контакту заднього підшипника. При цьому спостерігається накопичення основної маси мастила ЗУМ в передній частині букси та видавлювання мастила через лабіринтну частину. Можливий, навіть, викид мастила (особливо в початковий період роботи букси після останньої повної ревізії) на диск, обід, маточину колеса. Букси з мастилом ЗУМ активно нагріваються у перші 2-3 місяці експлуатації. Далі інтенсивність нагрівів суттєво

зменшується. Це саме і свідчить про те, що припрацювання відбулося і далі починається період нормальної роботи. Перетікання мастила ЗУМ в буксовому вузлі виникає через недосконалість конструкції опорної поверхні бокової рами візка моделі 18-100 та корпусу букси. Задній підшипник сприймає більше 50 % навантаження, що прикладається до корпусу букси. Навантаження на задній підшипник збільшується при зносі опорної поверхні бокової рами, при недотриманні значень радіальних зазорів підшипника та при порушенні різниці радіальних зазорів заднього та переднього підшипників.

Отже, провівши адаптацію конструкції візка та пластичного мастила ЗУМ буксових вузлів вантажних вагонів, можливо у разі підвищити їх надійність, заощадити на утриманні вантажного вагонного парку та знизити ризики появи аварійного стану.

Кількість необґрунтованих відчеплень вантажних вагонів через нагрів підшипників букс з мастилом ЗУМ можна зменшити переналаштуванням приладів дистанційного контролю за нагрівом букс або зміною прописаних у нормативно-технічних документах дій працівників вагонного господарства.

Список використаних джерел

1. Дослідження технічного стану циліндричних підшипників букс вантажних вагонів, в яких використовується мастило ЗУМ, після нагріву в експлуатації. Встановлення причин можливого надмірного нагріву та розробка рекомендацій щодо подальшої експлуатації [Текст] : звіт про НДР (заключ.) : 06-0715 (10/1) [Укр. держ. універ. залізнич.

трансп.]; кер. Мартинов І. Е.; викон.: Каграманян А. О., Труфанова А. В., Перешивайлов С. В., Шовкун В. О., Калмиков О. С., Аулова Н. С.; № ДР 0116U005700; Інв. № 0717U001084. – Харків, 2016. – 97 с.

2. Мартинов, І. Е. Аналіз експлуатаційних властивостей та складу пластичних мастил буксових вузлів вагонів [Текст] / І. Е. Мартинов, С. В. Перешивайлов, В. О. Шовкун // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – Вип. 149. – С. 94-101.

3. Мартинов, І. Е. До питання підвищення довговічності циліндричних буксових підшипників [Текст] / І. Е. Мартинов, А. В. Труфанова, С. В. Перешивайлов // Проблеми механіки залізничного транспорту: Безпека руху, динаміка, міцність рухомого складу та енергозбереження: тези доповідей XIV Міжнародної конференції / Дніпропетровський нац. універ. зал. трансп. ім. академіка В. Лазаряна, Інститут техн. механіки НАН України і Держ. косміч. агентства України. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2016. – С. 77-78.

4. Фомін, О. В. Підвищення ступеня ідеальності вантажних вагонів та прогнозування стадій їх еволюції [Текст] / О. В. Фомін // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ: НГУ, 2015. – № 3. – С. 68-76.

5. Цюренко, В. Н. Опыт эксплуатации вагонов с буксовыми узлами на подшипниках качения [Текст] / В. Н. Цюренко // Пути совершенствования конструкций буксовых узлов вагонов с подшипниками качения: труды ВНИИЖТ. – М.: Транспорт, 1982. - Вып. 654. – С. 4-26.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФАКТОРА ПУЛЬСАЦІЙ НА ДИНАМІЧНІ ПРОЦЕСИ
В СИСТЕМІ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ
ГАЛЬМУВАННЯМ

V. Nerubatskyi

RESEARCH INFLUENCE OF THE FACTOR PULSATIONS AT DYNAMIC PROCESSES
OF SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL BY ELECTRIC BRAKING

У відомих роботах аналіз динамічних характеристик виконано при поданні перетворювача у вигляді безперервної ланки. Урахування дискретності перетворювача дає змогу отримати граничну швидкодію в системі з урахуванням впливу на перехідні процеси пульсаційної складової, що міститься в регульованій координаті системи. Цей підхід покладено в основу дослідження динамічних процесів у системі автоматичного керування електричним гальмуванням.

Вихідна напруга керованого випрямляча або перетворювача постійної напруги у своєму складі має пульсаційну складову [1]. При включенні таких перетворювачів електричної енергії до

складу замкнутої системи автоматичного регулювання пульсаційна складова по колу зворотного зв'язку потрапляє на вхід системи керування перетворювачем. Це викликає в перетворювачі зміни коефіцієнта передачі. Ці динамічні зміни прийнято враховувати фактором пульсацій [2]. Одержання виразу для фактора пульсацій пов'язано з одержанням лівостороннього значення похідної приведеної неперервної частини системи регулювання відносно моментів переключення в перетворювачі.

Для визначення фактору пульсацій у режимі неперервного струму в колі навантаження перетворювача розглянемо наведену на рисунку структурну схему.

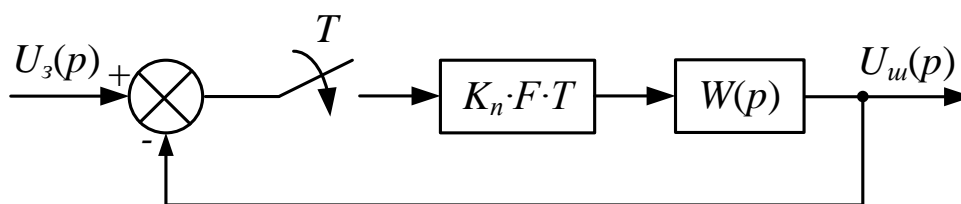


Рис. Узагальнена структурна схема системи автоматичного регулювання струму

На структурній схемі зроблено такі позначення: K_n – статичний коефіцієнт передачі перетворювача; F – фактор пульсацій; T – період дискретності перетворювача; $W(p)$ – передавальна функція неперервної частини. Передавальна

функція приведеної неперервної частини системи автоматичного регулювання струму тягового двигуна в режимі електричного гальмування, яка відповідає умовам процесу кінцевої тривалості, має вигляд [3]

$$W(p) = K_n \cdot K_0 \cdot \left[\frac{K_1}{T_3 \cdot p + 1} + K_2 \cdot \frac{T_2 \cdot p + 1}{T_1 \cdot p \cdot (T_H \cdot p + 1) \cdot (T_3 \cdot p + 1)} \right], \quad (1)$$

де K_n – статичний коефіцієнт передачі перетворювача; K_0 , K_1 , K_2 – статичні коефіцієнти передачі динамічних ланок системи автоматичного регулювання.

Відомо, що передавальну функцію приведеної неперервної частини системи на основі теореми розкладання можна подати у вигляді суми n -аперіодичних ланок зі сталими часу T_i та коефіцієнтами передачі K_i

$$W(p) = \sum_{i=1}^n \frac{K_i}{T_i \cdot p + 1}. \quad (2)$$

У системах електричного гальмування для регулювання струму збудження тягового двигуна застосовують тиристорний випрямляч або широтно-імпульсний перетворювач [4]. Для перетворення передавальної функції приведеної неперервної частини (1) до виду (2) виконаємо розкладання її другого доданка на елементарні аперіодичні ланки. У результаті виконаних перетворень одержимо:

$$W(p) = K_n \cdot K_0 \cdot \left\{ \frac{K_1}{T_3 \cdot p + 1} + \frac{K_2}{T_1 \cdot (T_H - T_2)} \times \left[\frac{T_H \cdot (T_2 - T_H)}{T_H \cdot p + 1} + \frac{T_3 \cdot (T_3 - T_2)}{T_3 \cdot p + 1} \right] + \frac{K_2}{T_1 \cdot p} \right\}. \quad (3)$$

Одержаний вираз дає можливість отримати вирази для фактора пульсацій системи автоматичного регулювання електричним гальмуванням при живленні обмотки збудження тягового двигуна від

тиристорного випрямляча або широтно-імпульсного перетворювача. Так, для системи з тиристорним випрямлячем фактор пульсацій визначається виразом

$$F^{-1} = 1 + K_n \cdot K_0 \cdot \left\{ \frac{K_1 \cdot T}{2 \cdot T_3} + \frac{K_2 \cdot T}{T_1} \cdot \frac{K_2}{T_1 \cdot (T_H - T_2)} \times \left[T \cdot (T_3 - T_H) + T_H \cdot (T_2 - T_H) \cdot \frac{\omega_0 \cdot T_H \cdot \text{ctg} \alpha_0 - 1}{1 + \omega_0^2 \cdot T_H^2} \cdot \left(\frac{T}{2 \cdot T_H} \cdot \text{cth} \frac{T}{2 \cdot T_H} - \frac{\pi}{m} \cdot \text{ctg} \frac{\pi}{m} \right) \right] + \left[\frac{K_2 \cdot T_3 \cdot (T_3 - T_2) + K_1 \cdot T_1 \cdot (T_H - T_2)}{T_1 \cdot (T_H - T_2)} \right] \cdot \frac{\omega_0 \cdot T_3 \cdot \text{ctg} \alpha_0 - 1}{1 + \omega_0^2 \cdot T_3^2} \times \left(\frac{T}{2 \cdot T_3} \cdot \text{cth} \frac{T}{2 \cdot T_3} - \frac{\pi}{m} \cdot \text{ctg} \frac{\pi}{m} \right) + \frac{\text{ctg} \alpha_0}{\omega_0 \cdot T_1} \cdot \left(1 - \frac{\pi}{m} \cdot \text{ctg} \frac{\pi}{m} \right) \right\}. \quad (4)$$

Аналіз виразу (4) показує, що на фактор пульсацій, окрім кута керування α_0 , впливають зміни коефіцієнта підсилення, який є складовою частиною K_2 тягового двигуна в генераторному

режимі під час електричного гальмування. Фактор пульсацій системи автоматичного регулювання з широтно-імпульсним перетворювачем визначається таким чином:

$$F^{-1} = 1 + K_n \cdot K_0 \cdot \left[\frac{K_1 \cdot T}{T_3} \cdot \frac{e^{-\gamma \cdot \frac{T}{T_3}} - e^{-\frac{T}{T_3}}}{1 - e^{-\frac{T}{T_3}}} + \frac{K_2 \cdot T}{T_1} \cdot (1 - \gamma) + \frac{K_2 \cdot T \cdot (T_2 - T_H)}{T_1 \cdot (T_H - T_2)} \times \right. \\ \left. \times \frac{e^{-\gamma \cdot \frac{T}{T_H}} - e^{-\frac{T}{T_H}}}{1 - e^{-\frac{T}{T_H}}} + \frac{K_2 \cdot T \cdot (T_3 - T_2)}{T_1 \cdot (T_H - T_2)} \cdot \frac{e^{-\gamma \cdot \frac{T}{T_3}} - e^{-\frac{T}{T_3}}}{1 - e^{-\frac{T}{T_3}}} \right]. \quad (5)$$

Одержані аналітичні залежності для фактору пульсацій дають змогу аналізувати вплив його змін на якість електричного гальмування. Показано, що в системі з тиристорним випрямлячем вплив змін режимів електричного гальмування на динамічні процеси є меншим, ніж у системі з широтно-імпульсним перетворювачем.

Список використаних джерел

1. Булгаков, А. А. Основы динамики управляемых вентильных систем [Текст] / А. А. Булгаков. – М.: Издательство Академии наук СССР, 1963. – 220 с.

2. Bjaresten, N.A. The Statik Converter as a High-Speed Power Amplifier [Text] / N.A. Bjaresten // Direct Current. – 1963. – Vol. 6. – P. 154-165.

3. Щербак, Я. В. Динамічні характеристики системи автоматичного регулювання струму в режимі електричного гальмування [Текст] / Я.В. Щербак, В.П. Нерубацький // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2013. – №1. – С. 58-63.

4. Щербак, Я. В. Динамічні характеристики випрямляча з широтно-імпульсною модуляцією [Текст] / Я.В. Щербак, Е.Я. Івакіна // Технічна електродинаміка. – 2013. – №3. – С. 47-51.

УДК 621.314.25

К. В. Ягуп

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ НЕСИМЕТРИЧНОЇ ТРИФАЗНОЇ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ АКТИВНОГО ФІЛЬТРА І МОДИФІКОВАНОГО АЛГОРИТМУ УПРАВЛІННЯ

Е. Ягуп

OPTIMIZATION OF MODE OF UNBALANCED THREE-PHASE SYSTEM USING ACTIVE FILTER AND MODIFY CONTROL ALGORITHM

Несиметричний режим роботи систем електропостачання поширений у системах залізничного транспорту, де переважає

навантаження однієї із фаз. Це викликає такі негативні наслідки, як виникнення реактивної потужності, збільшення

амплітуд мережевих струмів, що у свою чергу призводить до втрат в електричній мережі, і так само скорочення терміну служби обладнання, підключеного до таких мереж. Тому проблема симетрування струмів і компенсація реактивної потужності в мережах з нерівномірним навантаженням фаз є актуальною. Останнім часом широко застосовуються силові активні фільтри, що являють собою мостові інвертори [1, 2]. Управління такими фільтрами виконується широтно-імпульсною модуляцією, реалізація якої здійснюється за допомогою досить складних систем управління, наприклад основаних на теорії миттєвої потужності з перетворенням сигналів трифазної системи в двофазну [1, 2]. Для управління активним фільтром у [3, 4] успішно використовувалися оптимізаційні алгоритми. У [4] оптимізація здійснювалася за критерієм зрівнювання активних потужностей на стороні навантаження і на стороні джерел електричної енергії системи

електропостачання. При цьому початкова напруга на накопичувальному конденсаторі задавалася рівною нулю, що призводило до зростання амплітуд мережевих струмів протягом перехідного процесу. Слід зазначити, що в [4] зроблено застереження, що виконання оптимізації можна так само виконувати за критерієм встановлення напруги на накопичувальному конденсаторі активного фільтра. Тому актуальним завданням є розробка методу оптимізації режиму несиметричної трифазної мережі з використанням активного фільтра на візуальній моделі

На рис. 1 зображена візуальна модель системи електропостачання з активним фільтром, підключеним паралельно навантаженню. Силовий активний фільтр являє собою інвертор, виконаний на IGBT-транзисторах з накопичувальним конденсатором. Сформовані сигнали надходять у силову частину схеми через спеціальні дроселі.

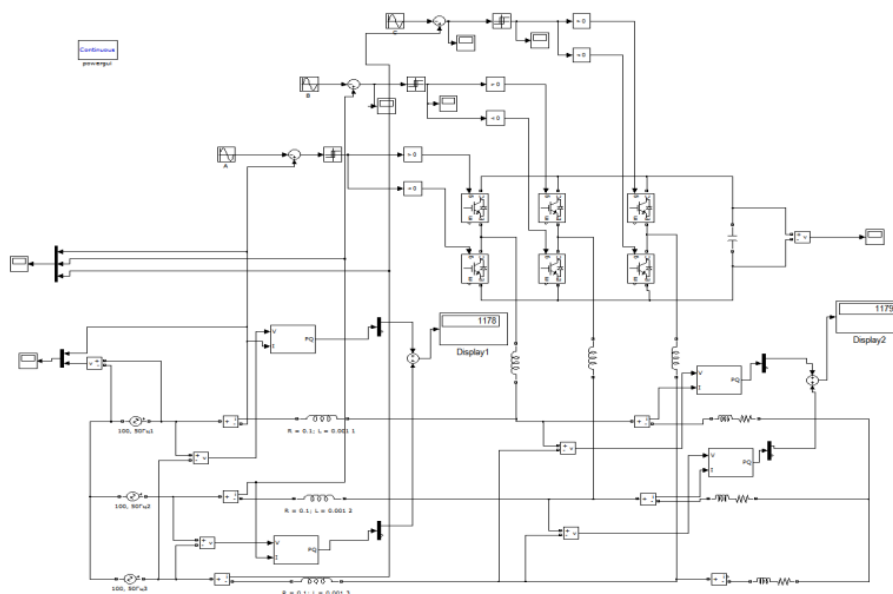


Рис. 1. Візуальна модель системи електропостачання з активним фільтром

Управління ключами інвертора здійснюється широтно-імпульсною модуляцією з гістерезисною модуляцією. Ознакою входу в оптимальний режим є встановлення напруги на

накопичувальному конденсаторі фільтра. При виконанні пошукової оптимізації параметрами оптимізації задамо амплітуду сигналу генератора еталонного струму (ця величина однакова для всіх трьох

генераторів фаз) і початкову напругу на накопичувальному конденсаторі. Слід зазначити, що при нульовій початковій напрузі конденсатора в системі відбувається перехідний процес, у якому амплітуди мережевих струмів перевищують стале значення в 2,5 разу [4]. Тому визначення початкового значення напруги конденсатора сприяє поліпшенню якості електричної енергії в мережі. При формуванні цільової функції виникає проблема виміру напруги на конденсаторі, так як ця величина не є постійною, а змінюється за періодичним законом. Тому доцільно виконувати вимірювання напруги в кінці кожного періоду коливання, і з отриманих значень сформувати цільову функцію. Має сенс значення напруг при комп'ютерному обчисленні записувати у вектор, а цільову функцію обчислювати за формулою

$$N = \sqrt{(V_{C2} - V_{C3})^2 + (V_{C3} - V_{C4})^2}, \quad (1)$$

де V_{C2}, V_{C3}, V_{C4} – напруги на конденсаторі в кінці 1, 2 і 3-го періодів коливання.

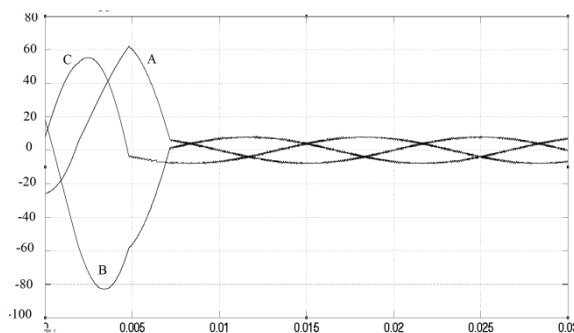


Рис. 2. Діаграми мережевих струмів при $U_0 = 0$ В

Таким чином, було сформовано критерій цільової функції, в основу якого покладено модифікований алгоритм управління активним фільтром. Проведення комп'ютерного експерименту продемонструвало, що для симетрування струмів у мережі, зниження їх амплітуд і зведення реактивної потужності в мережі до нуля,

Після виконання оптимізації значення параметрів оптимізації прийняли такі значення: амплітуда еталонного синусоїдального сигналу $I = 7,7420$, початкова напруга на конденсаторі $U_{C0} = 205,2681$. Вимірювачі потужностей на стороні живлення мережі і на стороні навантаження показали зрівнювання активних потужностей. На рис. 2 наведено тимчасові діаграми мережевих струмів при початковій напрузі на накопичувальному конденсаторі, рівній 0. На рис. 3 показано тимчасові діаграми струмів після проведення оптимізації. Амплітуди струмів знизилися до 8 А у сталому режимі, в той час як у несиметричному режимі максимальна амплітуда становила 32 А. У перехідному режимі при заданні початкової напруги на накопичувальному конденсаторі, рівній 205,2681 В, максимальна величина амплітуди струму мережі знизилася зі значення -82 до -25 А. При цьому скоротилася тривалість перехідного процесу з 0,002 до 0,005 с.

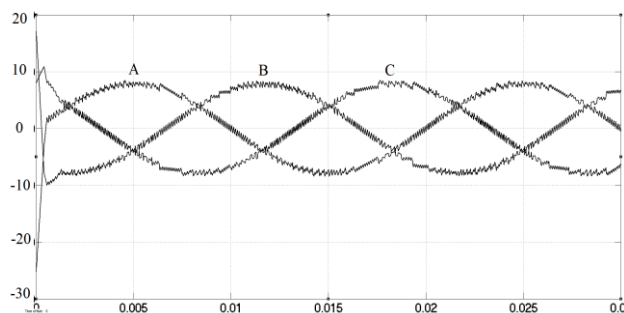


Рис. 3. Діаграми мережевих струмів при $U_0 = 205,2681$ В

досить стабілізувати напругу на накопичувальному конденсаторі фільтра. Задавання оптимального початкового значення напруги на конденсаторі сприяє зниженню тривалості перехідного процесу і зменшенню максимальних струмів у лінії електропередачі.

Список використаних джерел

1. Agrawal A. Comparison of Various Configurations of Hybrid Active Filter With Three Different Control Strategies [Text] / A. Agrawal // International Journal of Engineering Research & Technology. 2014. – V. 3. – Issue 5. – P. 1672-1678.

2. Rajashekar1 B. Cascaded H-Bridge Multilevel Inverter with a New Selective Harmonic Mitigation Technique to Meet Grid Codes Under Non-Equal Dc Link Voltages with Power Quality Enhancement [Text] / B.Rajashekar1, T.Praveen Kumar, R.Ramesh.

// IJRSET Vol. 3, Issue 9, September 2014. – P. 15857 – 15863.

3. Ягуп, В. Г. Модель активного фильтра для трехфазной электрической системы с несимметричной нагрузкой и управлением по оптимизационному алгоритму [Текст] / В.Г. Ягуп, Е.В. Ягуп // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2015. – Вип. 3(31). – С. 103-109.

4. Ягуп, Е. В. Моделирование системы электроснабжения с активным фильтром, управляемым по оптимизационному алгоритму [Текст] / Е.В. Ягуп // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2016. – Вып. 8(79), Т. 1. – С. 52-58.

УДК 621.311

О. Д. Супрун, О. С. Ушкалов

РОЗРОБКА РЕЗЕРВНОГО ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ

О. D. Suprun, O. S. Ushkalob

THE DEVELOPMENT OF A BACKUP POWER SUPPLY TRACTION SUBSTATION

Розвиток залізничного транспорту, зростання швидкостей руху обумовлюють безперервне вдосконалення пристроїв сигналізації, централізації і блокування (СЦБ) забезпечуючи безпеку перевізного процесу і збільшення пропускної і провізної спроможності залізниць. Пристрої СЦБ як споживачі електричної енергії першої категорії повинні отримувати живлення від двох взаємно резервованих джерел живлення [2]. У теперішній час на тягових підстанціях розпочато установлення ДГА потужністю 100 кВт у модульному виконанні, які за необхідності можуть забезпечувати живлення пристроїв СЦБ, а також власних потреб тягових підстанцій. На тягових підстанціях напруга на ВЛ СЦБ подається через підвищуючий трансформатор СЦБ від шин 0,4 кВ трансформатора власних потреб підстанції. Можливості

вдосконалення систем електропостачання власних потреб тягових підстанцій ще не вичерпані [1, 3].

Метою дослідження є впровадження на тягових підстанціях новітніх джерел безперебійного живлення ВЛ СЦБ на основі суміщених електричних машин. Запропонована установка (рисунок) дає змогу, на відміну від відомих, забезпечити якість напруги, яка потрібна на шинах живлення ВЛ СЦБ у динамічних режимах роботи електричної машини при коливаннях та відключеннях напруги мережного вводу, а також при різних аномальних явищах у тяговій мережі за рахунок відсутності гальванічного зв'язку між мережею та шинами живлення ВЛ СЦБ. Для зменшення часу перехідного процесу від режиму чергування до режиму резервного живлення наразі перебувають на стадії розроблення суміщені електричні

машини з використанням роторів зі збільшеними масо-габаритними показниками, які є за рахунок енергії, що запасена в них, стартерами для запуску дизеля. Наявність у магнітопроводі суміщеної електричної машини різнополюсних полів

потребує уточнення умов вибору електромагнітних навантажень, особливо в тій частині розрахунку, яка пов'язана з розподілом навантажень між обмотками, що працюють на різних частотах.

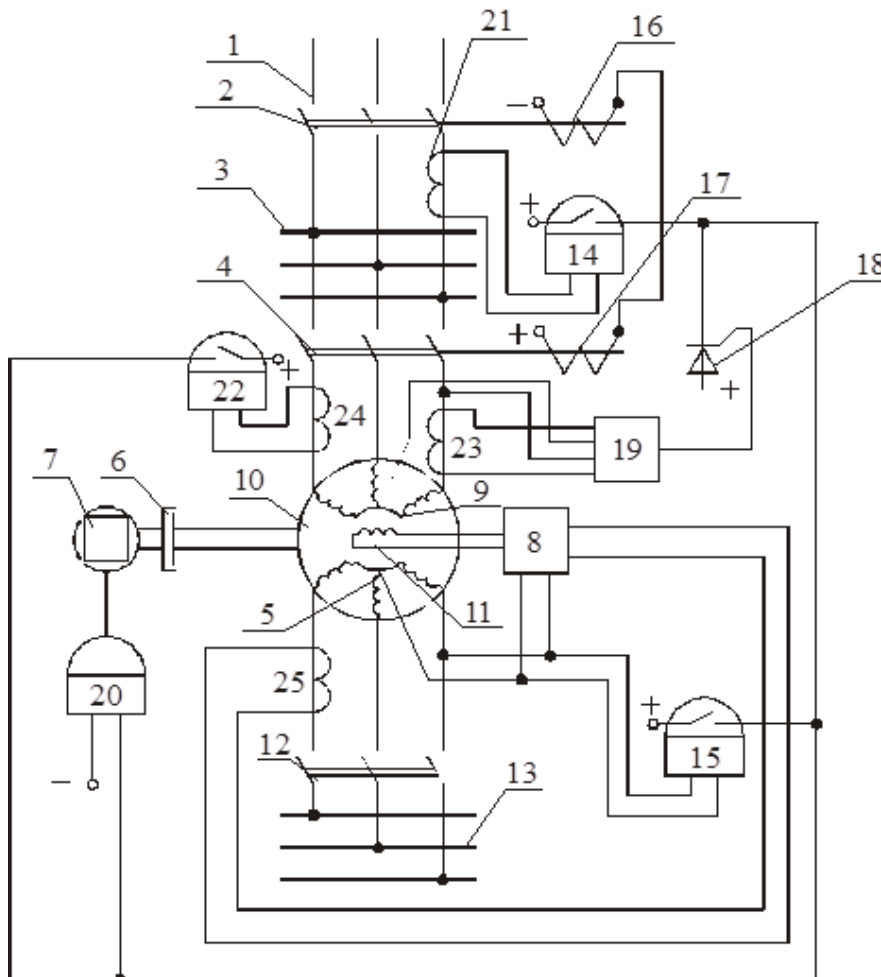


Рис. Структурна схема резервного джерела живлення ВЛ СЦБ

У запропонованій методиці по ходу розрахунку суміщеної електричної машини потрібно визначити її основні розміри при заданих значеннях активної потужності та частоти, необхідно уявити основні параметри суміщених електричних машин. До таких параметрів належать: струм I , напруга U , потужність P , кількість витків обмотки w , частота f , індуктивність обмотки L , активний опір R , магнітна

проникність матеріалу магнітопроводу μ , маса M , деякий характерний розмір D (діаметр D , довжина l , повітряний зазор δ), температура Θ , коефіцієнт тепловіддачі K_t , теплоємність C . Для встановлення зв'язків між основними параметрами використаємо елементи теорії розмірності. Як основні (незалежні) одиниці оберемо такі: I , f , μ , Θ , D . Тоді отримаємо таку систему рівнянь

$$\begin{cases} [I] = [I]^1 \cdot [T]^0 \cdot [M]^0 \cdot [\Theta]^0 \cdot [D]^0; \\ [f] = [I]^0 \cdot [T]^{-1} \cdot [M]^0 \cdot [\Theta]^0 \cdot [D]^0; \\ [\mu] = [I]^0 \cdot [T]^{-2} \cdot [M]^1 \cdot [\Theta]^0 \cdot [D]^0; \\ [\Theta] = [I]^0 \cdot [T]^0 \cdot [M]^0 \cdot [\Theta]^{-1} \cdot [D]^0; \\ [D] = [I]^0 \cdot [T]^0 \cdot [M]^0 \cdot [\Theta]^0 \cdot [D]^1. \end{cases} \quad (1)$$

Системі рівнянь (1) відповідає такий визначник

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = -1 \neq 0. \quad (2)$$

Установимо зв'язки параметрів суміщеної електричної машини з основними одиницями, тобто встановимо критерії подібності. Перший з них π_1 отримаємо таким чином

$$\pi_1 = \frac{[D]^2 \cdot [M]^1 \cdot [T]^{-3} \cdot [I]^2}{[I]^{\alpha_1} \cdot [T]^{-\beta_1} \cdot [T]^{-2\gamma_1} \cdot [M]^{\gamma_1} \cdot [\Theta]^{\xi_1} \cdot [D]^{\varphi_1}}. \quad (3)$$

При виводі другого критерію подібності π_2 використаємо таке співвідношення

$$\pi_2 = \frac{[D]^2 \cdot [M]^1 \cdot [T]^{-3} \cdot [I]}{[I]^{\alpha_2} \cdot [T]^{-\beta_2} \cdot [T]^{-2\gamma_2} \cdot [M]^{\gamma_2} \cdot [\Theta]^{\xi_2} \cdot [D]^{\varphi_2}}. \quad (4)$$

Третій критерій π_3 визначимо таким чином

$$\pi_3 = \frac{[L]}{[I]^{\alpha_3} \cdot [f]^{\beta_3} \cdot [\mu]^{\gamma_3} \cdot [\Theta]^{\xi_3} \cdot [D]^{\varphi_3}} = \frac{L \cdot I^2}{\mu \cdot D^2}. \quad (5)$$

Для четвертого π_4 , п'ятого π_5 , шостого π_6 критеріїв отримаємо

$$\pi_4 = \frac{[R]}{[I]^{\alpha_4} \cdot [f]^{\beta_4} \cdot [\mu]^{\gamma_4} \cdot [\Theta]^{\xi_4} \cdot [D]^{\varphi_4}} = \frac{R \cdot I^2}{f \cdot \mu \cdot D^2}; \quad (6)$$

$$\pi_5 = \frac{[K_T]}{[I]^{\alpha_5} \cdot [f]^{\beta_5} \cdot [\mu]^{\gamma_5} \cdot [\Theta]^{\xi_5} \cdot [D]^{\varphi_5}} = \frac{K_T \cdot \Theta}{f \cdot \mu}; \quad (7)$$

$$\pi_6 = \frac{[C]}{[I]^{\alpha_6} \cdot [f]^{\beta_6} \cdot [\mu]^{\gamma_6} \cdot [\Theta]^{\xi_6} \cdot [D]^{\varphi_6}} = \frac{C \cdot \Theta}{f^2 \cdot D^2}. \quad (8)$$

Знайдені критерії в розробленій методиці дають змогу здійснити вибір електромагнітних навантажень запропонованої суміщеної електричної машини.

Список використаних джерел

1. Долдин, В. М. Электроснабжение не-тяговых потребителей железнодорожного транспорта. Устройство, обслуживание, ремонт [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. М. Долдин. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2010. – 304 с. – Режим доступа: <http://lokomotivref.ru/p0040.htm>.

2. The DTT device: Power supplies and electrical distribution system [Text] / A. Lampasi [et al.] // Fusion Engineering and Design. – 2017, January.

3. Offset-Free Model Predictive Control for Output Voltage Regulation of Three-Phase Inverter for Uninterruptible Power Supply Applications [Text] / Seok-Kyoon Kim, Chang Reung Park, Young Il Lee // IFAC Proceedings Volumes. – 2014. – Vol. 47. – P. 11129-11134.

4. Integrated modelling of variable renewable energy-based power supply in Europe [Text] / H. C. Gils [et al.] // Energy. – 2017, January. – Vol. 123. – P. 173-188.

УДК 629.4.014

М. М. Одегов

АНАЛІЗ ВПЛИВУ РЕМОНТНИХ ДОПУСКІВ ТА ЇХ СУКУПНОСТЕЙ НА ВИТРАТИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ У ПРИВОДАХ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ПРИМІСЬКОГО СПОЛУЧЕННЯ

М. М. Odegov

ANALYSIS OF THE IMPACT OF TOLERANCES AND REPAIR THEIR POPULATIONS TO ELECTRIC POWER CONSUMPTION IN THE ELECTRIC VEHICLE DRIVES DC COMMUTER

Основні напрямки підвищення ефективності експлуатації електропоїздів приміського сполучення постійного струму є зменшення витрат електричної енергії [1]. Значний внесок у дослідження впливу факторів на втрати електричної енергії зроблено І. П. Ісаєвим, який визначив два напрями визначення впливу факторів відхилення тягових електродвигунів електровозів від номінальних значень. Перший стверджує, що необхідно досліджувати велику партію двигунів. Цей напрям не зовсім відповідає створенню тягової моделі рухомого складу, тому обрано методику досліджень впливовості допусків, що найбільше впливають на

відхилення магнітного потоку від номінального значення. Для кількісного оцінювання впливу допусків визначаємо значення часткових коефіцієнтів магнітних опорів тягових двигунів 1ДТ.003 від номінального режиму (табл. 1).

Отриманий результат перерахунку ТЕД дає змогу зробити висновок, що вплив допусків на виготовлення остова, якоря та полюсів є незначним у порівнянні з впливом допусків на геометричні розміри зібців якоря та повітряного зазора. Цей перерахунок підтверджує висновки [1], зроблені для електровозів, тобто у двигунах меншої потужності зберігає порядок впливовості.

Таблиця 1

Часткове співвідношення магнітних опорів ТЕД

№ п/п	Назва ділянки магнітної системи тягового двигуна	Тип двигуна 1ДТ.003
1	Остов	0,0543
2	Якір	0,0086
3	Зубці	0,3515
4	Зазор	0,5323
5	Полюс	0,0531

Тому є необхідність перерахувати ТЕД з метою визначення кривої намагнічування для різних величин зазорів під головними полюсами, так як зубцева зона якоря штампується з великою точністю та має обмежений простір при виконанні намотування обмотки не суттєво

змінить вплив на магнітний потік. Зміна зазора у бік збільшення може створити умови для форсування пуску, що позитивно впливає при імпульсному керуванні [2]. Розрахункові величини МРС наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Розрахункові величини МРС

Параметр	Зазор 4.2 мм	Зазор 5 мм	Зазор 5.8 мм
МРС в зазорі, А	4221.260	4924.962	5619.903
МРС в зоні зубців, А	2872.403	2873.930	2875.020
МРС у якорі, А	132.938	132.951	132.961
МРС у полюсі, А	1178.348	1170.916	1163.273
МРС у станині, А	963.590	963.933	964.177
Сумарне МРС, А	10048.063	10746.260	11434.934
Розмагнічувальна реакція якоря, А	741.584	694.134	647.125
Потік номінального режиму, Вб	0,0546450547	0,0546486082	0,0546511449

Дані, отримані при розрахунках, визначають співвідношення змін величин МРС при зміні зазора. Зміна зазора на 16 % від розрахункового значення приводить до зміни МРС у зазорі на 14,27 %, зміни реакції якоря на 6,8 % при загальній зміні величини сумарної МРС на 6,4 %. Величина потоку при цьому змінюється незначно приблизно 0,05 %, однак зміна МРС приводить до зміни швидкісних та тягових характеристик ТЕД. На рисунку подано результати розрахунків кривої намагнічування за результатами перерахунків ТЕД 1ДТ 003.8.

Цей розрахунок підтверджує необхідність урахування впливу величини зазора між якорем та головним полюсом ТЕД під час виконання уточнених тягових розрахунків з використанням кривої намагнічування (рисунок). Електричний опір якоря та полюсів для КР-2 - $\pm 8\%$, КР-1 - $\pm 9\%$ для ПР - $\pm 10\%$ допускається згідно з правилами ремонту електричних машин електровозів та електропоїздів. Допуски у свою чергу вплинуть на процес розгону ЕРС та нагрівання обладнання, що змінить плинний коефіцієнта корисної дії двигуна.

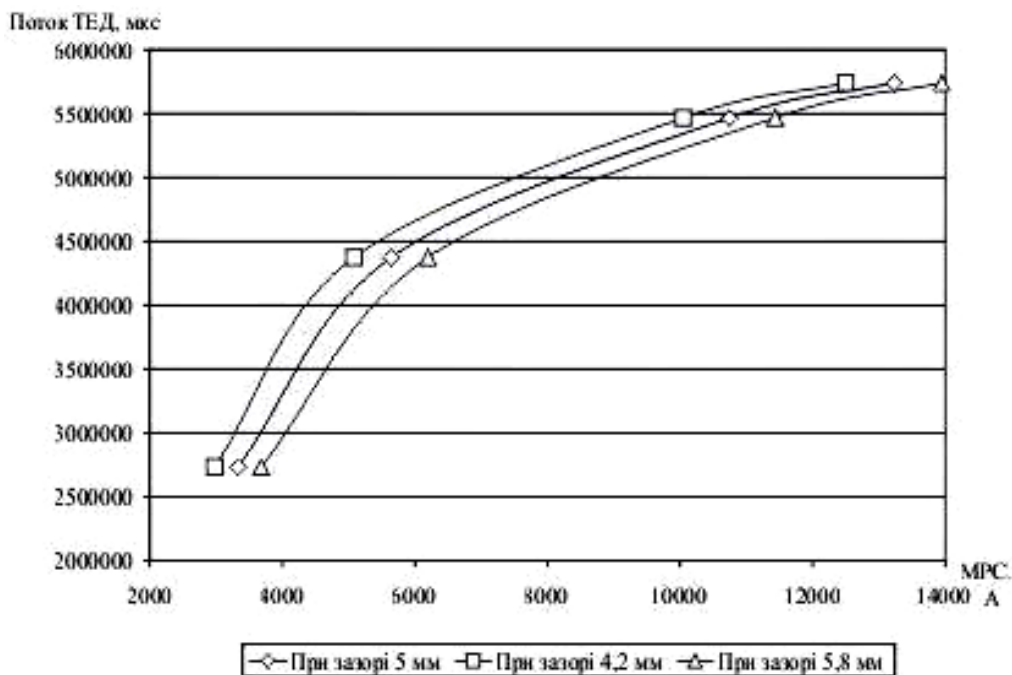


Рис. Результати розрахунків кривих намагнічування при різних величинах зазорів

Список використаних джерел

1. Фаминский, Г. В. Экономия электроэнергии в электропоездах [Текст] / Г.В. Фаминский. – М.: Транспорт, 1970.
 2. Цукало, П. В. Эксплуатация электропоездов [Текст]: справочник / П.В. Цукало, Б.К. Просквилин. – М.: Транспорт, 1994. – 380 с.

3. Исследование электродвигателей электроподвижного состава [Текст]: сб. науч. трудов ВНИИЖТ / под ред. А.С. Курбасова. – М.: Транспорт, 1984. – 70 с.
 4. Мороз, В. Уточнення моделі двигуна постійного струму послідовного збудження [Текст] / В. Мороз, Л. Карплюк // Вісник держ. ун-ту «Львівська політехніка». – 1998. – Вип. 347. – С. 118-123.

УДК 621.315.21

О. І. Акімов, Ю. О. Акімова, Д. Л. Сушко

МЕТОД ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ПРИСТРОЇВ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИКИ

A. I. Akimov, U. O. Akimova, D. L. Sushko

METHOD FOR EVALUATING THE RELIABILITY OF RELAY PROTECTION AND AUTOMATION DEVICES

Проблеми підвищення надійності електропостачання відповідальних споживачів завжди були актуальними. При

їх вирішенні потрібно враховувати і такі елементи систем електропостачання (СЕП) залізниць, як релейний захист та

протиаварійну системну автоматику (РЗА) [1,2]. Пристрої РЗА, як елемент СЕП, забезпечують надійність електропостачання. Однак, як технічні пристрої, вони мають відмови в роботі. Це викликає необхідність кількісної оцінки їх власної надійності та урахування її при розрахунку надійності СЕП. Наявність специфічних особливостей у роботі РЗА виключає пряме використання відомих методів розрахунку надійності СЕП [3]. Потрібен подальший розвиток цих методів стосовно РЗА. Оскільки роботу РЗА можна розглядати, як послідовність n незалежних випробувань і вважати ймовірність появи коротких замикань (к.з.) в кожному випробуванні однаковою (дорівнює P), то для знаходження ймовірності події X , що полягає в спрацьовуванні РЗА у всіх n випробуваннях, можна використовувати схему Бернуллі:

$$P(X) = P^n. \quad (1)$$

З цього виразу видно, що значення ймовірності події X залежить від виду короткого замикання. Проводити розрахунок надійності РЗА під певний вид к.з. і оперувати декількома значеннями цієї надійності, очевидно, незручно і недоцільно. Більш доцільно здійснювати цей розрахунок по деякому умовному к.з. [4]. Це може бути виконано таким чином. Нехай X – випадкова подія, яка полягає в спрацьовуванні вимикача під дією релейного захисту. При цьому вважається, що подія X може відбутися разом з однією з гіпотез H_i , які утворюють повну групу подій:

- H_1 – трифазне к.з.;
 - H_2 – двофазне к.з. виду АВ;
 - H_3 – двофазне к.з. виду ВС;
 - H_4 – двофазне к.з. виду АС.
- Тоді X можна записати так:

$$X = XH_1 + XH_2 + XH_3 + XH_4. \quad (3)$$

Ймовірність $P(X)$ залежить від кількості коротких замикань, тобто від кількості пошкоджень елемента, що захищається, і, отже, не повною мірою характеризує надійність пристроїв РЗА. Для урахування всіх факторів, які впливають на надійність пристроїв РЗА, пропонується застосувати апарат двозначної алгебри логіки у сполученні з теорією релейно-контактних схем і математичними основами теорії надійності. Суть пропонованого методу розглянута на прикладі двофазного максимального струмового захисту, виконаного на вбудованих реле. Спрацьовування вимикача, що припиняє живлення споживачів, під дією реле фаз A і C розглядаються як випадкові події X_A і X_C відповідно. Тоді при короткому замиканні в зоні дії захисту ймовірність спрацьовування вимикача за теоремою додавання дорівнює

$$P(X) = P(X_A + X_C) = P(X_A) + P(X_C) - P(X_A \cdot X_C) \quad (2)$$

Ймовірність події X розраховується за формулами повної ймовірності як

$$P(X) = \sum_{i=1}^4 P(H_i) \cdot P(X / H_i). \quad (4)$$

Дано рекомендації з визначення повної ймовірності стосовно розглядуваної схеми з отриманням розрахункової ймовірності безвідмовної роботи захисту.

Беручи до уваги, що елементи захисту ввімкнені в логічну і функціональну схеми спрацьовування РЗА послідовно, можна прийняти потік їх відмов у вигляді найпростішого і розраховувати ймовірність спрацьовування захисту при замиканнях, що описані, за показниковим законом.

Запропонований метод для відносно простого захисту може бути покладено в основу розрахунку його надійності, оскільки він дає можливість достатньо просто скласти необхідні розрахункові

формули, врахувати в них усі ситуації, що виникають у системі і, отже, найбільш повно відобразити дійсний її стан.

Список використаних джерел

1. Авдуевский, В. С. Надежность и эффективность в технике [Текст]: Т. 1. Методология. Организация. Терминология / В.С. Авдуевский, И.В. Апполонов, Е.Ю. Барзилович и др.; под ред. А.И. Рембезы. – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.

2. Папков, Б. В. Надежность и эффективность электроснабжения [Текст] / Б.В. Папков, Д.Ю. Пашали. – Уфа: Уфим. гос. авиац. техн. ун-т, 2005. – 380 с.

3. Liamets Y. Informational analysis – new relay protection tool [Текст] / Y. Liamets, S. Ivanov, A. Podchivaline, G. Nudelman //Proc. 13th Int. Conf. Power system Protection, Slovenia, Bled, 2002. – P. 197-210.

4. Sawley R. Railway ase [Текст] / R. Sawley, R Reiff. - 1999. - №6.

УДК 621.396:656.259.12

І. Є. Флото, М. Г. Давиденко

ДЕЯКІ ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ СИСТЕМ, БАЗОВАНИХ НА РЕЙКОВИХ КОЛАХ

І. Ye. Floto, M. G. Davidenko

SOME WAYS TO RAISE A PROTECTION AGAINST INTERFERENCES IN A RAIL CIRCUITS-BASED SYSTEMS

Важливим елементом систем автоматичного блокування та автоматичної локомотивної сигналізації неперервного типу є рейкові кола. З огляду на поточну поширеність названих систем на вітчизняних залізницях і на певну віддаленість перспектив їх повної заміни має сенс витрата зусиль та коштів на їх модернізацію, зокрема – на підвищення їх завадостійкості. При фіксованому виді сигналу завадостійкість визначається перш за все інтенсивністю, кількістю і видами завад та способом обробки сигнально-завадової суміші на приймальному кінці. Цей вид сигналу, побудований на базі прямокутного імпульсу із синусоїдним заповненням, є усталеним протягом кількох десятиріч, що значною мірою обмежує можливості глибокої модернізації вказаних у вступі систем. Незважаючи на це, можна припустити наявність певних резервів підвищення їх завадостійкості. У роботі [1]

розглянуто склад і властивості електромагнітних завад, які впливають на роботу систем на базі рейкової лінії. У низці робіт [2-4] розвинено підхід до підвищення завадостійкості, який базується на радіотехнічних методах оптимального приймання сигналів. З огляду на багатоконпонентний склад реальних перешкод започатковано розробки в напрямі виділення інформаційного сигналу в умовах одночасної дії завад різного походження [4-7]. Метою цієї роботи є виявлення додаткових резервів підвищення завадостійкості систем, базованих на рейкових колах.

Розглянемо найпоширенішу на практиці ситуацію, коли необхідно виділити сигнал, який надходить на приймальний пристрій у сумі з кількома завадами різного походження. Зазвичай боротьбу із завадою кожного типу проводять окремо. Наприклад,

широкопasmову заваду послаблюють шляхом частотної фільтрації, а імпульсну – шляхом амплітудного обмеження (інколи вкупі із наступною вузькопasmовою фільтрацією). Такий розподіл антизавадових функцій в багатьох випадках дає прийнятні практичні результати, але не є глобально оптимальним з математичної точки зору. Для отримання потенціально найкращої завадозахищеності слід відфільтровувати інформаційний сигнал, водночас урахувавши всю сукупність діючих завад. Це суттєво ускладнить алгоритм обробки сигнально-завадової суміші, але можна очікувати, що застосування швидкісних сигнальних процесорів для реалізації таких алгоритмів дасть прийнятний з техніко-економічної точки зору результат. Необхідно також узяти до уваги непередбачувані і швидкозмінні склад і параметри перешкодового середовища. Якщо воно змінюється від одного сигнального імпульсу до наступного, то алгоритм завадостійкого приймання повинен бути таким, щоб прийняття рішення про вид інформаційного сигналу було максимально надійним за результатами спостережень на мінімально припустимому з точки зору безпеки руху відрізку часу. Такі можливості надає сукупне математичне оцінювання параметрів сигналу та параметрів перешкод, наприклад, за критерієм мінімуму середнього квадрата похибки. Зокрема отримані згідно з останнім критерієм алгоритми мають помірну математичну складність і тому є програмно й апаратно досить компактними.

Підвищення завадостійкості систем, базованих на використанні рейкових кіл, може бути досягнуте шляхом розроблення і впровадження алгоритмів і апаратури обробки, які гнучко реагують на зміну завадового середовища в часі, тобто методології адаптивного приймання.

Список використаних джерел

1. Ананьева, О. М. Виды и параметры помех, действующих в канале связи автоматической локомотивной сигнализации [Текст] / О.М. Ананьева, М.Г. Давиденко, М.М. Бабаев // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – Вип. 163. – С. 20-25.
2. Гончаров, К. В. Корреляционный путевой приемник тональных рельсовых цепей [Текст] / К.В. Гончаров // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. – Днепропетровск: ДНУЖТ, 2011. – Вып. 38. – С. 188-193.
3. Сотник, В. О. Аналіз кореляційних залежностей для синтезу приймача кодів АЛСН [Текст] / В.О. Сотник, М.М. Бабаєв, М.М. Чепцов // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2013. – Вип. 34. – С. 49-56.
4. Ананьева, О. М. Прием сигналов АЛСН в условиях действия двухкомпонентной помехи [Текст] / О.М. Ананьева, М.Г. Давиденко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2015. – № 5. – С. 52-56.
5. Ананьева, О. М. Синтез нелинейного приемника сигналов АЛСН в условиях действия аддитивной двухкомпонентной помехи [Текст] / О.М. Ананьева, М.Г. Давиденко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2015. – № 6. – С. 46-50.
6. Djukanovic, S. A Parametric Method for Multicomponent Interference Suppression in Noise Radars [Text] / S. Djukanovic, V. Popovic // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. – 2012. – Vol.48. – No.3. – P. 2730-2738.
7. Meidani, M. Introducing new algorithm for realizing an FIR filter with less hardware in order to estimate power line interference from the EEG signal [Text] / M. Meidani, B. Mashoufi // IET Signal Processing. – 2016. - Vol.10. - Issue 7. - P.709-716.

**ЗАСТОСУВАННЯ ВЕНТИЛЬНИХ РЕАКТИВНИХ ДВИГУНІВ МАЛОЇ
ПОТУЖНОСТІ В СТІЛОЧНИХ ПРИВОДАХ**

**USE OF LOW-POWER SWITCHED RELUCTANCE MOTORS IN ELECTRIC
SWITCH MECHANISM**

Вентильний реактивний двигун (ВРД) – це новий тип електричного двигуна, який широко використовується в регульованому електроприводі. Створенню цього типу електромеханічного перетворювача енергії сприяв розвиток силової електроніки [1]. У західній класифікації цей тип двигуна дістав назву – Switched Reluctance Motor (SRM), а привод на їх основі – Switched Reluctance Drive (SRD) [2]. Галузі використання ВРД стійко розширюються [3]. Подальший розвиток цього типу привода показав перспективність досліджень їх використання в стрілочних приводах. На зміну колекторним електродвигунам, які впродовж довгого часу використовувались у стрілочному приводі, прийшли безколекторні двигуни різних типів [4]. Необхідно визначитися з критеріями оцінки типів сучасних електромеханічних перетворювачів (ЕМП) з метою побудови імітаційної моделі системи керування виконавчими пристроями стрілочного електропривода.

До електродвигунів, які входять до складу сучасного електропривода, ставляться такі основні вимоги [5]:

- відсутність ковзних електричних контактів;
- добрі механічні і регульовальні характеристики, простота керування моментом і швидкістю;

- висока кратність пускового моменту, невелика механічна постійна часу, хороша динаміка;

- високі енергетичні показники;
- поліпшені умови тепловідведення;
- високі питомі показники по тривалому моменту, що розвивається, на одиницю маси двигуна.

Додаткові вимоги, які ставляться до стрілочних приводів, можна звести до нижченаведених [6].

Стрілочні електродвигуни мають бути універсальні по роду живлення. Блок управління повинен забезпечити певний діапазон напруги як постійного струму, так і однофазного й трифазного змінного струму. Повинні вирішуватися проблеми пускових струмів, струмів при роботі на фрикцію й обмеження максимального зусилля переводу. Елементна база стрілочного електропривода не повинна вимагати обслуговування й регулювання в процесі експлуатації. Наявність функції вбудованої діагностики і віддаленого контролю стану дає змогу перейти до обслуговування за станом і зниженням експлуатаційних витрат. Для дослідження та порівняння часових характеристик було розроблено імітаційну модель керування ЕМП стрілочного привода, що побудована на базі структурної схеми (рисунок). Як ЕМП розглядається асинхронний двигун, безконтактний керований двигун та вентильний реактивний двигун.

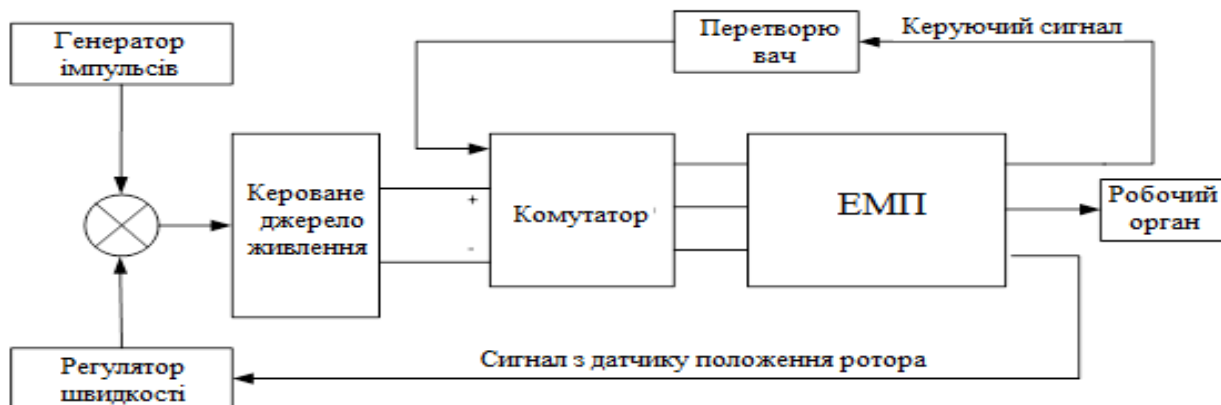


Рис. Структурна схема керування стрілочним електродвигуном

У схемі (рисунок) застосовуються два контури керування ЕМП: зовнішній цикл регулює швидкість двигуна, змінюючи напругу на керованому джерелі напруги, внутрішній цикл синхронізує імпульси комутатора з електрорушійною силою статора.

ВРД відповідають усім технічним вимоги, які ставляться до стрілочних електроприводів. Структурна схема задовольняє потреби цього дослідження.

Список використаних джерел

1. Липковский, К. А. Силовая электроника – возможности, ожидания, реальность [Текст] / К.А. Липковский, В.М. Михальский // Технічна електродинаміка. – 2012. – №3. – С. 59-60.

2. Miller T.J.E. Switched reluctance motors and their control / T.J.E. Miller Magna

Physics Publishing and Clarendon Press. Oxford, 1993.

3. Зінченко, О. Є. Вентильні реактивні двигуни. Сучасний стан та перспективні напрями досліджень [Текст] / О.Є. Зінченко // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – Вип. 157. – С. 164-168.

4. Богатырь, Ю. И. Анализ существующих стрелочных электроприводов [Текст] / Ю.И. Богатырь // Зб. наук. праць Дон. інст. зал. трансп. – Донецьк, 2009. – Вип. 18. – С. 55-61.

5. Овчинников, И. Е. Вентильные электрические двигатели и привод на их основе [Текст] / И.Е. Овчинников. – СПб.: Корона-Век, 2007. – С. 336.

6. Новые возможности для средств перевода стрелок / Е.Ю. Минаков, Э.А. Ганеев, А. Ю. Грайфер и др. // Автоматика, связь, информатика. – 2016. – № 4. – С. 33-35.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ У ВИПРЯМНОМУ АГРЕГАТІ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ

V. Panchenko

RESEARCH OF ELECTROMAGNETIC PROCESSES IN TRACTION SUBSTATION RECTIFIER UNIT

Стабілізація електричної енергії в контактній мережі постійного струму можлива шляхом застосування сучасних типів випрямних агрегатів. Включення цих агрегатів до складу замкнутих систем автоматичного регулювання (САР) дасть змогу вирішити питання електромагнітної сумісності тягової підстанції постійного струму з контактною мережею [1, 3]. В умовах зростання вимог до якості електричної енергії на залізницях та з огляду на стрімкий розвиток силової напівпровідникової електроніки з'являється можливість використання на тягових підстанціях постійного струму випрямних установок з широтно-регульованим вольт-додавальним перетворювачем (ВДП). [3] Використання таких установок вимагає ретельного дослідження електромагнітних процесів, що протікають у них.

Дослідження електромагнітних процесів за допомогою імітаційного моделювання проводилося для частоти дискретності широтно-регульованого ВДП $f_{ВДП} = 5$ кГц. Параметри регулятора напруги

$$W_1(p) = \frac{T_1 p + 1}{T_2 p} \quad (1)$$

та Г-подібного пасивного LC-фільтра:

$$T_2 = 4,033 \cdot 10^{-5}, \quad T_1 = 2,094 \cdot 10^{-4} \quad \text{при} \\ L = 1,5 \text{ мГн}, \quad C = 15 \text{ мкФ}.$$

При цьому розглядалася робота низькочастотного каналу регулювання напруги випрямного агрегату з ВДП у випадку ступінчастої зміни сигналу завдання на вході САР на 0,5 В для дослідження характеристик перехідного процесу в системі. Результати імітаційного моделювання для першого випадку ступінчастої зміни сигналу завдання на вході низькочастотного каналу САР подано на рисунку, на якому наведено криву напруги навантаження. Її аналіз показує, що перехідний процес в САР закінчується за три тактові інтервали дискретності ВДП (за час t_{imp}), що підтверджує достовірність теоретичних передумов та свідчить про реалізацію в низькочастотному каналі процесів кінцевої тривалості [2].

Отже, для дослідження стабілізуювальних властивостей низькочастотного каналу САР у процесі імітаційного моделювання стрибком змінювалася величина навантаження у вихідному ланцюзі випрямляча з 5 до 2,22 Ом [4, 5] за рахунок включення в паралель з основним активно-індуктивним ланцюгом навантаження додаткового резистора на 4 Ом. Це відповідає зміні тягового струму з 660 до 1485 А. Реалізація в низькочастотному каналі САР випрямного агрегату з ВДП процесів кінцевої тривалості дозволяє здійснювати стабілізацію вихідної напруги тягової підстанції з максимальною можливою швидкістю.

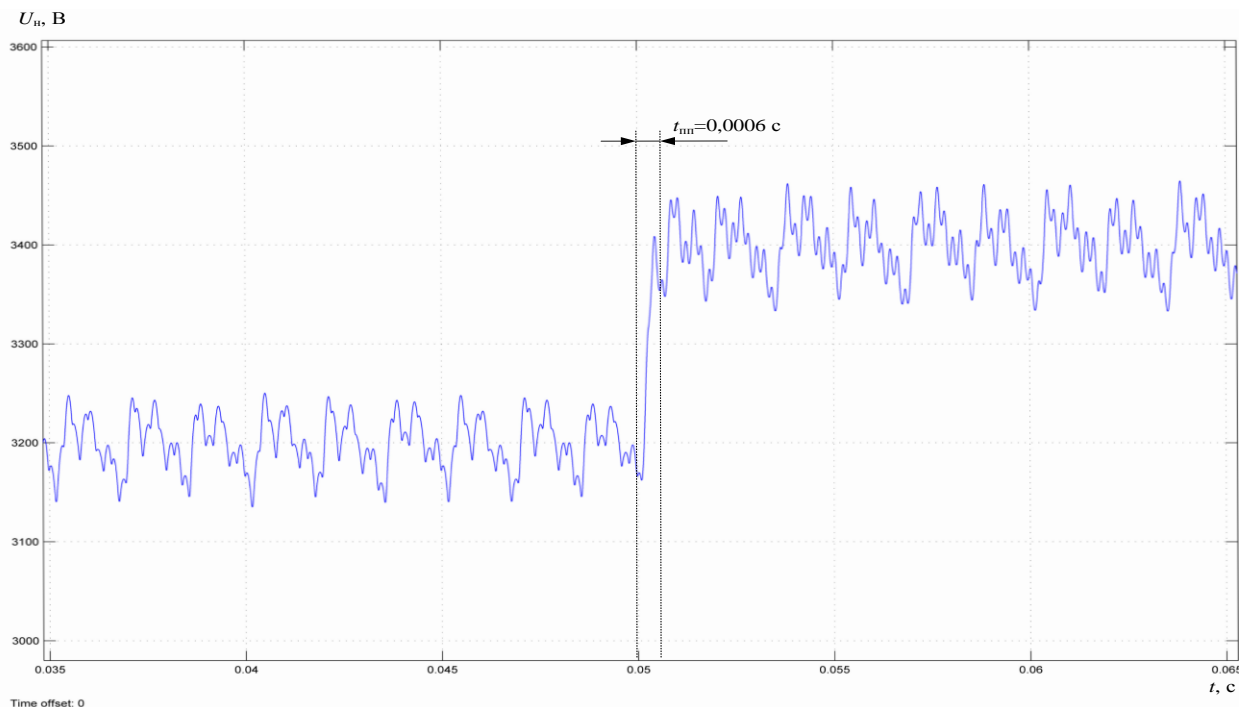


Рис. Результати моделювання при $f_{ВДП}=5$ кГц

Список використаних джерел

1. Управляемый выпрямитель в системах автоматического управления [Текст] / [под ред. д-ра техн. наук А. Д. Поздеева]. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 351 с.

2. Иващенко, Д. С. Переходные процессы в электрических цепях со стохастической нагрузкой, характеризующейся непрерывной случайной величиной [Текст] / Д. С. Иващенко, Н. И. Супруновская // Технічна електродинаміка. – К., 2016. – № 4. – С. 17-19.

3. Щербак, Я. В. Динамические свойства системы «тиристорный выпрямитель - сеть» [Текст] / Я. В. Щербак,

Е. В. Ягуп, В. В. Панченко // Технічна електродинаміка. Силова електроніка та енергоефективність. – 2007. – Ч. 4. – С. 26 – 29.

4. Ling, S. Digital controller for hybrid filter in HVDC based on approximate inverse system [Text] / S. Ling, Dong-yuan Zhao, Jian-ye Chen, Zan-ji Wang. // Frontiers Of Electrical And Electronic Engineering In China. – 2005. – Vol. 1. – P. 367-370.

5. Hajibeigy, M. A Modified structure of hybrid active DC filter in HVDC system [Text] / M. Hajibeigy, M. Farsadi, Kh. Behboudi Asl // Technical and Physical Problems of Engineering. – 2012. – Vol. 4. – №1. – P. 11-16.

**РЕГУЛЮВАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКТИВНОГО ВИПРЯМЛЯЧА З
ГІСТЕРЕЗИСНОЮ СИСТЕМОЮ КЕРУВАННЯ**

О. Plakhtiy

**REGULATING CHARACTERISTICS OF ACTIVE RECTIFIER WITH HYSTERESYS
CONTROL SYSTEM**

Вимоги до забезпечення якості електричної енергії висуваються на перший план при вирішенні питань передачі, перетворювання та розподілу електроенергії як у промисловості, так і на залізничному транспорті. На цей час найбільш поширено в складі тягових підстанцій постійного струму залізниць та метрополітенів застосовуються шестипульсні та дванадцятипульсні діодні випрямлячі. Суттєвим недоліком таких випрямлячів є емісія вищих гармонік вхідного струму у живильну мережу і вищих гармонік вихідної напруги в контактну мережу, які обумовлюють значні втрати електричної енергії в системі електропостачання та відсутність можливості реалізації режиму рекуперації енергії, що знижує енергоефективність системи електропостачання.

Існує досить багато шляхів зниження емісії вищих гармонік випрямних установок у живильну та контактну мережі, серед них є застосування пасивних фільтрів, активних силових фільтрів, вольтододаткових перетворювачів, активних випрямлячів та інших методів.

Перспективним є застосування активних трифазних випрямлячів напруги (АВН) з корекцією коефіцієнта потужності в складі тягових підстанцій постійного струму метрополітенів та залізниць, що дасть змогу значною мірою покращити показники електромагнітної сумісності (ЕМС) з живильною та контактною мережами і забезпечити двонаправлену

передачу енергії. Проте алгоритми управління АВН потребують подальшого удосконалення. У зв'язку з цим науково-прикладна задача покращення ЕМС тягових підстанцій постійного струму з живильною та контактною мережами шляхом застосування АВН є актуальною та визначила напрям нашого дослідження.

Аналіз електромагнітної сумісності існуючих і перспективних перетворювачів тягових підстанцій постійного струму з живильною та контактною мережами показав, що діодні та тиристорні випрямлячі, побудовані на основі шестипульсної та дванадцятипульсної мостової схеми, не задовольняють сучасні вимоги ЕМС і являють собою потужні джерела вищих гармонік у живильну та контактну мережі. Виконано аналіз шляхів покращення ЕМС, серед яких розглянуто застосування пасивних фільтрів, багатопульсних випрямлячів, силових активних фільтрів та активних трифазних випрямлячів (рис. 1) з корекцією коефіцієнта потужності. Значною перевагою АВН є реалізація синусоїдальної форми вхідних струмів з коефіцієнта гармонічних спотворень (КГС) менше 5 % та коефіцієнта потужності (КП) більше 99 %, низький рівень пульсації вихідної напруги та можливість двонаправленої передачі потужності. У зв'язку з цим зроблено висновок, що найбільш перспективним методом покращення ЕМС перетворювачів тягових підстанцій є реалізація в них АВН. Розроблено та

досліджено дворівневий АВН із системою керування (далі СК), побудованою на основі гістерезисної модуляції (рис. 2). СК забезпечує високі показники

електромагнітної сумісності (коефіцієнт гармонічних спотворень менше 2 % та коефіцієнт потужності більше 99 %) та двонаправлену передачу енергії.

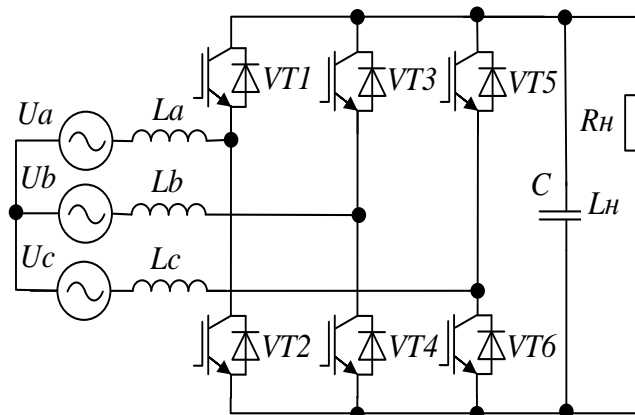


Рис. 1. Активний трифазний випрямляч

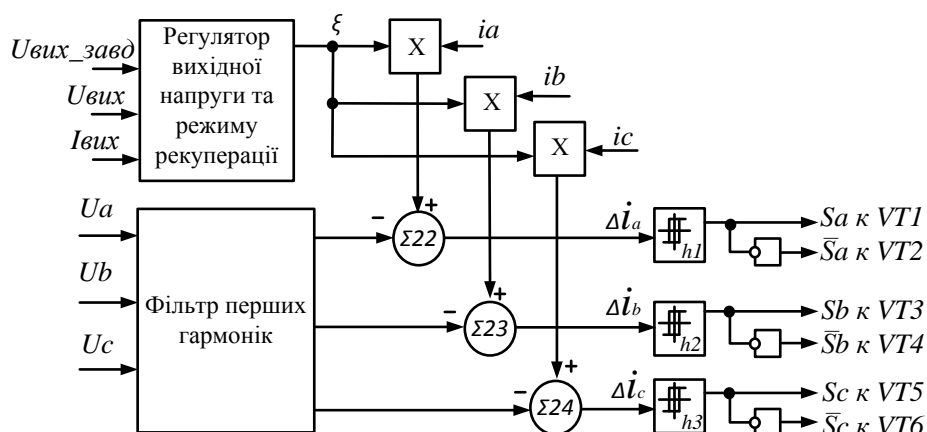


Рис. 2. Система керування АВН з гістерезисною модуляцією

На основі рівнянь енергетичного балансу АВН отримано аналітичні вирази, які описують регульовальну характеристику (рис. 3), яка визначає залежність вихідної

напруги $U_{вих}$ АВН від опорного навантаження R_n , амплітуди живильної напруги U_{ex} та регульовального коефіцієнта ξ :

$$U_{вих}(U_{ex}; \xi; R_n) = \sqrt{3 \cdot U_{ex}^2 \cdot R_n \cdot \eta \cdot \xi}; \quad (1)$$

$$U_{вих}(U_{ex}; \xi; I_{вих}) = \frac{3 \cdot U_{ex}^2 \cdot \eta \cdot \xi}{I_{вих}}; \quad \xi = I_{ex}^* / U_{ex}, \quad (2)$$

де η – коефіцієнт корисної дії; I_{ex}^* – сигнал задавання фазного струму АВН; $I_{вих}$ – струм

навантаження АВН; ξ – регулювальний коефіцієнт АВН.

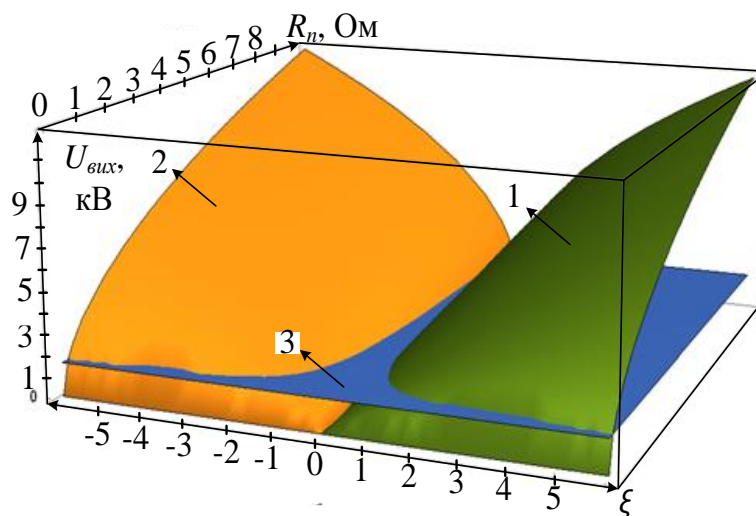


Рис. 3. Регулювальна характеристика АВН: 1 – у режимі випрямлення; 2 – у режимі рекуперації; 3 – обмеження в регулюванні вихідної напруги

Одержано аналітичні залежності, що описують регулювальні характеристики, тобто залежність вихідної напруги АВН від регулювального коефіцієнта ξ системи керування, опору навантаження та амплітуди живильної мережі, які дають змогу реалізувати процеси випрямлення та рекуперації в широкому діапазоні живильної напруги.

Список використаних джерел

1. Плахтий, А. А. Гистерезисная система управления активного трехфазного выпрямителя с коррекцией коэффициента мощности [Текст] / А. А. Плахтий // Зб.

наук. праць Національного університету кораблебудування. – Миколаїв: НУК, 2013. - №4 (449). – С. 82-88.

2. Плахтий, А. А. Обзор схем трехфазных активных выпрямителей с коррекцией коэффициента мощности для тяговых подстанций постоянного тока [Текст] / А. А. Плахтий // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 142. – С. 144-150.

3. Bjaresten, N.A. The Statik Converter as a High-Speed Power Amplifier [Text] / N.A. Bjaresten // Direct Current. – 1963. – Vol. 6. – P. 154-165.

**ПУЛЬСАЦІЙНА СКЛАДОВА ВИХІДНОЇ НАПРУГИ ВИПРЯМНОЇ УСТАНОВКИ
ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ ТА ВИБІР ПОСТІЙНОЇ ЧАСУ
ЗГЛАДЖУВАЛЬНОГО LC-ФІЛЬТРА**

Y. O. Semenenko, O. I. Semenenko

**FLUCTUATION COMPONENT OF THE OUTPUT VOLTAGE RECTIFIER TRACTION
SUBSTATION INSTALLATION AND CHOICE OF TIME CONSTANT
SMOOTHING LC-FILTER**

На залізницях України в системі тягового електропостачання постійного струму суттєвою проблемою є необхідність забезпечення електромагнітної сумісності тягової мережі із засобами залізничної автоматики, сигналізації, автоблокування, а також лініями зв'язку [1]. Ця проблема суттєво ускладнюється впровадженням електричного рухомого складу з імпульсними перетворювачами та з асинхронним приводом. Досвід експлуатації систем електропостачання електричного транспорту показує, що застосування пасивних детермінованих методів фільтрації має ряд суттєвих недоліків [2]. Це потребує пошуку більш ефективних підходів шляхом застосування комбінованих систем, які складаються із пасивного та активного фільтрів [2, 3]. При цьому на початку слід мінімізувати параметри пасивної частини фільтра.

Вихідна напруга випрямної установки разом з гладкою складовою містить пульсаційну складову, вектор якої визначається сумою

$$\dot{U}_n = \dot{U}_k + \dot{U}_v, \quad (1)$$

де \dot{U}_k – складова, що визначається канонічними гармоніками;

\dot{U}_v – складова, що визначається неканонічними гармоніками.

При симетриях мережі живлення і перетворювального агрегату гармонічний склад його вихідної напруги визначається виразом

$$U_k = (-1)^{k+1} \frac{2U_{do}}{k^2 m^2 - 1}, \quad (2)$$

де $k = 1, 2, 3, \dots$ – номер k -ї гармонічної складової;

m – пульсність випрямляча.

Частота k -ї гармонічної складової рівна $f_n = k \cdot m \cdot f_o$.

При несиметрії випрямної установки тягової підстанції, викликаної різноманітним падінням напруг на прямозміщених діодах, її вихідна напруга містить неканонічні гармоніки з частотами, кратними мережі живлення:

$$f_v = v \cdot f_o, \quad (3)$$

де f_o – частота живильної мережі;

$v = 1, 2, 3, \dots$ – номер неканонічної гармоніки.

Амплітуди гармонік визначаються відхиленнями ΔU_{Di} прямих падін напруг на діодах випрямляча:

$$U_{vD} = \frac{2}{m} \sum_{i=1}^m \Delta U_{Di} \cdot e^{-jv \frac{2\pi}{m}(i-1)}. \quad (4)$$

Несиметрія перетворювального трансформатора, викликана відхиленнями фазних напруг від номінального значення, аналогічно несиметрії живильних е.р.с., викликає появу у вихідній напрузі випрямної установки неканонічних гармонік з частотами, кратними подвоєній частоті мережі живлення:

$$f_v = 2\nu \cdot f_o. \quad (5)$$

Одним з основних показників якості вихідної напруги тягової підстанції постійного струму є еквівалентна заважаюча напруга, яку можна подати як

$$U_m = \sqrt{\sum_{q=1}^{\infty} U_q^2 \rho^2}, \quad (6)$$

де U_q – амплітуда напруги q -ї гармоніки;

ρ – коефіцієнт психофотометричного впливу.

Найбільших значень коефіцієнт психофотометричного впливу досягає в діапазоні частот $f_q = 800 \div 1200$ Гц. На тягових підстанціях постійного струму застосовуються одно- або дволанкові згладжувальні фільтри, у яких заглушення пульсацій виконується аперіодичним LC-фільтром, а для підвищення коефіцієнта фільтрації пульсацій на фіксованих частотах застосовують режекторні (резонансні) ланки. В основу цих досліджень LC-фільтра покладені: необхідна величина коефіцієнта фільтрації; низька чутливість коефіцієнта фільтрації до зміни параметрів навантаження; оптимізація масогабаритних показників фільтра. За допомогою методу сигнальних графів та відповідно до формули Мейсона отримуємо передавальну функцію LC-фільтра в комплексній формі

$$H_\phi(p) = \frac{1}{T_\phi^2 p^2 + 2\xi T_\phi p + 1}, \quad (7)$$

де $T_\phi^2 = L_\phi C_\phi$ – постійна часу фільтра;

$$\xi = \frac{1}{2Z_n(p)} \sqrt{\frac{L_\phi}{C_\phi}} \quad \text{– коефіцієнт демпфування.}$$

вання.

На основі виразів (2) і (6) установимо зв'язок між складовою еквівалентної заважаючої напруги $U_m|_{k=1}$, яка визначається амплітудним значенням $U_{k=1}$ першої гармоніки вихідної напруги випрямної установки:

$$U_m|_{k=1} = \rho_{k=1} \frac{U_{k=1}}{1 + \omega_{k=1}^2 T_\phi^2}, \quad (8)$$

де $\rho_{k=1}$ – коефіцієнт психофотометричного впливу для першої гармоніки;

$\omega_{k=1} = \frac{1}{2\pi m f_o}$ – кругова частота першої гармоніки.

Амплітуда першої гармоніки випрямної установки рівна

$$U_{k=1} = \frac{2U_{do}}{m^2 - 1}. \quad (9)$$

Підставивши вираз (10) у рівняння (9) та записавши його відносно постійної часу фільтра T_ϕ , отримаємо таку залежність:

$$T_\phi = \frac{1}{2\pi m f_o} \sqrt{\rho_{k=1} \frac{2U_{do}}{(m^2 - 1)U_m} - 1}. \quad (10)$$

Отриманий вираз (10) дає змогу визначати значення постійної часу згладжувального LC-фільтра тягової підстанції за заданою величиною еквівалентної заважаючої напруги.

Список використаних джерел

1. Правила улаштування системи тягового електропостачання залізниць

України [Текст]: № ЦЕ-0009. – К.: ТОВ „Швидкий рух”, 2005. – 80 с.

2. Щербак, Я. В. Аналіз роботи пасивних фільтрів тягової підстанції постійного струму [Текст] / Я. В. Щербак, Ю. О. Семененко // Інформаційно-керуючі

системи на залізничному транспорті. – 2015. – №1(110). – С. 53-57.

3. Design considerations for maintaining DC side voltage of hybrid active power filter with injection circuit / A.Luo, Z.Shuai, J.Shen [et. al.] // Power Electronics, IEEE Transactions. – 2009. – Vol. 24. – P. 75-84.

УДК 629.4.014

О. О. Шкурпела, Г. І. Яровий, С. І. Яцько

УТОЧНЕНА ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДА ДЕЛ-02

O. Shkurpela, G. Yarovyi, S. Yatsko

REFINED SIMULATION MODEL OF TRACTION ELECTRIC DRIVE OF A DIESEL TRAIN DEL-02

У процесі розроблення нових або модернізації існуючих тягових електроприводів рухомого складу широко застосовується імітаційне моделювання для дослідження роботи систем як у штатних, так і в аварійних режимах [1]. Це дає змогу суттєво скоротити терміни виконання досліджень та знизити їх вартість. При цьому, як правило, при завершенні розроблення, роботи з удосконалення моделей тривають, так як з'являються нові дані за результатами експлуатації. Вищесказане повною мірою стосується тягового асинхронного електропривода дизель-поїзда ДЕЛ-02 та його імітаційної моделі [2].

Аналізуючи отримані результати [2, 3] та ураховуючи розроблені заходи щодо покращення характеристик існуючого тягового електропривода дизель-поїзда ДЕЛ-02 №006, виникла необхідність удосконалення імітаційної моделі модернізованого зразка тягового електропривода дизель-поїзда з використанням імітаційних моделей

елементів, що отримані у [2, 3], та проведення дослідження роботи тягового електропривода в режимі тяги.

Проведені дослідження підтвердили адекватність удосконаленої імітаційної моделі, розробленої в програмному середовищі MATLAB, реальному тяговому асинхронному електроприводу дизель-поїзда ДЕЛ-02. Отримана модель дає можливість більш детально аналізувати процеси в нештатних ситуаціях. На рисунку наведено як ілюстрацію графіки процесу розгону дизель-поїзда на рівній ділянці шляху без ухилу, де Nt – положення головної рукоятки машиніста, у відсотках; n – частоти обертання колінчастого вала дизеля; V – швидкості руху дизель-поїзда; a – прискорення дизель-поїзда; U_{dc} – напруги на вході тягового інвертора; I_{dc} – вхідний струм тягового інвертора; P_{dc} – потужність, що споживається тяговим інвертором; M – електромагнітний момент тягового асинхронного двигуна.

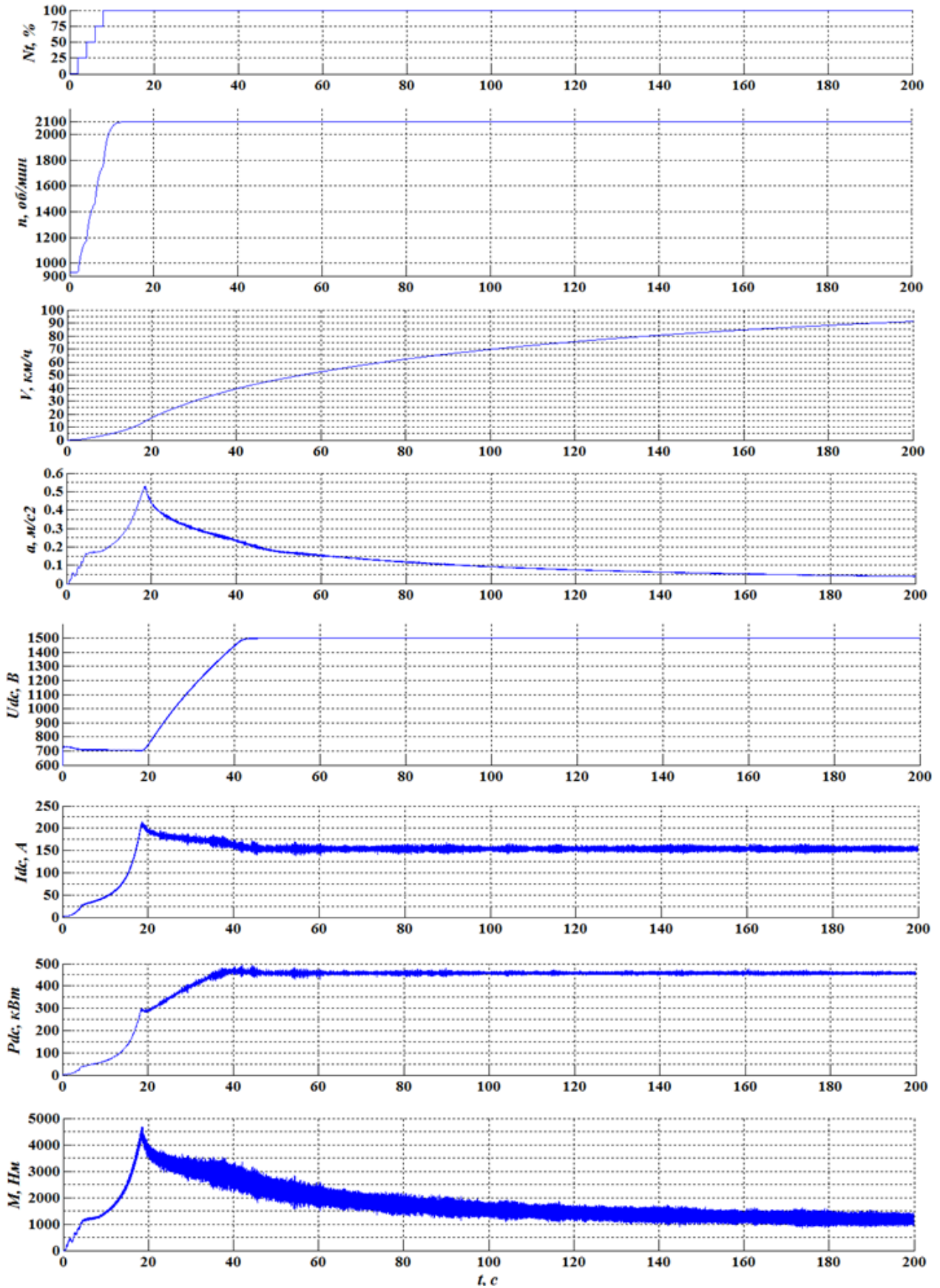


Рис. Процес розгону дизель-поїзда по рівній ділянці шляху

Розроблена удосконалена імітаційна модель тягового асинхронного електропривода дизель-поїзда ДЕЛ-02 для проведення досліджень роботи електроприводу рухомого складу як у штатних, так і нештатних режимах роботи. Очікується, що це дасть змогу суттєво скоротити витрати на проведення розроблення тягового електроприводів такого класу.

Список використаних джерел

1. Jarzebowicz L., Modeling the impact of discretizing rotor angular position on computation of field-oriented current components in high speed electric drives // Original Research Article. Applied

Mathematical Modelling. – 2017. – Vol 42. – P. 576-590.

2. Розробка та дослідження математичної моделі електропередачі дизель-поїзда ДЕЛ-02 в режимі електричного гальмування [Текст]: звіт про НДР (заключний) / Укр. держ. академія залізнич. трансп; кер. Яцько С. І.; викон.: Шкурпела О.О. – Харків, 2013. – 52 с. – Библиогр.: с. 42. – №ГР0113U001808..

3. Дослідження системи регулювання електропередачі дизель-поїзда ДЕЛ-02 в режимі електродинамічного гальмування [Текст] / Д.В. Никоненко, О.О. Шкурпела, Г.І. Яровий, С.І. Яцько // Тези доповідей 76-ї міжнар. наук.-техн. конф. – У кн.: Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – Вип. 143. – С. 248.

УДК 621.313

С. Г. Буряковський, А. С. Маслій, Д. П. Помазан

РЕГУЛЬОВАНИЙ СТІЛОЧНИЙ ПЕРЕВІД З ДВИГУНОМ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ НА БАЗІ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО ТИРИСТОРНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

S. G. Buryakovskiy, A. S. Masliy, D. P. Pomazan

ADJUSTABLE RAILROAD SWITCH WITH ENGINE DC ON THE BASIS OF MICROPROCESSOR THYRISTOR

Стрілочний перевід (СП), по суті, є сервоприводом. Недолік стрілочних переводів, що застосовуються в Україні, з цієї точки зору, полягає в тому, що в них застосовуються стандартні промислові двигуни змінного і постійного струму, які не є серводвигунами, тобто не адаптовані за швидкодією. Швидкість обертання вала – від 1700 до 3000 об/хв, момент інерції якоря (ротора) – стандартний для свого типорозміру і т.д. Звичайно, застосувавши спеціальні двигуни, наприклад синхронні з постійними магнітами, можна ці недоліки звести до мінімуму. Однак на залізницях

України близько 40000 стрілочних переводів, половина з яких – з двигунами постійного струму. Придбання такої кількості комплектуючих елементів потребує значних коштів. Передумови до створення системи керування стрілочним переводом були описані Резніковим Ю.М. у теоретичному вигляді [3]. Розвиваючи тему, у роботах, опублікованих раніше [1], автори порушили й обґрунтували питання розроблення і застосування сучасного вітчизняного, мікропроцесорного електропривода стрілочного переводу. Тим паче, що в Європейському Союзі роботи по

такому шляху не тільки ведуться теоретично, але й промислово випускаються зразки [4]. Безумовно, це важливе завдання, яке потребує негайного вирішення, оскільки швидкісний рух складається не тільки зі «швидких» локомотивів, а й зі «швидких» стрілочних переводів.

Далі піде мова про синтез і порівняльний аналіз систем керування електроприводом стрілочного переводу з двигуном постійного струму типу

МСП-0.25. Доцільним є розгляд системи підлеглого керування (СПК) положення гостряків [2] (рухомих частин) системи з модальним регулятором (МР) [1] і системи зі спостерігачем стану (СС) (рис. 1) [4]. Тут слід згадати, що існуючі стрілочні електроприводи не мають системи регулювання швидкості, відключення двигуна відбувається при ударі рухомих частин об нерухомі зі спрацюванням фрикційного захисту.

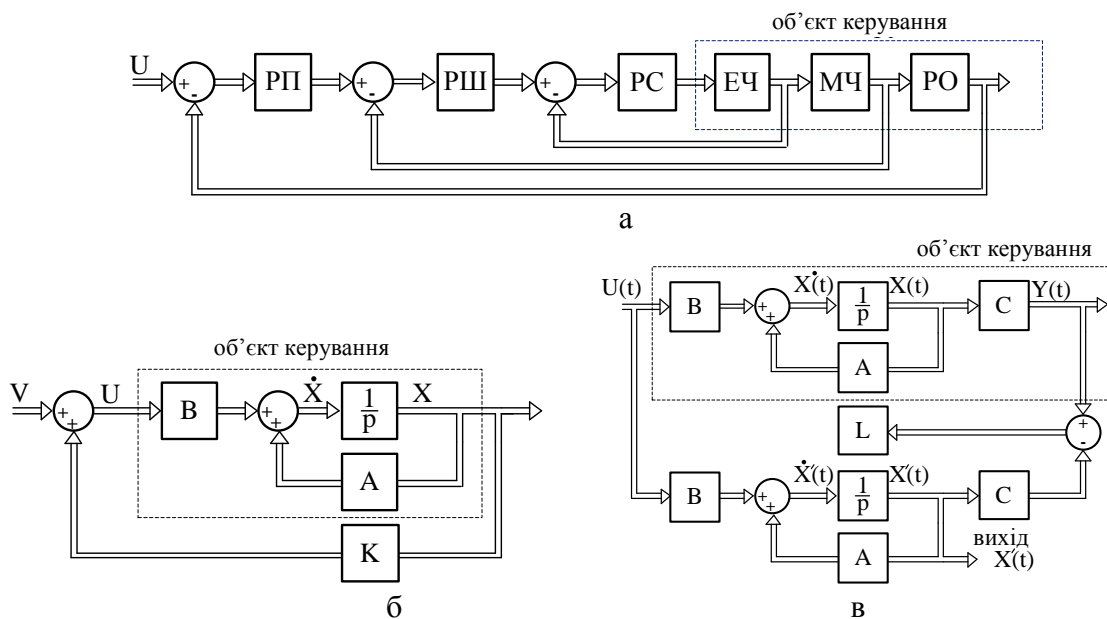


Рис. 1. Структурні схеми систем керування ТП: а – система підлеглого керування; б – модальний регулятор; в – спостерігач стану

З негативними наслідками прямого пуску під навантаженням боролися конструктивними методами: потужним, металомістким чотириступінчатим редуктором; застосуванням зазора в кінематичній лінії для полегшення пуску двигуна; установленням фрикційного зчеплення в другій передачі редуктора, щоб у кінці переведення при ударі і притисненні гостряка до рамної рейки не вийшов з ладу двигун через перевантаження. Зараз же повсюдне впровадження програмованих логічних контролерів (ПЛК) сприяє впровадженню алгоритмів керування електродвигуном за допомогою перетворювальної техніки, що дає цілий

ряд переваг, якими не можна не скористатися [5].

Переведення в модернізованій системі здійснюється дещо по-іншому, а саме з екрана монітора. При цьому з інформаційної мережі керуюча команда в цифровому вигляді надходить на ПЛК, який передає сигнал завдання на виконавчий прилад, в нашому випадку ТП. При цьому графік переміщення гостряків (рис. 2) має відповідні вигини на початку і кінці переводу, що є наслідком зміни швидкості їх руху. У початковий момент помітне дворазове зниження пускового струму, а швидкість при гальмуванні становить 15-20 % від номінальної.

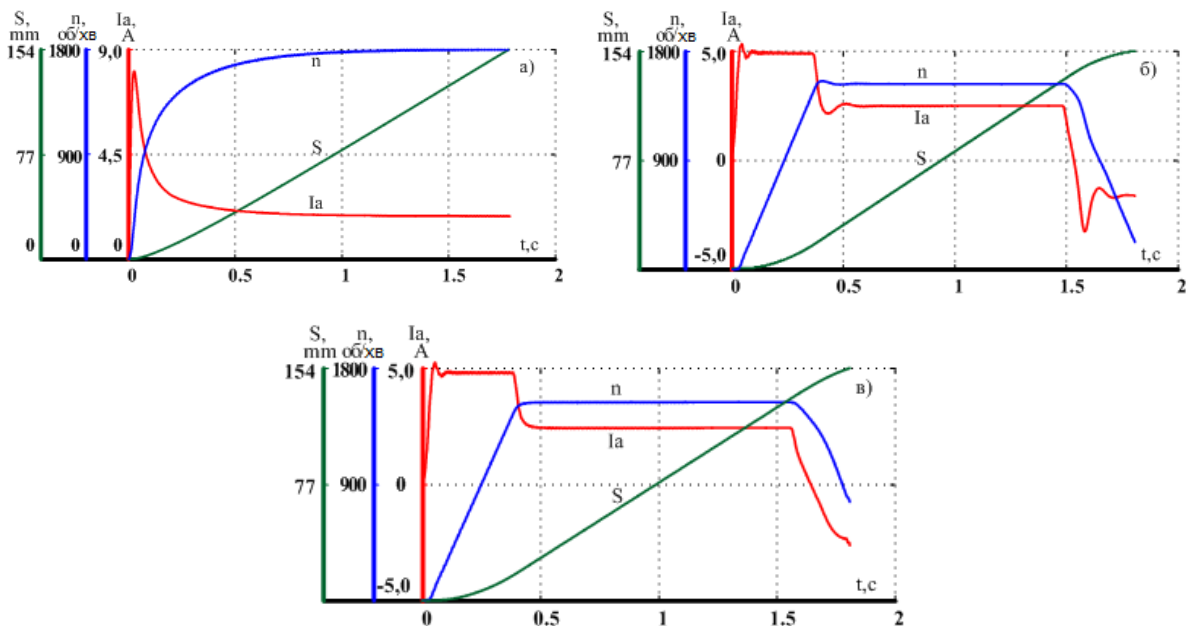


Рис. 2. Графіки регульованих координат при прямому пуску (а), СПК (б), МР зі СС (в)

З вищевикладеного можна зробити висновок про необхідність регулювання процесу переведення стрілки. На стрілках з двигунами постійного струму засобом для цього може служити будь-який із запропонованих вище варіантів системи керування ТП. Незважаючи на необхідні капіталовкладення ефект від упровадження таких систем очевидний – це захист електродвигуна засобами ПЛК, зниження витрат на обслуговування переводу і його металоконструкцій, детермінованість і повний контроль процесу переведення гостряків. Вибір того чи іншого варіанта диктується особливостями експлуатації конкретного стрілочного переводу.

Список використаних джерел

1. Улучшение динамики железнодорожного стрелочного перевода с частотно-регулируемым электроприводом при нестационарных режимах работы [Текст] / Л. В. Акимов, С. Г. Буряковский, А. С. Маслий [та ін.] // Електротехнічні та

комп'ютерні системи. – К.: Техніка, 2012. – № 05(81). – С. 22-30.

2. Смирнов, В. В. Регулируемый стрелочный электропривод [Текст] / С. Г. Буряковский, В. В. Смирнов // Локомотив-информ: міжнар. інформаційний наук.-техн. журнал. – Харків: Корпорація «Техностандарт», 2010. – №7. – С. 8-9.

3. Резников, Ю. М. Стрелочные электроприводы электрической и горючей централизации [Текст] / Ю. М. Резников. – М.: Транспорт, 1975. – 152 с.

4. Ключев, В. И. Теория электропривода [Текст] / В. И. Ключев. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 560 с.

5. Акимов, Л. В. Синтез системы модального управления упругими электромеханическими объектами с нагрузкой типа пара трения [Текст] / Л.В. Акимов, А.В. Клепиков, В.Б. Клепиков // Вісник національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ», 1998. – Вип. 52. – С. 59-62.

**ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ЗАВАДОСТІЙКИХ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ
АВТОМАТИКИ**

**PRINCIPLES OF CREATION OF INTERFERENCEPROOF SYSTEMS OF RAILWAY
AUTOMATIC EQUIPMENT**

Проблема підвищення безпеки руху поїздів у цей час стає все більш актуальною у зв'язку із впровадженням на залізничному транспорті швидкісного й високошвидкісного руху. Це потребує підвищення надійності роботи існуючих систем залізничної автоматики і їх завадостійкості. Для забезпечення максимальної завадостійкості приймача і розв'язку завдання оптимального приймання сигналів у радіоелектронних системах розроблено ряд методів [1-4]. У роботі [1] наведено теоретичне обґрунтування загальної структури оптимального приймання сигналів АЛСН в умовах дії двокомпонентної завади. У роботах [2, 3] розглянуто структурно-детермінований сигнал, прийнятий на тлі адитивної двокомпонентної марковської завади, проведено синтез алгоритму й апаратної структури приймача, що працює в умовах дії цієї завади. Підходи до підвищення завадостійкості, що базується на радіотехнічних методах оптимального приймання сигналів, розглянуто у роботах [5-7]. Метою цієї роботи є аналіз та визначення основних принципів побудови завадостійких систем залізничної автоматики.

Канал передачі сигналів, що використовується у системах залізничної автоматики, піддається впливу комплексу різних завад. Вони носять як адитивний, так і мультиплікативний характер. При цьому пікові потужності імпульсних завад у десятки-сотні разів перевершують потужність сигналу. Наявність або

відсутність завад того або іншого виду залежить від типу електротяги, застосовуваного на цій ділянці залізниці, якості контактів струмознімачів і дротів, умов експлуатації рухомого складу, наявності поблизу високовольтних ліній електропередачі. Для забезпечення максимальної завадостійкості доцільно досліджувати можливість побудови приймача сигналів, що тією чи іншою мірою адаптується до завадової обстановки. При цьому для коректного вирішення завдання оптимального приймання необхідно врахувати статистичний зв'язок між відліками вхідної напруги приймача. Всеосяжний облік такого зв'язку неможливий. Через це в автоматичі, теорії зв'язку й у радіолокації використовують наближені моделі статистичного зв'язку, з яких найбільш продуктивною щодо одержання технічних рішень є модель завади у вигляді марковського процесу [5]. Тому одним із способів підвищення завадостійкості обладнань залізничної автоматики є теоретичне обґрунтування й синтез оптимального приймача сигналів, спроможного змінювати параметри алгоритму обробки відповідно до поточної інтенсивності завад.

Завади, що впливають на канали передачі інформації систем керування залізничним транспортом, є мінливими, що не дає змоги забезпечити достовірну обробку сигналів при використанні апаратури, параметри якої не відслідковують характеристики вхідних завад.

Список використаних джерел

1. Ананьева, О. М. Прием сигналов АЛСН в условиях действия двухкомпонентной помехи [Текст] / О. М. Ананьева, М. Г. Давиденко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2015. – № 5. – С. 52-56.

2. Ананьева, О. М. Синтез нелинейного приёмника сигналов АЛСН в условиях действия многокомпонентной аддитивной помехи [Текст] / О. М. Ананьева, М. Г. Давиденко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2015. – № 6. – С. 46 – 50.

3. Ананьева, О. М. Аппроксимация функции правдоподобия аддитивной смеси сигнала и двухкомпонентной помехи [Текст] / О. М. Ананьева, М. Г. Давиденко, М. М. Бабаев // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2016. – № 5. – С. 9–13.

4. Ананьева, О. М. Математическая модель двухкомпонентной аддитивной помехи в виде марковского процесса [Текст] / О. М. Ананьева, М. Г. Давиденко, М. М. Бабаев // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2016. – № 4. – С. 20-24.

5. Тихонов, В. И. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем [Текст] / В. И. Тихонов, В. Н. Харисов. – М.: Радио и связь, 2004. – 608 с.

6. Djukanovic, S. A. Parametric Method for Multicomponent Interference Suppression in Noise Radars [Text] / S. Djukanovic, V. Popovic // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. – 2012. – Vol. 48. – No. 3. – P. 2730–2738.

7. Shen, Hao Wideband time-varying interference suppression using matched signal transforms / Hao Shen, Antonia Papandreou-Suppappola // IEEE Transactions on Signal Processing. – Vol. 53. – No. 7. – P. 2607-2612.

УДК 656.25:656.257

О. М. Ананьева, В. О. Сотник, М. М. Бабаев

**КОРЕЛЯЦІЙНИЙ МЕТОД ПРИЙМАННЯ Й ДЕШИФРУВАННЯ КОДІВ
АВТОМАТИЧНОЇ ЛОКОМОТИВНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ ЗА СПЕКТРАЛЬНОЮ
ОЗНАКОЮ**

О. М. Анан'єва, В. А. Сотник, М. М. Бабаєв

**CORRELATION METHOD OF RECEPTION AND DECODING OF CODES OF
AUTOMATIC CAB SIGNALING BEHIND SPECTRAL SIGN**

Причиною збоїв у роботі систем автоматичної локомотивної сигналізації (АЛСН) є завади, які виникають при проходженні локомотивами ділянок колії, що ізолюють стики й елементи стрілочних переводів з підвищеним рівнем магнітної індукції. Показники функціональної безпеки системи інтервального регулювання руху поїздів значною мірою

залежать від ефективності роботи пристроїв АЛСН. Принципи кодування та коди системи АЛСН були розроблені на основі можливостей релейної елементної бази, тому є доцільним застосування нових методів приймання інформаційних сигналів, що основані на їх кореляційному аналізі [1-3].

Вхідний сигнал $u_{АЛС}(t)$ кореляційного приймача кодів АЛСН (див. рисунок), що наводиться в приймальних котушках, надходить на вхід аналого-цифрового перетворювача (АЦП) і далі йде до блока виконання швидкого перетворення Фур'є (FFT). Результатом його роботи є спектр $u_{АЛС}(f)$. Далі обчислюються коефіцієнти кореляції Пірсона для цієї функції з еталонними значеннями дійсної та уявної частин спектрів кодів $u_{КЖ}^D(f)$, $u_{Ж}^D(f)$, $u_3^D(f)$, $u_{КЖ}^M(f)$, $u_{Ж}^M(f)$, $u_3^M(f)$ за формулою [1]

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

де x_i і y_i – поточні значення коефіцієнтів рядів Фур'є c_i для порівнюваних спектрів; \bar{x} і \bar{y} – вибіркові середні.

Модель функціонування приймальних і дешифрувальних пристроїв АЛСН визначається такою аналітичною залежністю [1]:

$$F(u_{АЛС}(t)) = \{r_{КЖ}(t), r_{j_{КЖ}}(t), r_{Ж}(t), r_{j_{Ж}}(t), r_3(t), r_{j_3}(t)\},$$

де проміжними виразами функціонала F є перетворення Фур'є й обчислення

коефіцієнтів кореляції, а результатом – множина кореляційних функцій.

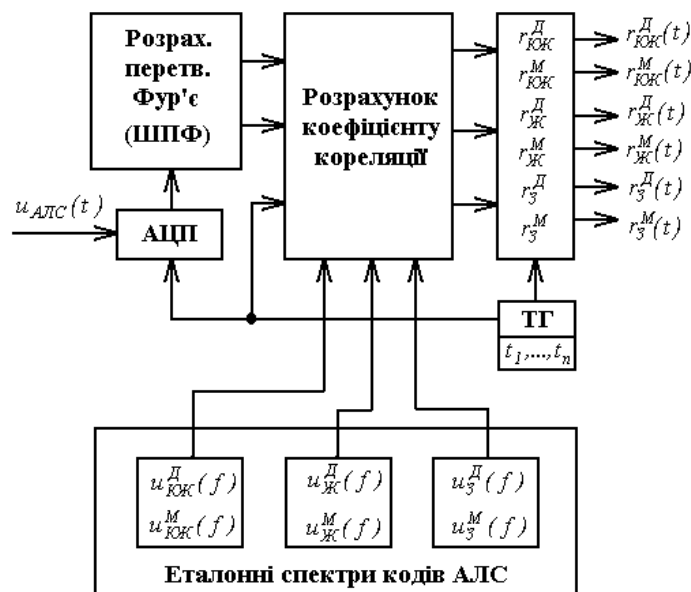


Рис. Функціональна схема кореляційного приймання і дешифрування кодів АЛСН

Ефективність роботи пристрою цифрової обробки сигналів суттєво залежить від об'єму інформації, яку він обчислює. Найбільш критичним є виконання швидкого перетворення Фур'є,

обчислювальна складність якого залежить від об'єму вибірки N . На основі аналізу кореляційних залежностей приймача числових кодів АЛСН запропоновано його оптимальний принцип дії.

Список використаних джерел

1. Сотник, В. О. Аналіз кореляційних залежностей для синтезу приймача кодів АЛСН [Текст] / В. О. Сотник, М. М. Бабаєв, М. М. Чепцов // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2013. – Вип. 34. – С. 49-56.
 2. Тихонов, В. И. Статистический анализ и синтез радиотехнических

устройств и систем [Текст] / В. И. Тихонов, В. Н. Харисов. – М.: Радио и связь, 2004. – 608 с.
 3. Beaudoin, N. A New Numerical Fourier Transform in d-Dimensions / N. Beaudoin, S. S. Beauchemin // IEEE Transactions on signal processing. – Vol. 51. – № 5, May 2003. – P. 1422-1430.

УДК 629.4.083:629

В. С. Блиндюк, М. М. Бабаєв

СИНТЕЗ ЕФЕКТИВНИХ КЕРУВАНЬ ТЯГОВИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ У ФОРМІ БРУНОВСЬКОГО Й ПРИНЦИПУ МАКСИМУМУ ПОНТРЯГІНА

V. S. Blinduk, M. M. Babaev

SYNTHESIS EFFECTIVE CONTROLS THE HAULING ELECTRIC DRIVE BEHIND HELP TO SYSTEM CONTROLS AT FORM BRUNOVSKY AND TO THE PRINCIPLE TO PONTRYAGIN'S MAXIMUM

Залежно від специфічних особливостей, що висуваються до перевезення пасажирів, руху електропоїздів, стану колії й положення інших складів можуть бути сформульовані різні задачі автоматичного регулювання та керування електроприводом тягового рухомого складу [1]. За штатного інтенсивного руху поїздів людина-машиніст не здатна надійно забезпечувати режим їх ведення за умови раціонального використання часового та енергетичного ресурсів. Звідси випливає, що за описаних умов наявне недовикористання пропускної спроможності ліній при завищених витратах на здійснення існуючих перевезень [2].

Найчастіше в теорії керування розв'язується задача максимальної швидкодії. Це завдання важливе й при керуванні розгоном рухомого складу, особливо в тих випадках, коли графік руху досить напружений [3-5]. Задачу максимальної швидкодії можна розв'язати за допомогою принципу максимуму

Понтрягіна [5]. У системі рівнянь у формі Бруновського змінної, яка прямо відповідає швидкості руху електропоїзда, немає:

$$\frac{dz_1}{dt} = z_2; \quad \frac{dz_2}{dt} = z_3; \quad \frac{dz_3}{dt} = v, \quad (1)$$

де z_1, z_2, z_3, v – змінні й керування в просторі «вхід – стан».

Однак змінна z_1 визначається співвідношенням

$$z_1 = x_3 - \frac{b_{31}}{b_{21}} x_2, \quad V = \frac{2\pi x_3}{\mu} R_K, \quad (2)$$

де x_3 – обороти електродвигуна, пропорційні швидкості V руху тягового рухомого складу; μ – передатне відношення редуктор-а електродвигуна; R_K – радіус колеса колісної пари; b_{31}, b_{21} – постійні коефіцієнти; x_2 – струм збудження.

У процесі розгону електропоїзда струм збудження змінюється не більш ніж на 20 %, тому в першому наближенні можна вважати, що змінна z_1 у системі рівнянь у формі Бруновського моделює швидкість руху складу. Тому при розв'язанні задачі максимальної швидкодії необхідно досягти максимальної швидкості V_{max} за мінімальний час при керуванні опором R_d . Максимальне значення керування v (залежить від струму якоря, тому в кожний момент процесу розгону величина керування (величина опору R_d)) визначається співвідношеннями

$$v = v_{max}(I_{Я}); \quad R_d = R_{dmin}(I_{Я}),$$

де $v_{max}(I_{Я})$ – максимально можливе керування при заданому значенні струму якоря; $R_{dmin}(I_{Я})$ – мінімально можливе значення опору при заданому значенні струму якоря.

Таким чином, розв'язання задачі максимальної швидкодії в цьому випадку тривіальне й визначається в кожний момент часу гранично більшим керуванням v (або гранично малим значенням опору R_d), обмеженим максимально допустимим струмом якоря.

Проведений синтез ефективних керувань електропоїздів за допомогою системи керування у формі Бруновського й принципу максимуму Понтрягіна дав змогу розв'язати задачу максимальної швидкодії, що важливо при керуванні розгоном

електропоїздів, особливо в тих випадках, коли графік руху складів досить напружений.

Список використаних джерел

1. Определение оптимальных законов управления процессами движения электропоезда [Текст] / В. Д. Дмитриенко, В. И. Носков, В. С. Блиндюк [и др.] // Вестник НТУ «ХПИ». – 2012. – № 38. – С. 55-69.
2. Блиндюк, В. С. Концепція побудови систем автоматизованого керування рухом поїздів [Текст] / В. С. Блиндюк // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 127. – С. 43-56.
3. Mattis, W. E. Modelling and minimum energy control of traction motor system [Text] / W. E. Mattis // International Journal of Energy Systems. – 1989. – Vol. 9, № 2. – P. 78-82.
4. Khmelnsky, E. On an optimal control problem of train operation [Text] / E. Khmelnsky // IEEE Transactions on Automatic Control. – 2000. – Vol. 45, № 7. – P. 1257-1266.
5. Дмитриенко, В. Д. Синтез оптимальных законов управления тяговым электроприводом методами дифференциальной геометрии и принципа максимума [Текст] / В. Д. Дмитриенко, А. Ю. Заковоротный // Системи обробки інформації. – 2009. – Вип. 4 (78). – С. 42-51.

**ТЕПЛОВІЗІЙНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НА ОБ'ЄКТАХ ІНФРАСТРУКТУРИ
І НА РУХОМОМУ СКЛАДІ ЗАЛІЗНИЦІ**

O. Vasilenko, H. Bilovol, O. Kletska

THERMAL STUDIES ON INFRASTRUCTURE AND TO RAIL TRANSPORT

Інфраструктура об'єктів та рухомого складу залізниць потребує негайної реконструкції або заміни. На вирішення цієї проблеми потрібно використати величезні кошти і час. У зв'язку з тим що в Україні складна економічна ситуація та обмежені фінансові ресурси, необхідно доцільно їх використовувати на модернізацію та реконструкцію.

Для виконання цього потрібно розробити методики, які дають змогу оцінювати стан рухомого складу та об'єктів інфраструктури під час проведення тепловізійного обстеження. Існуючі методи використання тепловізора [1, 2] не відповідають умовам використання на залізниці. Запропоновані методики дозволять визначити, в якому стані перебуває рухомий склад, та розробити пропозиції з питань дій щодо цього рухомого складу. Методики, які запропоновано створити під час дослідження об'єктів інфраструктури, надають можливість вирішити кілька питань. По-перше, це стан інфраструктури з точки зору використання теплової енергії під час експлуатації; зменшення теплових втрат об'єкта інфраструктури за рахунок визначення основних складових, що впливають на втрати теплової енергії. По-друге, це визначення стану об'єкта інфраструктури та подальші дії (реконструкція, часткова реконструкція, знесення об'єкта). Використання запропонованих методів, побудованих на використанні тепловізійного дослідження, дозволить критично оцінювати стан

рухомого складу та об'єктів інфраструктури і визначити, де необхідно проводити першочергові дії, а також зменшити час на розрахунки та виявлення недоліків.

Запропонований метод тепловізійного обстеження дасть змогу вирішити ряд негайних проблем на рухомому складі та об'єктах інфраструктури, які раніше не розглядалися або частково розглядалися. Застосування нового підходу для тепловізійного обстеження та розроблення на його основі вдосконаленого методу дасть можливість зменшити час для отримання та обробки інформації за дійсним станом, на основі чого можна робити висновки про подальшу експлуатацію або негайну заміну (ремонт, реконструкцію) рухомого складу або об'єктів інфраструктури.

Очікувані результати для рухомого складу:

- визначати стан рухомого складу;
- знаходити приховані поломки та відмови обладнання рухомого складу;
- прогнозувати рівень зносу деталей та обладнання рухомого складу;

Очікувані результати для об'єктів інфраструктури:

- знаходити приховані дефекти теплоізоляції або недоліки конструкції;
- визначати місця можливого утворення конденсату на стінах та ділянки з підвищеним вмістом вологи;
- знаходити місця поривів тепломагістралей або порушення їх ізоляції

та визначати, скільки було втрачено теплової енергії;

- знаходити недоліки опалювальних систем, засміченість батарей;

- знаходити місця течі в покрівлі будинку;

- знаходити місця прокладки труб або електричних нагрівачів у підлогах або стінах:

- знаходити ділянки з теплопровідними включеннями;

- визначати порушення теплоізоляційних властивостей огорожувальних конструкцій та тепломереж, що виникли внаслідок недотримання технології виготовлення будівельних матеріалів, проектних помилок та порушень при будівництві, неправильному режимі експлуатації, старінні матеріалів під впливом зовнішнього середовища та інших чинників.

Використання тепловізійного дослідження на рухомому складі та об'єктах інфраструктури дозволить провести аудит та визначити, які складові підлягають негайній заміні або реконструкції.

Список використаних джерел

1. Романенко, С. С. Оцінка теплових характеристик будівель [Текст] / С.С. Романенко, А. Л. Перекрест, М. Н. Волжан // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2014. – Вип. 3/ (27). – С. 99-107.

2. Натурні тепловізійні дослідження тепловтрат великопанельних житлових будинків масових серій м. Алчевськ [Текст] / В. М. Долголаптев, В. М. Андрухов, С. І. Симонов [та ін.] // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: наук.-техн. збірник. – 2011. – Т. 10, № 1. – С. 164-170.

УДК 621.833: 629.423.2

М. М. Бабаєв, В. І. Громов

ОСОБЛИВОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЗНОСІВ АКТИВНИХ ПРОФІЛІВ ЗУБЦІВ ШЕСТЕРЕНЬ І КОЛІС ТЯГОВИХ ЗУБЧАТИХ ПЕРЕДАЧ ЗАЛІЗНИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

М. М. Babaev, V. I. Gromov

FEATURES OF AUTOMATED DETERMINATION OF OPERATIONAL WEAR OF ACTIVE GEAR TEETH PROFILES AND WHEELS OF TRACTION GEARS OF RAILWAY ROLLING STOCK

Зазначено суттєвий вплив характеристик функціонування тягових зубчатих передач (ТЗП) на надійність вітчизняного рухомого складу [1]. Виділено особливості технології деповських ремонтів, при проведенні яких підбір парних шестірни і колеса виконується лише за допустимими рівнями зносів, що визначаються за хордами ділільних кіл відповідними технічними вимірюваннями з

використанням штангензубоміра. Установлено, що для обґрунтованого комплектування ремонтної ТЗП необхідно аналізувати характеристики зачеплення. Це потребує отримання аналітичних описів робочих профілів контактуючих зубців з відповідними ступенями зносу [2, 3]. Для цього необхідно мати значення товщин зубців за всією їх висотою.

Для вирішення поставленої задачі запропоновано спосіб автоматизованого визначення експлуатаційних зносів профілів зубців ремонтних шестерень і коліс ТЗП. Він передбачає попереднє отримання цифрових зображень профілів зубців контрольованого зубчатого колеса з наступною їх обробкою за допомогою розробленого програмного забезпечення [4, 5]. Практична реалізація запропонованого способу потребує використання відповідного пристрою для отримання цифрових зображень профілів зубців за допомогою сканера. Схему вимірювань показано на рис. 1,а. На схемі відображено: сканер зображень 1; напрямні 2; модуль закріплення пристрою на об'єкті дослідження 3; скануюча каретка 4; пасова передача 5; кроковий двигун з редуктором 6; блок управління 7; досліджуване зубчате колесо 8; лампа підсвічування 9, використання якої забезпечує отримання якісних зображень. На рис. 1,б подано особливості конструкції модуля

закріплення сканера зображень на досліджуваному зубчатому колесі, яку складають: металеві пластини 14; стійки для закріплення сканера зображень 15; болти 16 для стягування пластин 14 і відповідної фіксації сканера, платформа 17 для закріплення лампи підсвічування. Практичне використання способу в умовах локомотиворемонтних депо передбачає таку послідовність дій:

1. На основі робочих креслень і виготовленого нового колеса ТЗП, що розглядається, аналізуються і контролюються основні геометричні параметри зубців. За допомогою штангензубоміра визначаються товщини зубців за хордами характерних кіл: вершин, початкових, ділільних та основних. Результати вимірювань порівнюються з відповідними розрахунковими значеннями на кресленні.

2. З використанням поданого на рис. 1 пристрою отримуються цифрові зображення профілів зубців нового колеса.

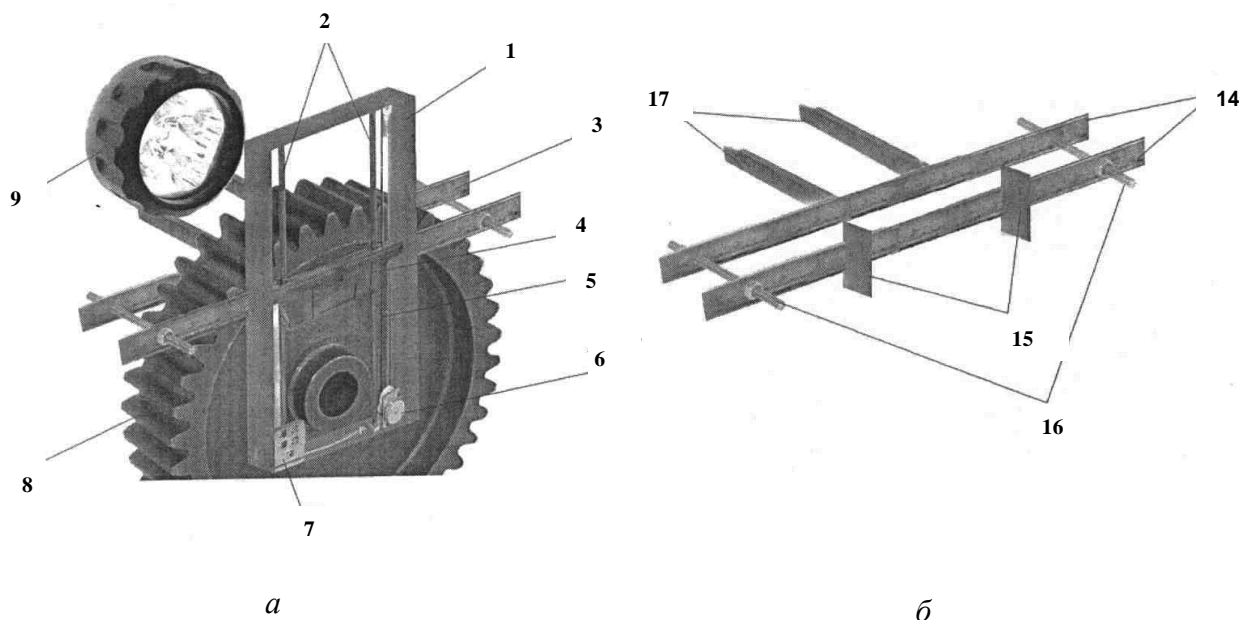


Рис. 1. До розгляду особливостей отримання цифрових зображень профілів зубців шестерень і коліс ТЗП

3. Отримане цифрове зображення профілів зубців нового колеса вводиться у комп'ютер і при відомих дійсних розмірах з використанням розробленого програмного забезпечення визначається масштабний коефіцієнт μ_l :

$$\mu_l = \overline{s_\delta} / \overline{s_{np}},$$

де $\overline{s_\delta}$ – введене дійсне значення товщини зубця за хордою ділильного кола, мм; $\overline{s_{np}}$ – визначене за допомогою програмного забезпечення на основі отриманого цифрового зображення її відповідне значення, піксель.

Приклади цифрових зображень зубців наведено на рис. 2.

4. На основі цифрового зображення і визначеного масштабного коефіцієнта отримується цифровий опис профілю зубців нового колеса в дійсних значеннях їх геометричних параметрів.

5. За описаною технологією отримуються цифрові описи профілів зубців шестерень та коліс з різним ступенем зносу.

6. Отримані цифрові описи профілів зубців досліджуються з використанням програмного відповідного забезпечення [5]: скануванням встановленим кроком визначаються товщини зубця за хордами концентричних кіл за всією висотою зубця, зноси профілів визначаються у порівнянні до профілю нового зубця.

Отримана за допомогою запропонованого способу інформація про величини експлуатаційних зносів активних профілів зубців шестерень та коліс за всією висотою зубців є вузловим моментом у проведенні розрахунково-експериментальних досліджень з оцінювання характеристик зачеплення ремонтних ТЗП. Їх результати дають можливість обґрунтованої оптимальної комплектації пар «шестірня-колесо» при виконанні відповідних деповських ремонтів залізничного рухомого складу.

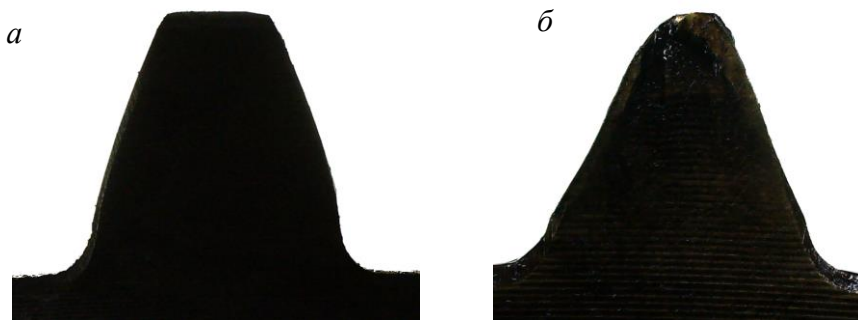


Рис. 2. Цифрові зображення нового (а) та зношеного (б) зубців зубчатого колеса електропоїзда серії ЕР-2

Список використаних джерел

1. Мороз, В. І. Обґрунтування перспективних напрямків підвищення експлуатаційної надійності тягових передач електропоїздів серії ЕР-2 [Текст] / В.І. Мороз, О.В. Братченко, С.В. Бобрицький // Зб.

наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 111. – С.176-182.

2. Братченко, О. В. Узагальнені математичні моделі для удосконаленої технології ремонту тягових зубчатих передач рухомого складу [Текст] / О.В. Братченко, В.І. Громов // Зб. наук. праць Укр. держ.

акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип.139. – С.169-174.

3. Wang T. Fault diagnosis for wing turbine planetary ring gear via a meshing resonance based filtering algorithm/ T.Wang, F.Chu', Q.Han // ISA Transaction. – 2017. – Vol. 67. – pp. 173 – 182.

4. Спосіб визначення товщини зубця зубчатого колеса [Текст] / пат. 103077 Україна, МПК F16H 1/06 (2006.01) / В.І. Мороз, С.В. Бобрицький, В.І. Громов,

О.В. Братченко (Україна); власник Український державний університет залізничного транспорту. – заявка а2014 08648 30.07.2014; опубл. 10.12.2015, бюл. №23.

5. Комп'ютерна програма «Зубомір» [Текст]: свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 63194 від 24.12.2015 / Братченко О.В., Бобрицький С.В., Громов В.І., Анацький О.О. – К.: Державна служба інтелектуальної власності України, 2015.

УДК 621.436

В. І. Мороз, О. В. Братченко

ДИНАМІЧНИЙ СИНТЕЗ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ ПРОФІЛІВ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИХ КУЛАЧКІВ ТРАНСПОРТНИХ ФОРСОВАНИХ ДИЗЕЛІВ

V. I. Moroz, O. V. Bratchenko

DYNAMIC SYNTHESIS OF HIGH-EFFICIENCY PROFILES OF GAS-DISTRIBUTING CAMS OF TRANSPORT FORCED DIESEL ENGINES

Перспективним напрямком робіт з поліпшення експлуатаційних показників чотиритактних транспортних дизелів поряд з удосконаленням процесів сумішоутворення, згоряння, теплопередачі є дослідження, спрямовані на поліпшення газообмінних процесів у циліндрах [1, 2]. Найбільш раціональним шляхом практичного вирішення зазначеної наукової задачі є використання вискоефективних безударних газорозподільних кулачків. Такі кулачки мають забезпечувати гранично високі значення «час-переріз» клапанів (ЧПК) з урахуванням відповідних технічних, технологічних обмежень, вимог міцності, умов прийнятних динамічних характеристик, чому відповідає відсутність розривів у кінематичному ланцюзі привода клапанів, прийнятні значення максимального кута тиску кулачка на штовхач і прийнятного коефіцієнта запасу

клапанних пружин за силами інерції [2, 3]. Тому за своїм змістом процес профілювання вискоефективних безударних газорозподільних кулачків слід розглядати як задачу їх динамічного синтезу.

Вузловим питанням вирішення сформульованої задачі є формування і отримання математичного опису відповідної кривої зміни прискорень штовхача. Аналіз літературних джерел [1, 2, 4] показав, що відомі методи синтезу безударних профілів (наприклад, методи Курца, «Полідайн») не забезпечують отримання потрібних, особливо для форсованих транспортних дизелів, значень ЧПК. Проте використання нових підходів до профілювання вискоефективних за величиною ЧПК кулачків ускладнене значною кількістю ділянок кривої прискорень штовхача, що потребує

обґрунтованого визначення великої кількості їх відповідних параметрів [4]. Це підтверджує актуальність досліджень з подальшого розвитку теорії динамічного синтезу високоефективних профілів газорозподільних кулачків транспортних форсованих дизелів.

Авторами запропонований новий патенто захищений метод динамічного синтезу високоефективних кулачків привода клапанів дизелів [5], відповідно до якого крива прискорень $a_{qi} = f(\varphi_i)$ (рис. 1) на протязі фазового кута віддалення φ_B складається з трьох ділянок: компенсації теплового зазора $a-b$ протяжності Φ_{S_0} , додатних прискорень штовхача $b-e$ протяжності φ_1 , від'ємних

прискорень штовхача $e-h$ протяжності φ_2 . Кожна ділянка кривої описується відповідним ступеневим поліномом:

Ділянка компенсації теплового зазора $a-b$: $0 \leq \varphi_i \leq \Phi_{S_0}$

$$a_{qi} = A_0\varphi_i^3 + B_0\varphi_i^2 + C_0\varphi_i. \quad (1)$$

Ділянка $b-e$: $0 \leq \varphi_i \leq \varphi_1$

$$a_{qi} = A_1\varphi_i^n + B_1\varphi_i^m + C_1\varphi_i^p + D_1\varphi_i^q. \quad (2)$$

Ділянка $e-h$: $0 \leq \varphi_i \leq \varphi_2$

$$a_{qi} = A_2\varphi_i^r + B_2\varphi_i^s + C_2\varphi_i^t + D_2\varphi_i^u. \quad (3)$$

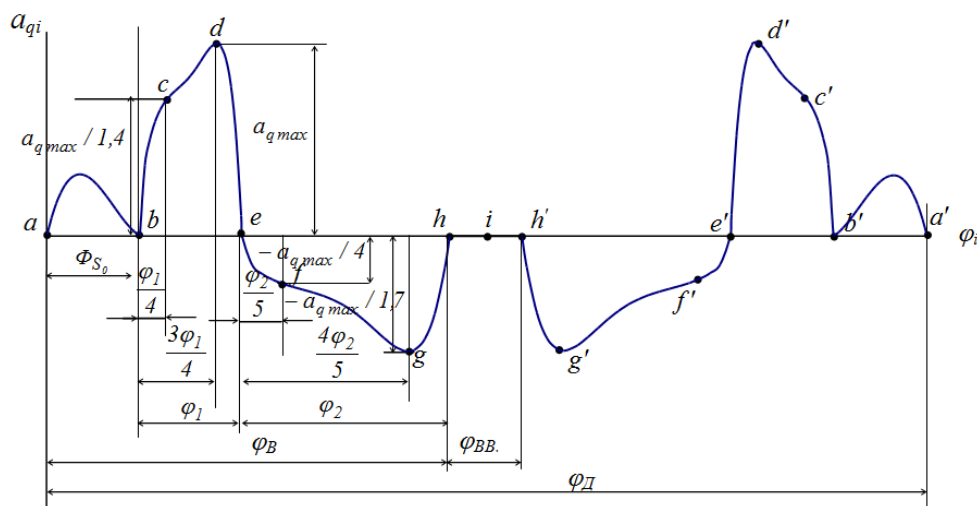


Рис. 1. Базова крива аналогів прискорень штовхача нового методу профілювання газорозподільних кулачків

У формулах показники ступенів поліномів (2), (3) доцільно приймати з указаних інтервалів значень, які отримано за результатами пошукових досліджень: $r = 0, 1 \dots 0, 5$; $s = 1 \dots 3$; $t = 3 \dots 7$; $u = 3 \dots 9$. Величини коефіцієнтів поліномів $A_0, B_0, C_0, A_1, B_1, C_1, D_1, A_2, B_2, C_2, D_2$ розраховуються за умов забезпечення потрібних координат характерних точок (рис. 1) $a-b-c-d-e-f-g-h$ кривої прискорень

штовхача $a_{qi} = f(\varphi_i)$. Формули для визначення аналогів поточних величин аналогів швидкостей v_{qi} і переміщень S_i штовхача отримані відповідно інтегруванням і подвійним інтегруванням формул (1)...(3) [5]. Запропонований новий метод профілювання високоефективних газорозподільних кулачків використовувався при вирішенні задач з удосконалення конструкції КМГР транспортних дизелів

ЧН26/26 і ЧН26/27. Фрагмент отриманих результатів дослідження, спрямованого на удосконалення конструкції розподільних валів дизелів ЧН26/27, подано на рис. 2. Їх аналіз показав, що нові кулачки у порівнянні із серійними тангенціальними кулачками забезпечують збільшення ЧПК клапанів на 15 % при виконанні всіх заданих умов на проектування.

Наведені результати динамічного синтезу високоефективних газорозподільних кулачків для дизелів ЧН26/27 обґрунтовують доцільність використання розробленого авторами методу та відповідних розрахункових залежностей при проектуванні або модернізації КМГР форсованих чотиритактних дизелів.

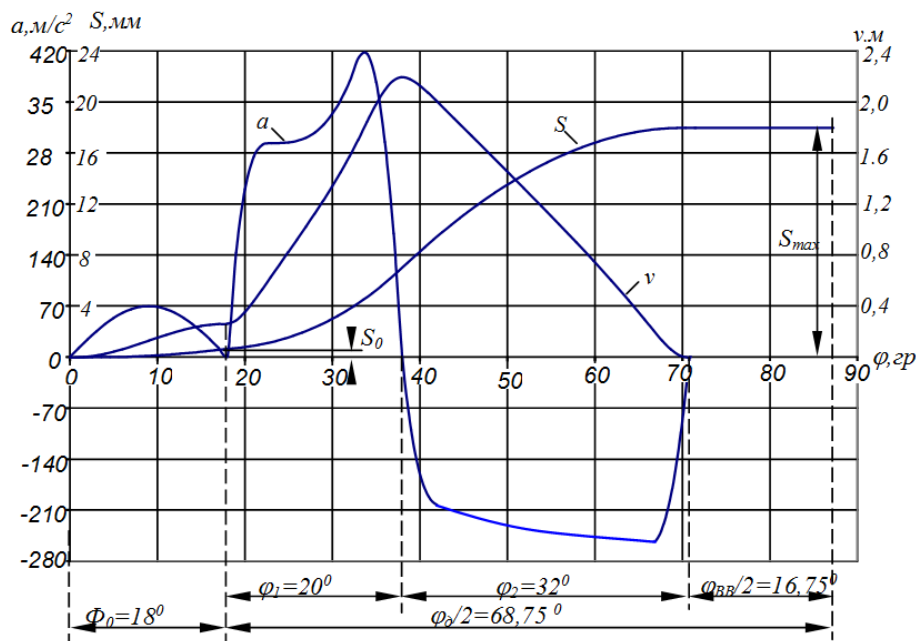


Рис. 2. Кінематичні характеристики штовхача КМГР тепловозного дизеля типу Д80 (ЧН 26/27) з новим кулачком

Список використаних джерел

1. Марченко, А. П. Двигуни внутрішнього згоряння: Розробка конструкції форсованих двигунів наземних транспортних машин [Текст] / А.П. Марченко, М.К.Рязанцев, А.Ф.Шеховцов. – Харків: Прапор, 2004. – 384 с.

2. Мороз, В. І. Розроблення узагальненого формалізованого описання задачі динамічного синтезу безударних профілів кулачків привода клапанів транспортних дизелів [Текст] / В.І. Мороз, К.В. Астахова // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 111. – С. 82-93.

3. X. Zhang. Effects of late intake valve closing (LIVC) and rebreathing valve strategies on diesel engine performance and emissions at low loads / X. Zhang, Hu Wang, Z. Zheng, Rolf D. Reitz, Mingfa Yao // Applied Thermal Engineering. – 2016. – Vol. 98. – P. 310-319.

4. Братченко, О. В. Узагальнені математичні моделі для динамічного синтезу безударних газорозподільних кулачків тепловозних дизелів [Текст] / О.В. Братченко // Зб. наук. праць Донецького інституту залізничного транспорту. – Донецьк: ДонІЗТ, 2012. – Вип. 32. – С. 162-166.

5. Кулачок привода клапана [Текст] : пат. №104978 Україна МПК F01L 1/08 / Мороз В.І., Братченко О.В., Громов В.І.

(Україна); власник Українська державна академія залізничного транспорту. - Заявл. 14.06.2012; опубл. 25.03.2014, Бюл.№ 6.

УДК 629.424.1:621.436.004.15

В. І. Мороз, О. В. Братченко, В. С. Тищенко

ГЕОМЕТРИЧНА МОДЕЛЬ МЕХАНІЗМУ ПРИВОДА КЛАПАНІВ ТЕПЛОВОЗНОГО ДИЗЕЛЯ Д49

V. I. Moroz, O. V. Bratchenko, V. S. Tishchenko

GEOMETRICAL MODEL OF THE MECHANISM OF THE DRIVE VALVES DIESEL LOCOMOTIVE D49

При вирішенні задачі підтримки наявного у належному стані рухомого складу ПАТ «Укрзалізниця» значна увага приділяється тепловозному парку, більшу частину якого складають локомотиви, обладнані енергетичними установками з дизелями Д49 (ТЕП70, 2ТЕ116 та ін.) [1]. Тому особливого значення набуває проблема забезпечення експлуатаційної надійності та довговічності таких дизелів. До кола таких задач входить визначення характеристик руху та напружено-деформованого стану окремих механізмів і деталей підсистеми розподільного вала дизеля [2]. З урахуванням складності та високої вартості проведення експлуатаційних досліджень [3] особливої актуальності набуває вирішення наведених задач на основі розроблення та дослідження відповідних 3D-моделей, перевагою яких є висока точність та достовірність результатів моделювання [4]. Вузловим моментом у створенні таких моделей є розроблення геометричних моделей (ГМ) [5] розглянутих механізмів, у тому числі механізму привода клапанів (МПК).

Розглянуто особливості проведення поелементного синтезу геометричної моделі механізму привода клапанів тепловозного дизеля Д49 і подано

розроблені з їх використанням геометричні моделі. Запропонована поетапна послідовність дій з побудови геометричної моделі, яка передбачає аналіз особливостей конструкції механізму привода клапанів, взаємодії між його елементами, виду поверхонь елементів, вибір можливих операцій у відповідному програмному середовищі. Надано геометричну модель механізму привода клапанів дизеля Д49 (див. рисунок), яка є основою для створення відповідної 3D-моделі. Зазначено, що до переваг такої моделі в порівнянні з експериментальними дослідженнями слід віднести суттєве скорочення витрат при забезпеченні високої точності визначення характеристик руху та показників напружено-деформованого стану деталей підсистеми розподільного вала дизеля.

Розроблена геометрична модель механізму привода клапанів тепловозного дизеля Д49 є основою для створення відповідної 3D-моделі. До переваг такої моделі в порівнянні з експериментальними дослідженнями слід віднести суттєве скорочення витрат при забезпеченні високої точності визначення характеристик руху та показників напружено-

деформованого стану деталей підсистеми розподільного вала.

Висвітлені у статті особливості поелементного синтезу можуть використовуватись у дослідженнях різних механізмів відповідних підсистем конструкції тепловоза [6].

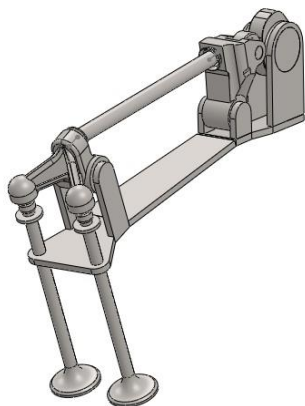


Рис. Геометрична модель механізму привода клапанів дизеля Д49

Список використаних джерел

1. Боднар, Б. Є., Теорія та конструкція локомотивів. Основи проектування [Текст]: підруч. для ВНЗ залізничного транспорту / Б.Є. Боднар, Є.Г. Нечасєв, Д.В. Бобир; за

ред. д-ра техн. наук, проф. Б.Є. Боднара. – Д.: ПП «Ліра ЛТД», 2010. – 358 с.

2. Тіщенко, В. С. Новий підхід до розрахункових досліджень механізмів локомотивної енергетичної установки з V-подібним дизелем [Текст] / В.С. Тіщенко // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 86. – С. 122-128.

3. Yuliang Xu, Ziqin Wang, Jiadui Chen. Hydraulic variable valve system for improving the performance of internal combustion engine // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2016. – Vol. 1. – P. 53-58.

4. Тику, Ш. Эффективная работа: SolidWorks 2004 [Текст] / Ш. Тику. — СПб.: Питер, 2005. — 768 с.

5. Guobao Xiao, Hanzi Wang, Yan Yan, Liming Zhang. Mode seeking on graphs for geometric model fitting via preference analysis / Pattern Recognition Letters – 2016. – Vol. 83. – P. 294-302.

6. Братченко, О. В. Блочно-ієрархічне описання конструкції сучасних тепловозів [Текст] / О.В. Братченко // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 119. – С. 136-141.

УДК 629.4.027.4.004.15

С. В. Бобрицький

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ТЯГОВИХ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ ПРИ ВИКОНАННІ ДЕПОВСЬКИХ РЕМОНТІВ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ СЕРІЇ ЕР-2

S. V. Bobritskiy

IMPROVING THE OPERATING RELIABILITY OF THE TRACTION GEAR WHEN PERFORMING DEPOT REPAIRS ELECTRIC TRAIN SERIES ER-2

Залізничний транспорт посідає провідне місце в транспортному комплексі України. Одним із пріоритетних напрямків розвитку залізниць є підвищення

експлуатаційної надійності рухомого складу. При цьому особлива роль відводиться забезпеченню необхідних характеристик його окремих модулів

конструкції та агрегатів. Наведені результати аналізу питомих складових інвентарного парку електропоїздів Укрзалізниці свідчать про те, що найбільш вагому частину (39 % інвентарного парку та 60 % парку електропоїздів постійного струму) складають електропоїзди серії EP-2. Разом з тим на сьогодні 91 % електропоїздів серії EP-2 експлуатуються за межами нормативно встановленого терміну служби [1]. Внаслідок повільного оновлення інвентарного парку експлуатація електропоїздів можлива лише за умови виконання комплексу заходів щодо підвищення їх експлуатаційної надійності. Одним з основних модулів конструкції електропоїздів, що безпосередньо впливає на безпеку руху, є екіпажна частина, до складу якої входить тягова зубчаста передача (ТЗП). Вимоги, що висуваються до експлуатаційної надійності ТЗП, досить високі, тому що порушення її працездатності практично визначає відмову всієї моторної секції [2]. Контроль стану деталей тягового привода засвідчив, що близько 80 % відмов тягової передачі припадає на ушкодження в основі зубців шестерень, що є характерною ознакою втрати їх опору згинним напруженням σ_F [3].

Запропоновано підхід, який ґрунтується на визначенні вірогідності безвідмовної роботи p_F ТЗП за критерієм опору згинним напруженням [4]:

$$p_F = \text{Вер}(\sigma_F < \sigma_{F \text{ lim}}), \quad (1)$$

де σ_F – границя контактної витривалості.

На основі методів математичного планування експерименту була отримана узагальнена математична модель та побудований допоміжний графік (див. рисунок), який дає змогу оцінювати вплив ступенів зносу шестірні Δ_1 та зубчатого колеса Δ_2 на вірогідність безвідмовної роботи p_F ТЗП.

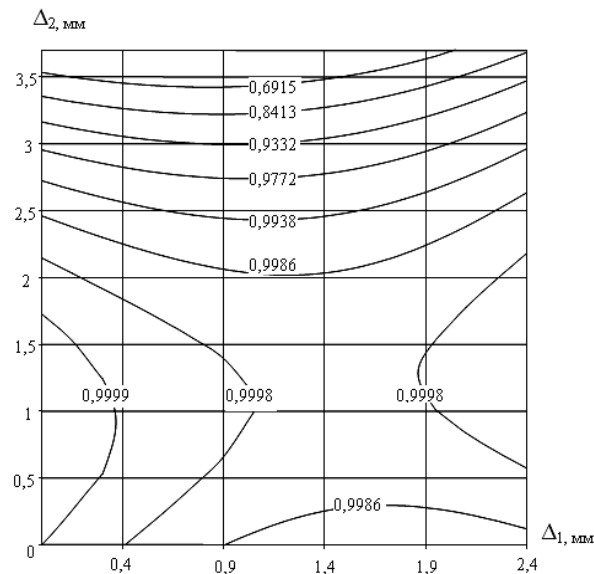


Рис. Допоміжний графік для визначення вірогідності безвідмовної роботи p_F тягової зубчастої передачі електропоїзда серії EP-2

Наведені матеріали підтверджують доцільність використання запропонованого підходу для підвищення надійності ТЗП під час виконання деповських ремонтів за рахунок обґрунтованого підбору пар шестірня-зубчате колесо з різними ступенями зносу.

Список використаних джерел

1. Мороз, В. І. Обґрунтування перспективних напрямків підвищення експлуатаційної надійності тягових передач електропоїздів серії EP-2 [Текст] / В.І. Мороз, О.В. Братченко, С.В. Бобрицький // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 111. – С.176-182.
2. Бирюков, И. В. Тяговые передачи электродвижного состава железных дорог [Текст] / И.В. Бирюков, А.И. Беляев, Е.К. Рыбников. – М.: Транспорт, 1986. – 256 с.
3. Praveen Silori. Finite Element Analysis of Traction Gear Using ANSYS / Praveen Silori, Amir Shaikh, K.C. Nithin Kumar, Tushar Tandon // Materials Today:

Proceedings. – 2015. – Vol. 2, Issues 4–5. – P. 2236-2245.

4. Шишмарев, В. Ю. Надежность технических систем [Текст]: учебн. для

студентов высших учебных заведений / В.Ю. Шишмарев. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 304 с.

УДК 539.2: 621.9.047.7/785.5, 621.81

О. В. Надтока, Н. А. Аксенова, О. В. Оробинський

КОНЦЕНТРАЦІЯ НАПРУЖЕНЬ НАВКОЛО ОТВОРІВ У ПЛАСТИНАХ З ОДНОСПРЯМОВАНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

О. V. Nadтока, N. A. Aksenova, A. V. Orobinsky

STRESS CONCENTRATION AROUND HOLES IN THE PLATES OF UNIDIRECTIONAL COMPOSITE MATERIALS

Як відомо, композитні матеріали – це штучно створені неоднорідні суцільні матеріали, що складаються з двох або більше компонентів з чіткою границею розподілу між ними. Тонкостінні елементи конструкції з композиційних матеріалів широко використовуються в різних галузях сучасної техніки. Внаслідок конструктивних або технологічних вимог такі елементи послаблюються круговими отворами, навколо яких виникає концентрація напружень. Локальне підвищення напружень істотно впливає на міцність конструкції в цілому. У пластинах з композитних матеріалів коефіцієнти концентрації залежать від структури композита, і це визначає актуальність досліджень напруженого стану навколо отворів з урахуванням усіх факторів, які впливають на загальну міцність конструкції.

Розглянуто питання виникнення концентрації напружень навколо отвору в пластинах з односпрямованих волокнистих композитів залежно від структури, властивостей матриці та наповнювача, а також умов навантаження. Проведено аналіз можливості гомогенізації, тобто створення стійкої однорідної структури у дво- або багатофазних системах шляхом

ліквідації концентраційних мікронеоднорідностей, що утворюються при змішуванні речовин, які взаємно не розчинюються, та визначення ефективних пружних характеристик для еквівалентного ортотропного матеріалу, тобто матеріалу з різними властивостями за трьома взаємно перпендикулярними напрямками; проведено аналіз основних факторів, які визначають рівень концентрації напружень. При дослідженні концентрації напружень у композитних пластинах з отворами передбачається, що товщина пластини значно менша, ніж радіус отвору. Це дає змогу проводити дослідження в рамках плоскої задачі теорії пружності. Враховується, що характерні розміри внутрішньої структури композита, радіус волокон та параметри осередку значно менші, ніж товщина пластини. Матеріал пластини розглядається як гомогенне ортотропне пружне тіло.

Ефективні пружні постійні, які пов'язують середні напруження і деформації в ортотропному тілі,

$$\varepsilon_{ij} = a_{ijkl} \cdot \sigma_{kl} \cdot$$

Для вирішення завдань плоского напруженого стану пружні властивості

ортотропного тіла визначаються чотирма незалежними постійними. Для їх визначення застосовується методика вирішення плоских двоякоперіодичних завдань з використанням функцій комплексного змінного.

Вирішення задач при поздовжньо-поперечному розтягу та поздовжньо-поперечному зсуві дає змогу отримати в явному вигляді залежності між усередненими пружними постійними композита та властивостями матеріалів матриці і волокон для різних схем армування. У нескінченній ортотропній пластині, послабленій коловим отвором, найбільші напруження виникають по контуру отвору.

Список використаних джерел

1. Алфутов, Н. А. Расчет многослойных пластин и оболочек из композиционных материалов [Текст] / Н.А. Алфутов [и др.]. – М: Машиностроение, 1984. – 264 с.
2. Болотин, В. В. Механика многослойных конструкций [Текст] / В.В. Болотин, Ю.Н. Новичков. – М.: Машиностроение, 1980. – 375 с.
3. Ванин, Г. А. Микромеханика композиционных материалов [Текст] / Г.А. Ванин. – К. Наукова думка, 1971. – 304 с.

4. Малмейстер, А. К. Сопротивление полимерных и композитных материалов [Текст] / А.К. Малмейстер, В.П. Тамуж, Г.А. Тетерс. – Рига: Зинатне, 1980. – 572 с.

5. Тарнопольский, Ю. М. Особенности расчета деталей из армированных пластиков [Текст] / Ю.М. Тарнопольский, А.В. Розе. – Рига: Зинатне, 1969. – 274 с.

6. Лаврентьев, М. А. Методы теории функций комплексного переменного [Текст] / М.А. Лаврентьев, Б.В. Шабат. – М.: Наука, 1973. – 736 с.

7. Лехницкий, С. Г. Теория упругости анизотропного тела [Текст] / С.Г. Лехницкий. – М.: Наука, 1977. – 415 с.

8. Мусхелишвили, Н. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости [Текст] / Н.И. Мусхелишвили. – М.: Наука, 1966. – 708 с.

9. Образцов, И. Ф. Метод конечных элементов в задачах строительной механики летательных аппаратов [Текст] / И.Ф. Образцов, Л.М. Савельев, Х.С. Хазанов. – М.: Высшая школа, 1985. – 392 с.

10. Lotfi Toubal, Moussa Karama, Bernard Lorrain. Stress concentration in a circular hole in composite plate. Laboratoire Genie de Production, Equipe CMAO, Groupe M2SF, ENIT, Chemin d' Azereix BP 1629, 65016 Tarbes Cedex, France Available online, 9 April 2004.

УДК 539.2: 621.9.047.7/785.5, 621.81

Н. А. Аксенова, О. В. Оробинський, О. В. Надтока

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ФУЛЛЕРЕН-ВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ

N. A. Aksenova, A. V. Orobinsky, O. V. Nadтока

PROSPECTS OF FULLERENE-CONTAINING MATERIAL IN THE TRANSPORT SECTOR

Створення технологічних засобів нового покоління для залізничного транспорту ставить перед дослідниками

багатопроблемні задачі, серед яких одержання нових матеріалів із заданими властивостями відіграє одну з

найважливіших ролей. Одним із перспективних напрямків є широке застосування матеріалів на основі фуллерену [1]. Молекула фуллерену C_{60} являє собою усічений ікосаедр, що має майже сферичну симетрію. Величина

діаметра молекули складає $\sim 10\text{\AA}$, тобто належить до класу наноматеріалів. Висока симетрія молекул відображається в наборі унікальних фізичних властивостей. Загальні властивості C_{60} подано в таблиці.

Таблиця

Основні характеристики молекули фуллерену і фізичні властивості чистого C_{60} [1]

Щільність	$1.72 \times 10^{-10} \text{ г/см}^3$
Модуль пружності	14 ГПа
Об'ємний коефіцієнт теплового розширення	$6.0 \times 10^{-5} \text{ 1/К}$
Швидкість звуку V_l (подовжня)	$2.6 \times 10^3 \text{ м/с}$
Швидкість звуку V_t (поперечна)	$1.2 \times 10^3 \text{ м/с}$

Особливі властивості фуллеренів у кристалічному стані вказують як на багатий фізичний зміст явищ, що відбуваються за участі фуллеренів, так і на значні перспективи використання цих матеріалів у різних галузях транспортного машинобудування.

У результаті допіювання C_{60} лужними металами, фуллерен, що утвориться при визначеній стехіометрії, є органічним надпровідником із критичними температурами $T_c \approx 40 \text{ К}$ [1]. На базі такого матеріалу виготовляють електромагнітні соленоїди великої потужності, які можуть застосовуватися в багатьох технічних засобах транспорту. Перетворення кристалічного C_{60} в алмаз відбувається за значно більш м'яких умов, ніж у випадку традиційно використовуюваного з цією метою графіту. Тиск, необхідний для перетворення твердого C_{60} в алмаз, знижується із зростанням температури [2]. Важливо, що це досягається без будь-якого додаткового нагрівання зразка. Така технологічна можливість дає змогу використовувати штучні алмази як необхідні частинки для вимірювальних інструментів та приладів. Уже перші експерименти з дослідження механічних властивостей C_{60} підтвердили сподівання дослідників на створення

високоєфективного твердого змащення на основі C_{60} . Згідно з роботами [2, 3], поверхня твердих матеріалів, покритих фуллереновою плівкою, має аномально низький коефіцієнт тертя, підвищену довговічність та зносостійкість, що дає змогу суттєво збільшити зносостійкість деталей та механічний ККД. За результатами проведених експериментів на апаратах високого тиску, у яких пластичний C_{60} стискався до 300 тис. атм. і піддавався деформації зсуву, у камері утворювалися мікрокристалічні речовини, твердіші за алмаз [4]. Це визначає перспективи його використання при створенні сучасних різальних інструментів. У цьому плані групою авторів [5] було проведено комплексне дослідження структури і мікропластичності чистого C_{60} , вивчено геометрію ковзання і температурні залежності мікротвердості H_V у широкому інтервалі температур. Взаємодії між молекулами визначають низькі величини мікротвердості H_V і границі текучості σ_T кристала C_{60} . При кімнатній температурі типові значення $H_V = 0.2 \text{ ГПа}$ [6], а відношення $H_V / \sigma_T \approx 20$. Надтверді матеріали та матеріали з підвищеною міцністю для відповідальних деталей транспортних технічних засобів можуть бути створені на основі сполук

полімеризованого фуллерену. Відомо [7], що полімеризація приводить до зміцнення, а полімерні фази є особливо міцними [8]. При частковому термічному руйнуванні шарів графіту можуть утворюватися не тільки молекули фуллерену, а також нанотрубки, що мають довжину декілька нанометрів [9] і унікальні механічні властивості, а також надвисоку міцність.

Як зазначено у роботі [10], домішки впровадження суттєво впливають на властивості фуллеренів, приводять до зміцнення даного матеріалу. Найбільш сильне зміцнення відбувалося при витримці кристалів в атмосфері аргону або кисню в результаті впровадження атомів Ag чи молекул O₂ в порожнечі грат C₆₀ [5]. Згідно з роботою [11], C₆₀ також може використовуватися як основа для виробництва акумуляторних батарей. Ці батареї характеризуються більш високою ефективністю, малою вагою, а також екологічною і санітарною безпекою в порівнянні з найбільш сучасними акумуляторами на основі літію. Такі високоефективні батареї можуть бути застосовані в електронній техніці, яка використовується в інформаційно-керуючих системах на транспорті.

Зважаючи на вищевикладене, можна зробити висновок, що нові матеріали, створені на основі фуллерену, та його сполуки відрізняються від традиційних більш високим рівнем механічних характеристик. Це обґрунтовує доцільність проведення науково-дослідних робіт щодо їх промислового одержання та використання для виготовлення деталей, а також елементів конструкцій транспортних технічних засобів.

Список використаних джерел

1. Локтев, В. М. Легированный фуллерит – первый трехмерный органический сверхпроводник [Текст] / В.М. Локтев // ФНТ. – 1991 – Т. 18. - № 3. – С. 217-238.

2. Елецкий, А. В. Фуллерены [Текст] / А.В. Елецкий, Б.М. Смирнов // УФН. – 1993. – Т. 163. - № 2. – С. 33 -61.

3. Елецкий, А. В. Фуллерены и структура углерода [Текст] / А.В. Елецкий, Б.М. Смирнов // УФН. – 1995. - V.165. – № 9. – С. 980-1009.

4. Blank V., Popov V. et al. Is C₆₀ fullerite harder than diamond? // Phys. Lett. A. - 1994.- V.188 - P. 281-286.

5. Структура, системы скольжения и микротвердость кристаллов C₆₀ [Текст] / С. В. Лубенец, В.Д. Нацик, Л.С. Фоменко [и др.] // ФНТ. – 1997. – Т. 23. - № 3. – С. 338- 351.

6. Упругие и диссипативные свойства фуллерита [Текст] / Н. П. Кобелев, А.П. Моравский, Я.М. Сойфер [и др.] // ФТТ. - 1994. – Т. 39. - № 9. – С. 27.

7. Nunez-Regueiro M., Marques L., Hodeau J.- L. et al. Polymerized fullerite structures // Phys. Rev. Lett. - 1995 - v. 74.- №2. - P. 278-281.

8. Aksenova N. A., Isakina A.P., Prokhvatilov A.I., Strzhemechny M.A., Soldatov A.V. and Sundqvist B. Structure studies of C₆₀ polymerized at low Pressures // in: Recent Adv. in the Chem. & Phys. Fullerenes and Rel. Materials (eds. K.Kadish and R.Ruoff) The Electrochem. Soc., Inc., Pennington, NJ. - 1997. - P. 687-694.

9. Елецкий, А. В. Углеродные нанотрубки [Текст] / А.В. Елецкий // УФН. – 1997. – Т. 167. - № 9. – С. 945-972.

10. Aksenova N. A., Isakina A. P., Prokhvatilov A. I., Strzhemechny M.A., Varyukhin V.N. Thermodynamic properties of C₆₀: Effect of impurities // in:Recent Adv. in the Chem. & Phys. of Fullerenes and Rel. materials (eds.K.Kadish and R.Ruoff), The Electrochem. Soc., Pennington NJ. - 1994. – V. 1. – P.1543-1549.

11. Axe J.D., Moss S.C. Structure and dynamics of cristalline C₆₀ //Solid State Physics: Adv.in Res. and Applic., edited by Ehrenreich H. and Spaepen F., New York: Acad. Press. – 1994. – V. 48. – P.149-224.

ПРИСКОРЕНІ ВИПРОБУВАННЯ СЕПАРАТОРІВ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ

A. V. Orobinsky, N. A. Aksenova, O. V. Nadtoka

ACCELERATED TEST SEPARATORS BALL BEARING

На опорний підшипник завжди діють одна або декілька радіальних сил, головний вектор яких або повертається відносно осі підшипника (у випадку незрівноваженого ротора), або є нерухомим (у випадку передачі моменту через зубчасте зчеплення). В обох випадках навантаження, діюче на тіла кочення, періодично змінюється від нуля до максимуму. При цьому навантаженні тіла кочення стиснуті між кільцями підшипника і одне з них штовхає сепаратор [1]. Якщо кутова швидкість обертання незмінна, то взаємодія між сепаратором і тілами кочення відбувається безударно. В умовах змінної кутової швидкості характер цієї взаємодії ударний, що руйнує сепаратор. Сила удару буде тим більша, чим більша відносна кутова швидкість елементів взаємодії, а також їх маси. Перший елемент взаємодії складається із сепаратора і тіл кочення, що не стиснуті між кільцями підшипника, другий – з навантажених тіл кочення кілець підшипника [1, 2]. Очевидно, що маса другого елемента тим більша, чим більше навантаження підшипника. З метою перевірки стану сепаратора проводилось дослідження декількох типів підшипників серійної та експериментальної конструкції.

Для реалізації умов, необхідних для прискореного випробування сепараторів, розроблено спеціальний стенд, який забезпечує радіальне навантаження підшипника, рівномірне обертання зовнішнього кільця та динамічний рух,

подібний коливальному, внутрішнього кільця. Останнє забезпечує ударний характер взаємодії елементів підшипника. Контроль за станом підшипника відбувається за показниками приладів, які вимірюють температуру внутрішнього кільця і рівень вібрацій зовнішнього. При випробуваннях величина радіального навантаження обиралась нижче припустимого значення динамічної вантажопідйомності підшипника. З метою відслідкування процесу накопичування пошкоджень у сепараторі проводилися випробування двох підшипників 2А207БТ1 до напрацювань 2 і 6 млн циклів динамічного (коливального) руху внутрішнього кільця. Встановлено, що після 2 млн циклів щоки сепаратора розійшлися до 0,2...0,23 мм, наклеп його гнізд склав 0,3...0,35 мм, а рівні вібрації зовнішнього кільця і температури внутрішнього кільця збільшилися не більше 10 %. Після 6 млн циклів зазор між щоками і наклеп гнізд збільшилися у 2 рази, рівень вібрації і температури – 1,4...1,5 рази. Тому наступні випробування зупинялися при зростанні температури на 30⁰С, а рівні вібрацій – у 2 рази в порівнянні з їх початковими величинами.

У таблиці зведені результати порівняльних прискорених випробувань підшипників серійних, в яких спостерігалися експлуатаційні руйнування сепараторів, і експериментальних, які були рекомендовані до впровадження.

Таблиця

Вузол двигуна	Конструкція	Тип підшипника	Напрацювання, млн циклів	Стан сепаратора
Привод розподільних валів	Серійна	7207	0,145	Розрив заклепок та руйнування щік
	Експериментальна	2A207BT1	2,5	Сліди наклепу, розходження щік не більш $0,23 \times 10^{-3} \text{ м}$
Привод стартер-генератора	Серійна	206K	1,04	Руйнування сепаратора за отворами під заклепки
	Експериментальна	30206B1T2	20	Зауважень нема
Центральний вал нагнітача	Серійна	2A207BT1	14,15	Наклеп глибиною до $0,8 \times 10^{-3} \text{ м}$, викривлення щік, розходження щік до $1,2 \times 10^{-3} \text{ м}$, розрив заклепок
	Експериментальна	2042207L2	40	Зауважень нема

Список використаних джерел

1. Подшипники качения [Текст]: справочник-каталог / под ред. В. Н. Нарышкина и Р. В. Коросташевского. – М.: Машиностроение, 1984. – 280 с.

2. Ступин, А. В., Эксплуатационные дефекты подшипников качения и их проявление в вибросигнале [Текст] / А.В. Ступин, Д.И. Пудов // Научный альманах (Science almanac). – 2016. - № 4 – 3 (18) – С. 197 – 205.

УДК 629.463.001.63

*О. А. Логвіненко, О. В. Бурлуцький***ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ РУХОМОГО СКЛАДУ***О. А. Logvinenko, O. V. Burlutskyi***FEATURES OF TECHNOLOGICAL CONTROL IN MAKING THE MAIN ELEMENTS OF MOBILE COMPOSITION CONSTRUCTIONS**

Залізничний транспорт України є провідною галуззю в дорожньо-транспортному комплексі країни, який забезпечує 82 % вантажних і майже 50 % пасажирських

перевезень, що здійснюються усіма видами транспорту. За обсягами вантажних перевезень залізниці України посідають четверте місце на Євразійському

континенті, поступаючись лише залізницям Китаю, Росії та Індії. При цьому вантажонапруженість українських залізниць у 3-5 разів перевищує відповідний показник розвинених європейських країн. Відповідно до Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року (схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 року № 1555-р.) та основних положень державної цільової програми 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)) підвищення надійності одиниць рухомого складу залізниць є актуальною та комплексною проблемою. В той самий час високі швидкості і збільшені навантаження диктують підвищені технічні вимоги до міцності основних елементів їх конструкцій [1-3].

Основним технологічним процесом при виготовленні елементів конструкцій рухомого складу є зварювання, яке нарівні з іншими технологічними процесами в значній мірі визначає технологічний рівень багатьох галузей промисловості. Успіхи в розробленні зварної техніки та у науці про зварювання дали змогу здійснити справжній переворот як у локомотиво-, так і вагонобудуванні, створити принципово нові, високоекономічні та надійні конструкції рухомого складу, в багато разів підвищити продуктивність праці. Отже, зварювання є основою для виготовлення металоконструкцій локомотивів, вантажних та пасажирських вагонів і значною мірою визначає їх надійність та довговічність. Поряд з іншими видами з'єднання переваги зварних з'єднань є очевидними, але високотемпературне нагрівання при цьому технологічному процесі викликає зміну як фізичних, так і механічних характеристик матеріалу зварювальних металоконструкцій. Також у зварних елементах виникають післязварювальні залишкові напруження

(макронапруження) та деформації, які суттєво знижують якість зварних металоконструкцій [4, 5]. Причинами їх виникнення є нерівномірне нагрівання зварювального елемента, усадка розплавленого металу шва та структурні перетворення, які навколо його відбуваються. У зв'язку з цим виникає потреба в проведенні відповідних заходів щодо усунення наслідків появи залишкових напружень та деформацій і здійсненні технологічного контролю при виготовленні основних елементів конструкцій рухомого складу. У зв'язку з тим, що жоден з існуючих способів зварювання не забезпечує гарантованого бездефектного зварного з'єднання, велика увага приділяється післязварювальним методам його обробки, а саме методам правки, які дозволяють відновити геометричні форми деталей після зварювання [6-8]. Традиційно для стабілізації форм зварних металоконструкцій після зварювання застосовують механічну правку, але найбільшого розповсюдження у виготовленні зварювальних конструкцій отримав метод термічної правки з місцевим нагріванням, як більш економічно доцільний. Основною його перевагою є універсальність, оскільки за його допомогою можна виправити будь-яку зварювальну конструкцію, яка має складну конфігурацію та габарити. Водночас з цим при термічній правці використовується зварювальне полум'я, тому вона не потребує жодного спеціального обладнання, крім звичайного газового зварювального апарата. У свою чергу при її використанні, застосовуючи відповідні технологічні підходи, можна виправити конструкцію з будь-яким ступенем точності. Наприклад, при правці балки хребтової (рис. 1), яка є основним елементом несучої системи напіввагона, для усунення прогину, що виникає у процесі її зварювання, доцільно використовувати метод безударної термічної правки з місцевим нагріванням, який реалізується

шляхом створення внутрішнього напруженого стану термічним впливом. Він

полягає у прогріві трикутників («клинів», рис. 1) на зетових профілях рис. 2.

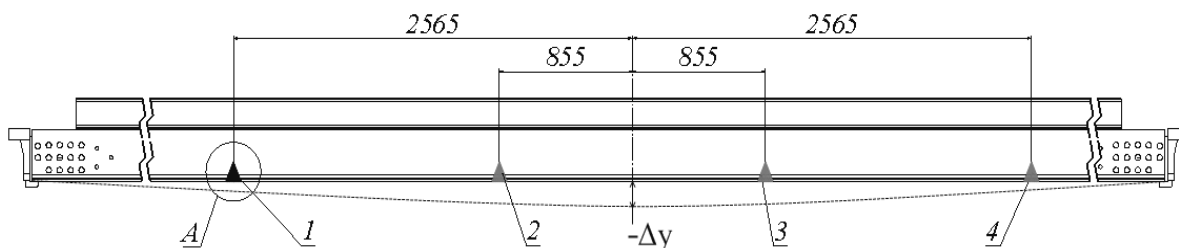


Рис. 1. Балка хребтова з місцями для прогрівання методом «клинів»

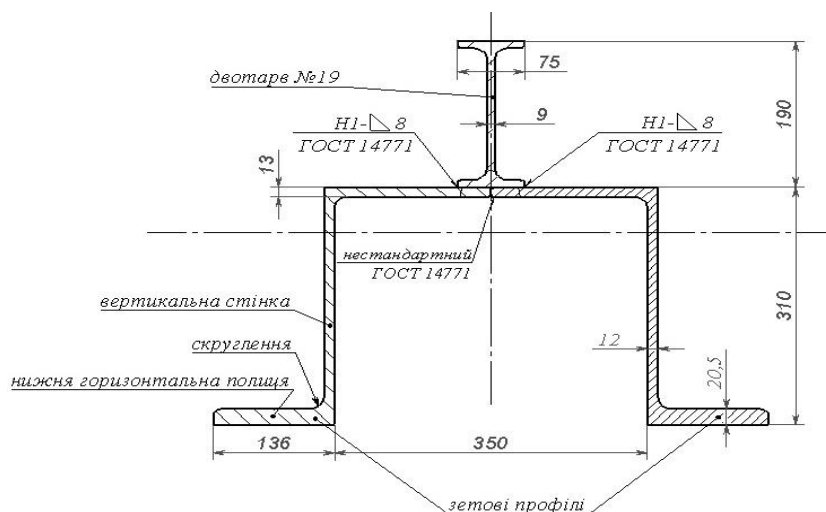


Рис. 2. Поперечний переріз балки хребтової

Викладений технологічний підхід щодо боротьби з наслідками появи залишкових деформацій може бути використаний при виправленні технологічнодеформованих металоконструкцій одиниць рухомого складу.

Список використаних джерел

1. Vickerman R. High-speed rail in Europe: experience and issues for future development / R. Vickerman // The Annals of Regional Science, 1997. - 31. - P. 21-38.
 2. Киселёв. И. П. Высокоскоростной железнодорожный транспорт: Современные вызовы и перспективы развития

[Текст] / И.П. Киселев // Железнодорожный транспорт. – 2012. - №12. – С. 34-39.

3. Fomin O. Modern requirements to carrying systems of railway general-purpose gondola cars/ O.V. Fomin / Scientific and technical journal // Metallurgical and Mining Industry. – 2014. – No. 5. – P.31-43.

4. Винокуров, В. А. Сварочные деформации и напряжения [Текст] / В.А. Винокуров. – М.: Машиностроение, 1968. – 235 с.

5. Биргер, И. А. Остаточные напряжения [Текст] / И.А. Биргер. – М.: Транспорт, 1983. – 232 с.

6. Фомін, О. В. Дослідження дефектів та пошкоджень несучих систем залізничних

напіввагонів [Текст]: монографія / О.В. Фомін. – К.: ДЕУТ, 2014. – 299 с.

7. Burlutsky O. Application methods changes plastic deformation after welding sill gondola cars / O.V. Burlutsky / Scientific and

technical journal // Metallurgical and Mining Industry. – 2015. – No. 10. – P.190-197.

8. Веретник, Л. Д. Правка сварных конструкций [Текст] / Л.Д. Веретник. – Харьков: Прапор, 1966. – 52 с.

УДК 621.91.10

Л. І. Пуятіна, Н. А. Лалазарова

ОСОБЛИВОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ТА ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ З ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ

L. I. Putyatina, N. A. Lalazarova

FEATURES OF MECHANIC PROCESSING AND SURFACE HARDENING OF DUCTILE IRON CASTINGS

В даний час усе більш широке застосування у машинобудуванні знаходить високоміцний чавун з кулястим графітом (ВЧКГ). ВЧКГ характеризується сполученням високих фізико-механічних, технологічних та експлуатаційних властивостей; використовується замість сталевого лиття, поковок, штамповок, сірого, ковкого чавунів, що забезпечує надійність та довговічність деталей у різних режимах експлуатації [1, 2].

Номенклатура виливків з ВЧКГ, що освоєна у світовому транспортному машинобудуванні, включає в себе колінчасті і розподільні вали, блоки циліндрів, кронштейни ресор, картери заднього моста, диференціала і дільника, шатуни, гальмівні барабани, диски зчеплення, маховики, вихлопні колектори, кришки підшипників, маточини, зубчасті колеса, поршні, поршневі кільця, корпуси турбін, сервоциліндри, кулаки заднього моста, поворотні шкворні, водила планетарного механізму кінцевої передачі, корпусу передньої осі, важелі поворотного кулака та ін. Широке використання ВЧКГ у деталях машин, поряд з їх надійністю, є потужним резервом зниження

матеріаломісткості, енерговитрат, собівартості виробів та поліпшення показників їх роботи [3].

Вимоги до високоміцного чавуну як до конструкційного матеріалу постійно зростають по мірі збільшення навантажень на деталі у машинах та вузлах. Тому на сучасному етапі актуальною є проблема створення ефективних методів механічної обробки та поверхневого зміцнення високоміцного чавуну з метою набування та підвищення необхідних експлуатаційних властивостей поверхневого шару (зносостійкість, контактна жорсткість, втомна міцність та ін.) [5].

Метою роботи є дослідження закономірностей формування фізико-механічного стану поверхневого шару деталей з ВЧКГ у процесі механічної обробки з урахуванням особливостей його структури та властивостей і на цій основі – вдосконалення технології заключних методів механічної обробки та поверхневого зміцнення чавунних виробів.

З цією метою в роботі проведені експериментальні дослідження, за результатами яких був розроблений технологічний процес лезово-

зміцнювальної механічної обробки деталей з високоміцного чавуну інструментом з твердого сплаву (Т15К6) та ПНТМ (гексаніт-Р), сутність якої полягає в утворенні під час різання (при точінні) такого теплонапруженого стану, що забезпечує проведення чистої механообробки зі зняттям припуску та одночасним зміцненням поверхневого шару. Використання інструменту з гексаніту-Р сприяє підвищенню ефективності обробки за рахунок збільшення стійкості інструменту та зниження шорсткості поверхні деталей [4].

Для експериментальних досліджень циліндричні зразки виготовлялись з високоміцного чавуну з кулястим графітом, який використовується для виробництва відповідальних деталей автомобільних та комбайнових двигунів (колінчастих та розподільних валів, поршневих кілець, шатунів та ін.), такого хімічного складу: 3,5%С; 2,7%Si; 0,7% Mn; 0,03% Р; 0,005%S; 0,1%Cr; 0,1%Ni; 0,07%Mg. Дослідження проводили на чавунних зразках, отриманих з однієї плавки, які потім піддавались термічній обробці за різними режимами з отриманням структур металічної матриці ВЧКГ: мартенситу відпуску (HRC 47-51), троститу відпуску (HRC 44-47), сорбіту відпуску (HB 285-311), перліто-феритної структури (HB 284-302).

Результати досліджень закономірностей формування поверхневого шару високоміцного чавуну з різною структурою металевої матриці у процесі лезово-зміцнювальної механічної обробки (під час якої відбувається формування такого теплонапруженого стану, що викликає у поверхневому шарі деталі структурні перетворення (вторинне гартування) з отриманням зміцненого (білого) шару) показали, що така обробка супроводжується значними питомими тисками і температурами в зоні обробки, що визначаються, у свою чергу, фізико-механічними властивостями інструментального і оброблюва-

ного матеріалу, геометричними параметрами інструменту та режимами обробки.

На основі попередніх досліджень було встановлено, що найбільший силовий вплив на оброблювану деталь відбувається при роботі інструментом із збільшеними від'ємними передніми кутами. У цьому випадку спостерігається перерозподіл зусиль в зоні обробки, збільшується тиск на оброблювану поверхню, а тепловий потік, що виникає при терті стружки з передньою поверхнею різця, направлений в глибину деталі.

Визначено, що з підвищенням твердості високоміцного чавуну зменшується значення оптимальних від'ємних передніх кутів інструменту (з точки зору отримання на поверхні якісного суцільного білого шару при необхідних значеннях шорсткості поверхні) та збільшується інтервал їх варіювання. При обробці гексанітом-Р оптимальні значення від'ємного переднього кута в середньому на 5° більше ($\gamma = -35^\circ$ – -50°) у порівнянні з точінням різцями з Т15К6 ($\gamma = -30^\circ$ – -45°), що обумовлюється більшою теплопровідністю та меншим коефіцієнтом тертя гексаніту-Р з ВЧКГ.

Під час експериментальних робіт було встановлено, що найбільш суттєвим фактором режиму обробки, який визначає стан структури поверхневого шару, є швидкість різання V . Із збільшенням V глибина зони структурних перетворень поверхневого шару при лезово-зміцнювальній обробці зростає і ця залежність має екстремальний характер.

За результатами досліджень було визначено оптимальні режими лезово-зміцнювальної механічної обробки деталей з високоміцного чавуну в різному структурному стані.

Розроблено спосіб лезово-зміцнювальної механічної обробки деталей з високоміцного чавуну інструментом з твердого сплаву та НТМ, що дозволяє проводити чистову механічну обробку зі зняттям припуску та одночасним

зміцненню поверхневого шару. В процесі обробки в поверхневому шарі чавунних виробів цілеспрямовано утворюється особлива структура – білий шар з високою твердістю, міцністю, більш високим електрохімічним потенціалом, що і визначає отримання необхідних експлуатаційних властивостей поверхневого шару (зносоустійкість, контактна жорсткість, втомна міцність, корозійна стійкість та ін.). Така технологія є ресурсозберігаючою та екологічно чистою, яка дозволяє у багатьох випадках замінити традиційні поверхневу термічну (гартування ТВЧ) або хіміко-термічну обробку чавуну (азотування, карбонітрування), де використовуються токсичні для людини середовища, а також вилучити з технологічного циклу малоефективні в деяких випадках операції абразивного шліфування.

Список використаних джерел

1. Бубликов, В. Б. Высокопрочному чугуна – 60 [Текст] / В. Б. Бубликов //

Литейное производство. – 2008. - №11. – С. 2-8.

2. Солнцев, Л. А. Получение чугунов повышенной прочности [Текст] / Л.А. Солнцев, А.М. Зайденберг, А.Ф. Малый. – Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1986. – 152 с.

3. Любченко, А. П. Высокопрочные чугуны [Текст] / А.П. Любченко. – М.: Металлургия, 1982. – 120 с.

4. Путятіна, Л. І. Формування поверхневого шару виробів з високоміцного чавуну у процесі комплексної механічної обробки [Текст] / Л.І. Путятіна // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2002. – Вип.49. – С. 90-93.

5. Тимофеева, Л. А. Повышение износостойкости восстановленных деталей транспортных двигателей [Текст] / Л.А. Тимофеева, С.С. Тимофеев, И.И. Федченко [и др.] // Трение и износ: сб. науч. трудов. – Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2016. – Т. 37. - № 6. – С. 699-704. (Индексируется в SCOPUS).

УДК 620.22.66.062.124

Е. С. Геворкян, М. В. Кислиця

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОСПІКАННЯ НА СТРУКТУРУ І ВЛАСТИВОСТІ КЕРАМІКИ НА ОСНОВІ КАРБІДУ КРЕМНІЮ

Е. S. Gevorkyan, M. V.Kyslytsia

EFFECT OF ELECTROSPARKING ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF CERAMICS BASED ON SILICON CARBIDE

Отримання об'ємних наноматеріалів є викликом сучасним технологіям консолідації наночастинок, які узагальнено можна назвати спіканням. У цих процесах ущільнення і зростання зерен є конкуруючими, що робить проблему складною. Ключове завдання спікання наноматеріалів – досягнення високої

щільності матеріалу за умови збереження нанорозмірних зерен в діапазоні, де спостерігається розмірний ефект [1, 2]. Як показує наш досвід, від вибору процесу консолідації залежить структура границь зерен, або міжфазних границь. Залишкова пористість і дефектні границі істотно погіршують властивості наноструктурних

матеріалів. Вирішити цю проблему можна за рахунок інтенсифікації процесу спікання і, відповідно, зменшення часу високотемпературної стадії. Найбільш ефективними методами активації спікання є способи, засновані на використанні електромагнітного поля для нагріву порошкових тіл. У разі електропровідних тіл – це електроспікання, що використовує для нагрівання проходження електричного струму, для діелектриків – мікрохвильове спікання, в якому нагрів є наслідком діелектричних втрат в непровідних порошках під дією високочастотного електричного поля. В обох випадках, як правило, застосовуються високі швидкості нагріву. Експериментально встановлено, що швидкості консолідації порошку як в разі електроспікання, так і в разі мікрохвильового спікання істотно зростають в порівнянні з традиційним спіканням. Причому для високоінтенсивних процесів з високими швидкостями нагрівання швидкості консолідації можуть вирости на кілька порядків. Це призводить до повного ущільнення порошків за дуже короткий час зі збереженням нанорозмірної внутрішньої структури.

Електроспікання дозволяє отримувати консолідовані керамічні матеріали, такі як Al_2O_3 , ZrO_2 , TiC , WC , без домішок і з мінімальним зростанням зерна за час близько 10 хвилин, тоді як традиційне спікання вимагає декількох годин і спеціальних добавок, що погіршують властивості матеріалу. За допомогою гарячого пресування нами отримані зразки кераміки складу Al_2O_3 -15% мас. SiC , які при невеликій витримці ($\tau = 3$ хв) і температурі спікання $T = 1400$ °C мають твердість $H_v = 25$ ГПа та тріщиностійкість

$K_{IC} = 5.5-6$ МПа· м^{1/2}. Електроспікання використовується з однаково високим результатом як для електропровідних, так і непровідних порошків (шляхом застосування електропровідних графітових прес-форм), а мікрохвильове спікання успішно використовується як для спікання кераміки, так і металів [3].

Усе це підтверджує гостру необхідність фундаментальних досліджень активованої електромагнітним полем консолідації наноструктурних тіл, перш за все, за рахунок теоретичного аналізу і модельних експериментів, що досить рідко використовується зараз в цій галузі матеріалознавства. Кінцевою метою досліджень має стати прояснення головних механізмів взаємодії поля і нанопорошків з подальшою оптимізацією цієї взаємодії. Вибір нанокompозитів як об'єкта досліджень пояснюється не тільки їх великим практичним значенням, а й тим, що під час спікання рекристалізація різних фаз композиту блокує один одного. Це полегшує досягнення консолідованої наноструктури.

Список використаних джерел

1. Abraham, T. Powder Market Update: Nanoceramic Applications Emerge // Am. Cer. Soc. Bull. 2004. V. 83. N. 8. P. 23.
2. Мэттьюз, Ф. Композиционные материалы. Механика и технология [Текст]: пер. с англ. / Ф. Мэттьюз, Р. Ролингс. – М.: Техносфера, 2004. – 408 с.
3. Gevorkyan, E. S., et al. Device for hot-pressing of powders by direct transmission of electric current. Utility Patent No.72841 Ukraine [in Ukrainian]. IPC, 2012.01 B22F 3/00, No. u 2012 03031, Appl. 15.03.2012, Publish. 27.08.2012, Bull. No. 16.

РЕЗУЛЬТАТИ МЕТАЛОГРАФІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКРИТТЯ ІЗ ВОДНОГО РОЗЧИНУ АЛЮМОХРОМФОСФАТНОЇ СОЛІ

L. Voloshyna

RESULTS OF METALLOGRAPHY RESEARCH OF COVERAGE ARE FROM WATER SOLUTION OF ALUMINIUMCHROMEPOSPHATE OF SALT

З часом деталі та вузли поступово зношуються, які б гарантії при цьому не надавали виробники на свої вироби. Наслідками зносу є скорочення терміну служби виробів, погіршення їх експлуатаційних властивостей, несправності і поломки всієї системи. У більшості випадків внаслідок зносу руйнується тільки робоча поверхня деталі, яку можна захистити нанесенням шару матеріалу зі спеціальними властивостями [1].

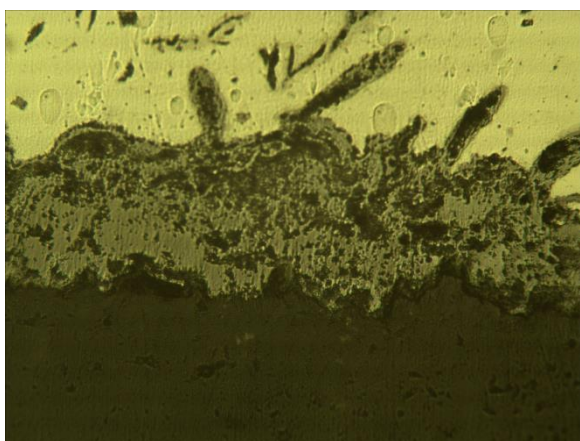
Пропонується застосування водного розчину алюмохромфосфатної солі (АХФС) [2] з використанням технології обробки деталей у парогазовому середовищі для підвищення триботехнічних властивостей пари тертя шестірня – корпус масляного насоса системи змащення двигунів внутрішнього згоряння. Обробка поверхні матеріалів здійснювалася перегрітою парою водного розчину АХФС при температурі $600 \pm 20^\circ\text{C}$ з наступним охолодженням в маслі [3]. Для детального вивчення одержаних у результаті запропонованої обробки структур покриття проведені металографічні дослідження оброблюваних зразків. Проведені металографічні дослідження зразків після насичення поверхні металу перегрітою парою водного розчину алюмохромфосфатного з'єднання. Дослідження проводилися на зразках, виготовлених зі сталі 40Х та сірого чавуну, на мікротвердомірі ПМТ-3 та на мікроскопі „НЕОРНОТ 2” на прямих та косих шліфах до травлення поверхні та після (рисунок). Рентгеноспектральний

аналіз зразків проводився на скануючому вакуумному кристал-дифракційному спектрометрі „Спрут”-В в діапазоні довжин хвиль $0,4 \div 11 \text{Å}$. Результати аналізу показали, що після нанесення покриття на поверхні зразків виявили наявність таких хімічних елементів як алюміній $\text{Al}=0,5\%$; фосфор $\text{P}=1,37\%$; хром $\text{Cr}=0,47\%$. Дослідження фазового складу зразків виконувалося на рентгенівському дифрактометрі ДРОН-4. Як показали результати дослідження, основними фазами (кристалічними) на сталевих і на чавунних зразках є Fe_2O_3 та Fe_3O_4 . Насамперед потрібно звернути увагу на фон, який збільшується з зростанням кута дифракції, що характерно для матеріалів, які мають в своєму складі значний відсоток аморфної складової.

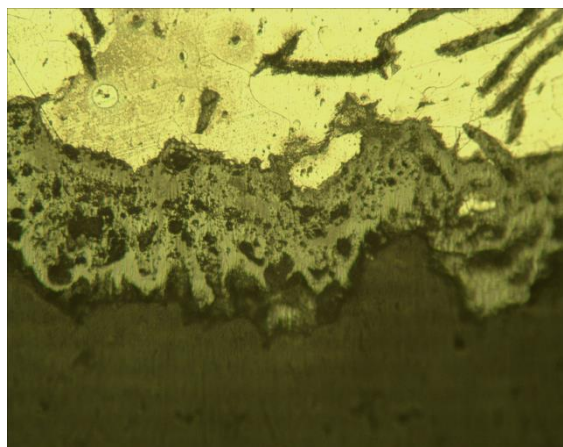
Враховуючи хімічний склад покриття, не можна виключати наявності фази FeCr_2O_4 , яка за своїми параметрами дуже близька до Fe_3O_4 . Сліди $\alpha\text{-Fe}$ також можна спостерігати на цих рентгенограмах. Це випромінювання від основи зразка. Сліди інших кристалічних фаз практично відсутні. Із вищенаведеного можна зробити висновок, що покриття має аморфну структуру. При нанесенні покриття відбуваються процеси, які ведуть до утворення оксидів (Fe_2O_3) та шпінелей (Fe_3O_4). Визначення товщини нанесеного поверхневого шару проводилося на косих мікрошліфах на твердомірі ПМТ-3. Товщина замірялася послідовно в різних точках поверхні зразків, потім

перераховувалися показники, одержані в результаті вимірювання, в мікрометри – це були показники товщини покриття на косому мікрошліфі. Після чого одержані величини перераховувалися в реальні товщини покриттів на зразках. В результаті вимірювання та розрахунків середня товщина покриття склала приблизно 30 мкм, що, як показали дослідження, достатньо для забезпечення заданих

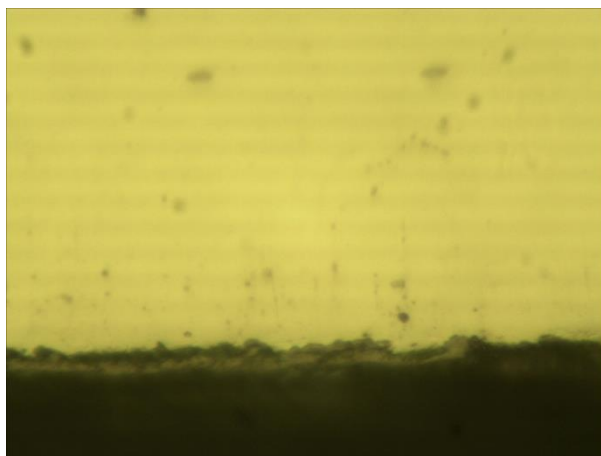
властивостей. Після нанесення покриття були проведені дослідження впливу утворених в результаті обробки покриттів на триботехнічні властивості пари тертя, а саме зносостійкість, значення коефіцієнта тертя, припрацьовуваність. Випробування проводилися на машині тертя СМЦ-2 в маслі М10Г2, зі зміною навантаження від 490 до 1961 Н, при фіксованому значенні часу випробування.



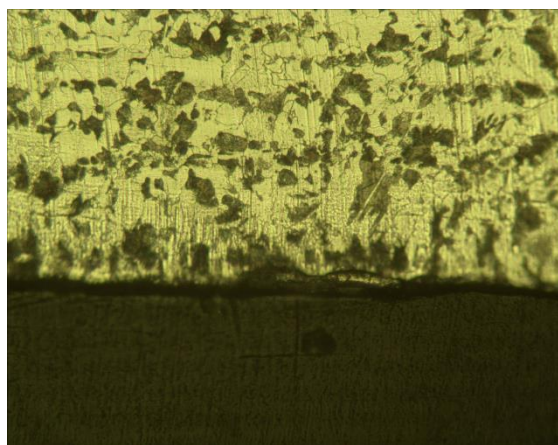
а (× 200)



б (×200)



в (×1000)



г (×200)

Рис. Мікроструктура досліджуваних зразків:
а – мікроструктура чавуна з покриттям до травлення (косий шліф), б – мікроструктура чавуна з покриттям після травлення (косий шліф), в – мікроструктура сталі з покриттям до травлення, г – мікроструктура сталі після травлення

Результати металографічного аналізу показали, що покриття має аморфну структуру. При нанесенні покриття відбуваються процеси, які ведуть до утворення оксидів (Fe_2O_3) та шпінелей (Fe_3O_4). Виходячи з проведеного аналізу результатів дослідження впливу покриття із водного розчину алюмохромфосфатного з'єднання на триботехнічні властивості пари тертя із залізвуглецевих сплавів можна зробити висновок, що відбувається підвищення зносостійкості пар тертя у 3,8 разу за рахунок утворення на поверхні деталей аморфних структур, оксидів (Fe_2O_3) та шпінелей (Fe_3O_4); також спостерігається скорочення періоду припрацювання пари тертя; значне скорочення часу на обробку деталі порівняно з традиційними технологіями ХТО; забезпечення дифузійного насичення у важкодоступних місцях; відносно невелика собівартість, ресурсозбереження і

екологічна чистота завдяки низькій концентрації насичуючих елементів.

Список використаних джерел

1. Повышение износостойкости восстановленных деталей транспортных двигателей [Текст] / Л.А. Тимофеева, С.С. Тимофеев, И.И. Федченко, А.Ю. Демин // Трение и износ: сб. науч. трудов. – Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2016. – Т. 37. – № 6. – С. 699-704.
2. Огнеупорные изделия, материалы и сырье [Текст]: справочник /под ред. А.К. Каркалита. – М.: Металлургия, 1991.
3. Спосіб хіміко-термічної обробки деталей із металів та сплавів [Текст]: пат. України № 45841А: В22F3/24 / Тимофеева Л. А., Проскуріна Л. В., Тимофеев С. С., Федченко І. І.; заявник та патентовласник УкрДАЗТ. - № 2001075170; заявл. 19.07.2001; опубл. 15.04.2002, Бюл. №4.

НАПРЯМОК «ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

УДК 666.965.2

Г. М. Шабанова, М. І. Ворожбіян, С. О. Кисельова

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ CSH – ФАЗ У ВАПНЯНО-КРЕМНЕЗЕМИСТИХ СУМІШАХ З ДОБАВКОЮ ДОМЕННОГО ШЛАКУ В ГІДРОТЕРМАЛЬНИХ УМОВАХ

G. M. Shabanova, M. I. Vorozhbiyan, S. O. Kyselova

DIRECT STUDY OF THE CSH - PHASE DEVELOPMENT IN LIME-SILICA MIXTURES WITH BLAST-FURNACE SLAG ADDITIVES UNDER THE HYDRO-THERMAL CONDITIONS

Промисловість будівельних неорганічних матеріалів є галуззю, у якій широко використовуються техногенні відходи, зокрема, популярним промисловим побічним продуктом є доменний шлак, який має приховані в'язучі властивості. Основними продуктами його гідратації є кристалічні CSH-фази, найчастіше – тоберморит, гелеподібні CSH-фази, часто спостерігається кристалізація гідроталциту (hydrotalcite) $Mg_6Al_2CO_3(OH)_{16} \cdot 4H_2O$ [1]. Активувати в'язучі властивості доменного шлаку можна сполуками лужних і лужноземельних металів, рідким склом, цементом, сульфатами, активним дрібнодисперсним кремнеземом, гідротермальною обробкою [2 – 4]. При лужній активації шлаку процес гідратації залежить від природи активатора, рН, часу, мікроструктури меленого шлаку, радіуса катіона активатора [1]. Процеси гідратації мінералів неорганічних в'язучих, таких як портландцементний клінкер, повітряне вапно та ін., відіграють велику роль при формуванні фазового складу і мікроструктури бетонів. Відомо, що при твердінні автоклавних силікатних виробів (силікатної цегли, силікатного каменю)

відбувається хімічна взаємодія між вапном, силіцій діоксидом і водою з утворенням CSH-фаз, причому фазовий склад і мікроструктура продуктів залежить від природи сировинних компонентів, умов твердіння та інших факторів.

Логічно припустити, що у сировинній вапняно-кремнеземистій суміші можлива заміна частини вапна на доменний шлак, без погіршення техніко-експлуатаційних властивостей готових виробів, що буде сприяти частковому вирішенню таких проблем, як ефективне використання енергоємної сировини і зменшення антропогенного забруднення навколишнього природного середовища. Мета дослідження – встановлення особливостей фазоутворення при варійованих технологічних режимах гідротермальної обробки сировинних сумішей силікатної цегли на основі вапняно-кремнеземного в'язучого з добавкою меленого доменного відвального шлаку і розчину магній сульфату.

У дослідженні використовували: традиційну сировину – грудкове вапно, пісок, воду; добавки техногенних відходів (оксидний склад наведено в табл. 1) – кремнеземистий дрібнодисперсний відхід

помольних тіл для кульових млинів (ВПТ), мелений доменний відвальний шлак МДВШ), основними фазами якого є

геленіт, меліліт, окерманіт, α -CS, β -2CS, γ -CS, трьохкальцієвий силікат; розчин $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ з масовою концентрацією 2 %.

Таблиця 1

Хімічний склад добавок промислових відходів

Матеріал добавки	Хімічний склад добавки, мас. %									
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	FeO	Fe ₂ O ₃	R ₂ O	TiO ₂	MnO	S
Відхід помольних тіл	2,46	91,74	1,43	1,64	-	0,66	2,07	-	-	-
Мелений доменний відвальний шлак	46,41	38,89	7,48	5,39	0,43	-	-	0,02	0,05	1,33

Помел в'яжучого здійснювали до проходу крізь сито № 008. В'яжуче змішували з піском і зволожували водою або розчином магній сульфату. Із сировинної суміші пресували зразки-куби з довжиною ребра 0,024 м, які обробляли в лабораторному вертикальному автоклаві і випробували на міцність на стиск. Силікатний матеріал досліджувався фізико-хімічними методами аналізу: рентгенофазовим (РФА), диференціальної

термогравіметрії (ДТА), петрографічним. Досліджували зразки силікатного матеріалу такого складу: а) склад С1, мас. %: вапно – 10,5, ВПМ – 10,5, пісок – 79, суміш зволожується водою; б) склад С2, мас. %: вапно – 5, ВПМ – 10, МДВШ – 6, пісок – 79, суміш зволожується розчином магній сульфату. Зразки отримані при тиску в автоклаві 0,6 МПа. Результати випробувань міцності на стиск наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Міцність на стиск зразків силікатного матеріалу, тиск гідротермальної обробки 0,6 МПа

Склад	Час автоклавування, год				
	2	3	4	5	6
	Межа міцності на стиск, МПа				
С1	14,0	-	16	-	19
С2	11	14	17	28	40

Ідентифікацію результатів фізико-хімічного аналізу здійснювали на основі бази даних [5]. За результатами РФА, у зразках складу С1 виявлено β -кварц, $CaCO_3$, що підтверджено результатами ДТА. Виявлено гідратовані фази: $Ca(OH)_2$, інтенсивність дифракційних максимумів якого зменшується при збільшенні терміну витримки під тиском; $C_2SH(II)$, $C_2SH(A)$ –

через 4 год; $C_2SH(C)$ і тоберморит виявлено при 4 і 6 год, кількість і інтенсивність максимумів зростає зі збільшенням часу витримки; $CSH(B)$ – через 6 год. За результатами ДТА виявлено ендотермічні ефекти $Ca(OH)_2$; гель CSH ; $C_2SH(II)$, причому площа відповідного ефекту збільшується при зростанні витримки з 2 до 6 год; $C_2SH(A)$ – при 6 год; $C_2SH(C)$.

Відмінністю рентгенограм зразків складу С2 є відсутність дифракційних максимумів $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при 6 год; більша інтенсивність і кількість максимумів тобермориту; імовірна присутність афвиліту і гідроталциту. На кривих ДТА виявлено такі особливості: чітко виражено ендотермічний ефект тобермориту; з'являється екзоэффект, який відповідає $\text{CSH}(\text{V})$. Результати петрографічного аналізу, проведені у зразках, виготовлених за режимом 0,6 МПа – 6 год, виявили такі відмінності у мікроструктурі зразків складу С2 порівняно зі зразками складу С1: відсутня чітка межа між зернами піску і фазами новоутворень, більш щільна і однорідна мікроструктура, наявність зерен шлаку, ядро яких оточене фазою новоутворень.

Добавка до вапняно-кремнеземистої сировинної суміші для виготовлення силікатних бетонів меленого доменного відвального шлаку і розчину MgSO_4 з масовою концентрацією 2% дозволяє замінити 50 мас. % енергоємного вапна на техногенну сировину. Змінюється кількість і фазовий склад новоутворень, прискорюються процеси фазоутворення, що веде до формування більш щільної мікроструктури силікатного автоклавного матеріалу і

стрімкого зростання міцності у терміни 4-6 год. Міцність зразків зі шлаковою добавкою, виготовлених за режимом 0,6 МПа – 6 год, удвічі перевищує міцність вапняно-кремнеземистих зразків і становить 40 МПа.

Список використаних джерел

1. Schneider N., Stephan D. Studying the Hydration of a Retarded Suspension of Ground Granulated Blast-Furnace Slag after Reactivation // MDPI – Materials. – 2016. – V. 9(11), 933. URL: <http://www.mdpi.com/1996-1944/9/11/933/htm>.
2. Chen, W., Brouwers, H. J. H. The hydration of slag, Part 1: reaction models for alkali-activated slag // Journal of Materials Science. – 2007. – Vol. 42(2). – P. 428–443.
3. Chen, W., Brouwers, H. J. H. The hydration of slag, Part 2: reaction models for blended-cement // Journal of Materials Science. – 2007. – Vol. 42(2). – P.444 – 464.
4. Roy A. Schilling P.J. Eaton H.C. and et. Activation of ground blast-furnace slag by alkali-metal and alkaline-earth hydroxides. // J. Am. Ceram. Soc. – 1992. – 75 (12). – P. 3233–3240.
5. Mindat.org [e-resours] URL: <https://www.mindat.org/min-1987.html>.

УДК 658.3:61:681.3

В. Г. Брусенцов, В. Г. Пузир

ЗАСОБИ БОРОТЬБИ З ПРОФЕСІЙНИМ СТРЕСОМ ЗАЛІЗНИЧНИХ ОПЕРАТОРІВ

V. G. Brusentsov, V. G. Puzir

MEANS OF STRUGGLE WITH PROFESSIONAL STRESS OF THE RAILWAY OPERATORS

Статистика останніх років показує, що безпека руху як пріоритетне завдання залізничного транспорту у вирішальній мірі визначається рівнем професійної надійності залізничних операторів (перш за все робітників локомотивних бригад та

оперативного диспетчерського персоналу) [1]. Тому важливо мінімізувати вплив факторів, які можуть цей рівень знизити. Одним з таких факторів, і дуже важливим, є професійний стрес, який є невід'ємною складовою професійної діяльності

залізничних операторів. Це пов'язано з такими особливостями їх праці, як високий рівень відповідальності, напружений режим праці, постійне порушення біологічного ритму внаслідок змінного характеру праці і ін.

Систематичний вплив стресу має як оперативний, так і віддалений характер. Оперативний проявляється в погіршенні професійно важливих психофізіологічних функцій, що може різко знизити працездатність робітника. Віддалений – у зниженні рівня здоров'я і прискоренні біологічного старіння, що приводить до скорочення професійного довголіття. Все це підтверджує актуальність проблеми боротьби з професійним стресом залізничних операторів.

Аналіз літератури дозволяє стверджувати, що проблема пошуку засобів боротьби зі стресом є актуальною для багатьох галузей, у зв'язку з чим ведуться пошуки в різних напрямках [2-3]. На сьогодні існує значна кількість методів впливу на стан людини за допомогою різних засобів – фізичних, фармакологічних, психологічних.

З фізичних можна відзначити різні зовнішні впливи на організм, такі як масаж, зміна температури (підвищена чи понижена), електричні чи магнітні поля, світло та звук і ін.

Існує великий спектр фармакологічних засобів, серед яких можна назвати психоенергізатори, актопротектори, адаптогени і ін. Вони дозволяють різним чином впливати на стан людини, змінюючи біохімічний стан організму, але можуть мати побічні ефекти, потенційно небезпечні для надійної діяльності людини.

Найбільш ефективною і фізіологічною є фізична активність. Це пояснюється тим, що еволюційно сформовані механізми стресу припускали обов'язкову фізичну активність, пов'язану з боротьбою за виживання. Внаслідок інтенсивної м'язової роботи досить швидко нейтралізуються

гормони стресу і стан людини стабілізується [4].

Великий потенціал мають психотерапевтичні методи, які навчають людину самостійно впливати на свій стан. Можливості цього напряму різко збільшуються при застосуванні технічних засобів. На цьому принципі засновано метод біологічного зворотного зв'язку (БЗЗ).

Дослідження, проведені на кафедрі «Охорона праці» УкрДУЗТ, показали перспективність застосування для цих цілей саме методу БЗЗ. Він дозволяє навчити людину свідомо керувати функціями організму, які звичайно вважаються некерованими. БЗЗ являє собою методику, яка передбачає можливість безпосередньої взаємодії людини і пристрою, здатного інформувати її про миттєві зміни в часі деяких функцій організму. Людина використовує цю інформацію, щоб викликати зміни функцій організму за допомогою деяких психічних механізмів, ставлячи метою досягнення певного результату [5].

У ході БЗЗ-сеансу певні фізіологічні датчики реєструють потрібні фізіологічні параметри й у зрозумілій і легкодоступній формі (у вигляді зорових або звукових сигналів) подаються людині. Іншими словами, людина починає бачити і чути свої фізіологічні реакції, у звичайних умовах не доступні свідомості. Це створює умови для нормалізації цих фізіологічних реакцій шляхом перенавчання. Можливості методу суттєво розширюються з використанням комп'ютерів і відповідного програмного забезпечення.

В даний час для цих цілей використовується ряд параметрів організму – електроенцефалограма (ЕЕГ), електроміограма (ЕМГ), вегетативні показники (температура тіла, частота дихання, серцевих скорочень, електричні властивості шкіри).

Одним з найбільш актуальних для залізничного транспорту напрямків у боротьбі зі стресом можна вважати

стабілізацію стану робітників локомотивних бригад у пунктах обертю. Машиніст має досить обмежений час для відпочинку і для нього дуже важливо досить швидко зняти нервову напругу і ефективно скористуватись часом для сну. Для допомоги машиністу було проведено дослідження зі створення технічних засобів на принципі БЗЗ.

В ході експериментальних досліджень найбільш сприятливими для використання в умовах виробничої діяльності визначено параметри шкірно-гальванічної реакції. Вони тісно пов'язані з рівнем активації нервової системи і таким чином чітко визначають рівень психічного стресу [6]. До того ж технічні засоби для цих цілей відносно просто реалізуються і можуть працювати в умовах впливу потужних індустриальних перешкод. З використанням цього параметра було створено кілька зразків приладів сімейства «Антистрес».

У процесі створення приладів БЗЗ виявилась необхідність врахування багатьох специфічних моментів і вирішення зв'язаних з цим проблем.

По-перше, при реєстрації фізіологічних показників до технічних засобів ставляться досить суперечливі вимоги великої чутливості при високій перешкодостійкості, що важливо в умовах наявності потужних електромагнітних та механічних впливів. Такі пристрої повинні відповідати вимогам міжнародних стандартів електробезпеки. Існує ряд проблем, пов'язаних з електродами, вони повинні забезпечувати необхідні умови

контакту протягом досить тривалого часу, не вносити артефакти, пов'язані з поляризацією, і ін.

Розроблені прилади проходили апробацію у кімнаті психоемоційного розвантаження локомотивного депо «Жовтень» та клініках і показали перспективність робіт у цьому напрямку.

Список використаних джерел

1. Міністерство інфраструктури України. Державна адміністрація залізничного транспорту України. Головне управління безпеки руху. Аналіз стану безпеки руху в структурі Державної адміністрації залізничного транспорту України за 2014 рік [Текст]. – К., 2015.
2. Психосоциальные факторы на работе и охрана здоровья работающих [Текст]. – Женева, 1989.
3. Смит, Дж. Профессиональный стресс [Текст] / Дж. Смит; под ред. Г. Салвенди // Человеческий фактор: в 6 т. гл. 10. – М.: Мир, 1991.
4. Хэссет, Дж. Введение в психофизиологию [Текст] / Дж. Хэссет. – М.: Мир, 1981.
5. Bifedback — Basic Research and Clinic Applications / Eds. E. Richter-Heinrich, N.E. Miller. — Berlin, 1982.
6. Гипотеза о природе электродермальных явлений [Текст] / В. В. Дементенко, В. Б. Дорохов, Л. Г. Коренева [и др.] // Физиология человека. – 2000. – Т.26, № 2. – С. 124-131.

**УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ЦЕМЕНТІВ
НА ОСНОВІ КОМПОЗИЦІЙ СИСТЕМИ BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃**

**GENERALIZATION OF THE RESULTS OF SPECIAL CEMENTS RESEARCH BASED
ON BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ SYSTEM**

В теперішній час технічний прогрес призвів до підвищення впливу на людину та навколишнє середовище негативних факторів, одним з яких є підвищення електромагнітного випромінювання.

Проблема захисту від негативного впливу випромінювань біологічних і технічних об'єктів є актуальною і вимагає розробки спеціальних захисних композиційних матеріалів, які можна використовувати в будівництві та облаштуванні захисних споруд. Тому метою роботи було розроблення спеціальних цементів на основі композицій системи BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃, дослідження їх властивостей, а також розробка бетонів на основі барійвмісного цементу.

Сформовано термодинамічну базу даних для сполук системи BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃, проведено термодинамічну оцінку твердофазних реакцій в системі. Досліджено субсолідусну будову системи BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ методом тріангуляції та визначено в системі області складів найбільш перспективних для одержання спеціальних в'язучих з комплексом заданих експлуатаційних характеристик [1-4].

На підставі аналізу оцінки температур і складів евтектик бінарних і потрійних перетинів даної системи визначено оптимальні перерізи для отримання захисних в'язучих матеріалів. Встановлено концентраційну область BaFe₁₂O₁₉ – BaAl₁₂O₁₉ – BaAl₂O₄ досліджуваної системи, яка містить сполуки, котрі забезпечують матеріалам, що

розробляються, захисні (BaFe₁₂O₁₉) та в'язучі (BaAl₂O₄) властивості [5].

За допомогою комплексу фізико-хімічних методів аналізу досліджені продукти гідратації барійвмісного цементу та встановлено, що основними продуктами тверднення барійвмісного цементу є гідроалюмінати барію різної основності: BaAl₂O₄·7H₂O, BaAl₂O₄·6H₂O, BaAl₂O₄·H₂O, 2BaO·Al₂O₃·5H₂O, а також Al(OH)₃ в колоїдному та кристалічному стані. Їх поєднання і забезпечує необхідну міцність цементного каменю [6].

Отримані барійвмісні цементи є високоміцними – до 54 МПа; швидкоотжуваними – початок отжування від 35 до 50 хв, закінчення – від 1 год 20 хв до 1 год 40 хв; в'язучими повітряного тверднення з низьким водоцементним співвідношенням 0,12 – 0,14.

Досліджено феромагнітні характеристики отриманого барійвмісного цементу: залишкова індукція – 0,21 Тл; коерцитивна сила – 340 кА/м; питомий електричний опір – 1,5·10⁵ Ом·м; температура Кюрі складає 465 °С, та встановлено, що запропонований барійвмісний цемент в залежності від товщини зменшує електромагнітне випромінювання до 25 дБ у діапазоні частот 80 – 100 кГц.

Розроблено склади бетонів на основі розробленого барійвмісного цементу з феромагнітними властивостями і гексафериту барію як заповнювача та встановлено, що отримані бетони мають високу міцність, задовольняють вимоги за

ферромагнітними характеристиками та зменшують електромагнітне випромінювання до 27 дБ в залежності від товщини матеріалу в діапазоні частот 80 – 100 кГц.

Таким чином, в результаті проведених досліджень отримано захисний бетон на основі барійвмісного цементу з ферромагнітними властивостями і гексафериту барію в ролі заповнювача. Застосування розроблених барійвмісних матеріалів на основі алюмінатів та феритів барію дозволить виготовляти безвипальні вироби з ферромагнітними властивостями складної конфігурації та великих габаритів.

Список використаних джерел

1. Диаграммы состояния силикатных систем: справ. Вып.1: Двойные системы [Текст] / Н. А. Торопов, В. П. Барзаковский, В. В. Лапин, Н. Н. Курцева. – Л.: Наука. Ленингр. отд., 1969. – 822 с.
2. Muan, A., Gee C.L. Phase Equilibrium Studies in the System Iron Oxide- Al_2O_3 in Air and at 1 Atm. O_2 Pressure // Journal of the American Ceramic Society. – 1956. – Volume 39. – Issue 6. – p. 207–214.
3. Уточнение субсолидусного строения системы $BaO - Al_2O_3 - Fe_2O_3$

[Текст] / Г. Н. Шабанова, М. Ю. Иващенко, М. И. Ворожбян, О. В. Костыркин // Вісник НТУ «ХПІ». – 2012. – № 63 (969). – С. 27-32. Сер. Хімія, хімічна технологія та екологія.

4. Теоретические и экспериментальные исследования возможности существования тройного соединения $BaAlFe_{11}O_{19}$ в системе $BaO - Al_2O_3 - Fe_2O_3$ [Текст] / Г. Н. Шабанова, М. Ю. Иващенко, М.И. Ворожбян [и др.] // Вопросы химии и химической технологии. – Днепропетровск, 2014. – № 2. – С. 49 – 52.

5. Оценка температур и составов эвтектик бинарных и тройных сечений системы $BaO - Al_2O_3 - Fe_2O_3$ [Текст] / М. Ю. Иващенко, Г.Н. Шабанова, М.И. Ворожбян, О.В. Костыркин // Оценка Вісник НТУ «ХПІ». – 2013. – № 47 (1020). – С. 57 – 62. Сер. Хімія, хімічна технологія та екологія.

6. Исследование процессов минералообразования барийсодержащих цементов на основе моноалюмината и гексаферрита бария [Текст] / М.Ю. Иващенко, Г.Н. Шабанова, М. И. Ворожбян [и др.] // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. – Харків: НТУ „ХПІ”. – 2014. – № 51 (1093). – С. 73-79.

УДК 658.382

Є. С. Білецька

ВПЛИВ НЕГАТИВНИХ ФАКТОРІВ І НАДЗВИЧАЙНИХ ПОДІЙ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Y. Beletskaya

INFLUENCE OF NEGATIVE FACTORS AND EVENTS IN EMERGENCY OPERATION OF RAILWAY TRANSPORT

Функціонування залізничного транспорту супроводжується впливом природних, соціальних, технічних явищ і процесів, а також дією зовнішніх суб'єктів або безпосередньо залізничного

транспорту. Наслідки призводять до випадків пошкодження, часткового або повного знищення рухомого складу, вантажу, майна фізичних і юридичних осіб та інших майнових об'єктів, часткової або

повної втрати працездатності, смерті пасажирів, працівників залізниці та третіх осіб, завдання шкоди навколишньому середовищу. Залізничний транспорт несе відповідальність за всі загрози, джерелом яких є експлуатація рухомого складу, тобто спричинення збитку іншим особам, травмування або загибель пасажирів, завдання шкоди життю та здоров'ю співробітників підприємства, третім особам або їх майну. До того ж залізничний транспорт зазнає суттєвих збитків в разі пошкодження технічних засобів або залізничної інфраструктури. Для підвищення ефективності функціонування залізничного транспорту в межах превентивної діяльності головним завданням є максимально точно прогнозування можливих ризиків аварій та надзвичайних подій, а також розмірів збитків у результаті їх настання. Отже, необхідними є систематизація та класифікація ризиків (негативних факторів), які загрожують стабільному та безпечному розвитку залізничного транспорту в умовах його реформування та демонополізації.

Оновлення рухомого складу, вдосконалення залізничних перевезень та забезпечення їх безпеки обмежують кількість надзвичайних подій, але не можуть повністю виключити їх появу. Отже, на залізничному транспорті постійно існує небезпека втрат і збитків внаслідок пожеж, вибухів, аварій. Вони проявляються як зіткнення, сходи залізничного рухомого складу або як травми, опіки, отруєння, ураження електричним струмом тощо. До того ж на результати діяльності залізничного транспорту впливають виробничі, господарські та соціально-економічні процеси, які несуть загрозу втрати частини доходів або отримання додаткових витрат, що в підсумку впливає на економічну безпеку залізничної галузі. У загальному розумінні ризик – це ймовірна небезпека, невизначеність або загроза втрат внаслідок дії природно-кліматичних,

економічних та соціальних явищ. За своєю сутністю ризик – це подія, яка призводить до негативних наслідків у майбутньому і наслідком реалізації ризику є збиток. Тому, з економічної точки зору, ризик – це ймовірність втрат і збитків у результаті появи випадкової події відносно окремого об'єкту. Часто під поняттям «ризик» розуміють не тільки ймовірність, а і події та об'єкти, що призводять до втрат і збитків. Тому поняття «ризик» розглядається в кількох аспектах:

- як ймовірність нанесення збитків;
- конкретна подія чи сукупність подій;
- конкретний об'єкт прояву.

Оцінюється ризик математичними методами: із застосуванням теорії ймовірності за такими показниками, як частота настання події та максимальний збиток, що виникає в результаті її реалізації. До факторів, які впливають на підвищення ризиків у процесі залізничних перевезень, відносяться: підвищення інтенсивності та швидкості руху; ускладнення кліматичних умов, зростання повітряних і снігових навантажень; транспортування залізницями значної кількості небезпечних вантажів; високий рівень зносу рухомого складу та залізничної інфраструктури; формування в процесі залізничних перевезень посередницьких структур різного призначення; зниження рівня технічного оснащення залізничного транспорту через недостатнє інноваційно-інвестиційне забезпечення розвитку залізничної галузі тощо. Ризики на залізничному транспорті характеризуються складністю та різноманітністю, тому їх необхідно класифікувати за окремими ознаками, а саме:

- за об'єктами прояву ризиків;
- джерелом виникнення;
- можливістю впливати на ризики;
- часом виникнення ризиків;
- розміром збитків;
- етапом транспортування;
- з видом перевезень;

- з організацією страхового захисту.

Функціонування залізничного транспорту в сучасних умовах вимагає ефективного використання всіх ресурсів і врахування всіх транспортних ризиків, оскільки ймовірність збільшення шкоди та збитків від надзвичайних подій постійно зростає. Наявність ризику та необхідність покриття можливих збитків в результаті його прояву викликають потребу в страхуванні, тому ризик як окреме явище є основою формування страхових відносин. В комплексі з іншими заходами визначення та аналіз факторів ризику по відношенню до застрахованого об'єкта на залізничному

транспорті дозволяє досягти усунення та суттєвого зниження негативних наслідків.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про залізничний транспорт» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=273%2F96-%E2%F0>
2. Кодекс Цивільного захисту України [Текст] // Відомості Верховної Ради. – 2013 – № 34-35. – ст. 458.
3. ГБН В.2.3-37472062-1:2012. Сортувальні пристрої залізниць [Текст] / Міністерство інфраструктури України. – К., 2012.

УДК 656.212.5

Д. М. Козаченко, С. В. Гревцов, Т. В. Болвановська (ДНУЗТ)

ВПЛИВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГАЛЬМОВИХ УПОВІЛЬНЮВАЧІВ НА ПЕРЕРОБНУ СПРОМОЖНІСТЬ СОРТУВАЛЬНИХ ГІРОК

D. M. Kozachenko, S. V. Grevtsov, T. V. Bolvanovska (DNURT)

TECHNICAL STATE IMPACT OF BRAKE RETARDERS AT THE PROCESSING ABILITY OF MARSHALLING YARDS

В сучасних умовах для України характерним є утворення певних резервів переробної спроможності гірок через різке падіння обсягів вагонопотоків, з одного боку, та незадовільний стан технічних засобів, з іншого. Експлуатація технічних засобів сортувальних гірок у значній кількості випадків виконується в «захищеному» режимі, коли забезпечення безпеки руху здійснюється шляхом запровадження певних експлуатаційних обмежень. Тому актуальним завданням для залізничного транспорту України є встановлення зв'язків між станом технічних засобів сортувальних гірок та техніко-експлуатаційними показниками їх функціонування.

Однією із основних технічних характеристик сортувальних гірок є їх переробна спроможність. Недоліком сучасних методів розрахунку переробної спроможності гірок [1] є те, що в них не враховується стан технічних засобів сортувальної гірки та її функціонування в умовах технологічних обмежень для забезпечення вимог безпеки руху. У зв'язку з цим метою роботи є розробка методів розрахунку переробної спроможності сортувальних гірок для умов втрати уповільнювачами гальмової потужності. Технологічними обмеженнями, що накладаються на процес розформування-формування поїздів, є обмеження швидкості розпуску составів, призупинення

розпуску та організація скочування наступного відчепа після звільнення маршруту попереднім, додаткове гальмування відцепів гальмовими башмаками, виконання маневрової роботи з осаджування, закриття окремих колій для розпуску [2].

У випадку, коли потужності уповільнювачів на спускній частині гірки разом з уповільнювачами на сортувальних коліях достатньо для виконання вимог прицільного регулювання швидкості скочування відцепів, однак недостатньо для зупинки вагонів на другій гальмовій позиції, виникають загрози для безпеки руху при зупинці відцепів на стрілочній зоні або при незакочуванні їх за граничні стовпчики сортувальних колій. Для недопущення небезпечних ситуацій в такому випадку скочування наступного відчепа повинно починатись лише тоді, коли попередніми відчепами повністю звільнено маршрут їх руху. Процес розформування состава поїзда можна розглядати як сукупність процесів розформування окремих груп відцепів. Для оцінки середньої швидкості розпуску у цьому випадку на підставі методів теорії імовірностей розроблені аналітичні вирази для визначення імовірності перерв у розпуску.

У випадку, коли потужності гальмових позицій на спускній частині гірки та сортувальних коліях недостатньо для забезпечення вимог прицільного регулювання швидкості скочування відцепів на сортувальних коліях, необхідно застосовувати додаткове башмачне гальмування. Тому інтенсивність надходження відцепів на сортувальні колії повинна бути знижена для того, щоб вона не перевищувала інтенсивності їх обслуговування регулювальниками швидкості руху вагонів. За необхідності, під час розпуску повинні створюватись

перерви для того, щоб регулювальники переходили з однієї колії на іншу. Для оцінки переробної спроможності сортувальної гірки в цьому випадку використовуються методи теорії систем масового обслуговування. При цьому група колій, що обслуговується одним регулювальником швидкості руху вагонів, розглядається як одноканальна система масового обслуговування (СМО). Вхідний потік даної СМО створюють відчепи состава, що надходять на сортувальні колії. Апаратом обслуговування при цьому є регулювальник швидкості руху вагонів. Під обслуговуванням розуміється гальмування регулювальником відчепа гальмовими башмаками.

Забезпечення безпеки руху на сортувальних гірках в умовах втрати уповільнювачами гальмової потужності може здійснюватися також шляхом закриття сортувальних колій для розпуску. В даному випадку використовується ковзка спеціалізація сортувальних колій і збільшується частка повторного сортування.

Застосування запропонованих методів дозволяє оцінювати вплив несправності уповільнювачів на погіршення показників роботи сортувальних гірок.

Список використаних джерел

1. Інструкція з розрахунку наявної пропускної спроможності залізниць України : ЦД-0036 [Текст]: навч.-метод. посібник / О. Ф. Вергун, Н. В. Липовець, В. М. Боголій. – К.: Транспорт України, 2002. – 376 с.
2. Kozachenko, D. Controlling the Speed of Rolling Cuts in Conditions of Reduction of Brake Power of Car Retarders / D. Kozachenko, V. Bobrovskiy, S. Grevtsov, M. Berezoviy // Наука та прогрес транспорту. – 2016. – № 3 (63). – С. 28-40.

УДК 656.2

Т. В. Бутько, В. М. Прохоров, Б. Б. Болотюк

**РОЗРОБЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
ВАГОНОПОТОКАМИ НА ОСНОВІ БАГАТОРІВНЕВОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ПЛАНУ
ФОРМУВАННЯ ПОЇЗДІВ**

T. Butko, V. Prokhorov, B. Bolotiuk

**DEVISING OF AUTOMATED SYSTEM FOR CONTROL OF RAILCAR FLOWS ON THE
BASE OF MULTILEVEL CAR OPTIMIZATION OF TRAIN FORMATION PLAN**

Процес організації вагонопотоків відіграє ключову роль у функціонуванні всієї системи вантажних перевезень на залізницях України. І саме його оптимізація є найбільш перспективним заходом у сфері раціоналізації вантажних залізничних перевезень тому, що ефективність саме цього процесу має безпосередній вплив на такі показники, як собівартість перевезень і швидкість доставлення вантажів, які є останніми аргументами залізниць у жорсткій конкурентній боротьбі із автомобільним транспортом.

Процес організації вагонопотоків на залізницях України базується на технології, яка побудована на основі концепції плану формування поїздів і яка була впроваджена ще за часів СРСР і була успішною в умовах планової економіки. Але протягом останнього десятиріччя намітилася стійка тенденція до зниження її ефективності. Ця тенденція обумовлена багатьма чинниками: поглиблення ринкових процесів на фоні нестабільності економіки України, посилення глобалізації світової економіки, значні коливання цін та попиту на сировину, яку Україна експортує у великих обсягах. Вбачається два шляхи вирішення виходу з цього становища: перехід на іншу технологію організації вагонопотоків або вдосконалення існуючої.

Як показав аналіз досвіду розвинених зарубіжних країн, існуючі там технології значною мірою є відмінними від вітчизняної. На залізницях США практично

в оперативному режимі вирішуються одночасно три завдання: компонування вагонів у блоки, визначення необхідної кількості поїздів і їх маршрутів прямування, закріплення кожного блоку вагонів за поїздами, у складі яких він буде доставлений до станції призначення [1]. У деяких європейських країнах функціонує технологія, яка базується на резервуванні місць у вже існуючих у розкладі вантажних поїздах також в оперативному режимі, яка має назву «квиткова система» (англ. booking system) [2]. Спільною рисою цих технологій є відсутність стратегічного рівня планування, яка пояснюється функціонуванням технології у межах операторської компанії (США) або у межах залізниці невеликої країни (Європа). І тому впровадження таких технологій у межах залізничної системи такого масштабу, якою є залізнична система України, яка має Укрзалізницю як єдиний монопольний оператор, а також в умовах масових експортних і транзитних перевезень є недоцільним. Тому на цьому етапі розвитку актуальним є удосконалення існуючої технології.

Для збереження існуючої технології організації вагонопотоків необхідно підвищити ефективність її функціонування. Подальший розвиток технології можливий лише за рахунок упровадження сучасних обчислювальних та інформаційних технологій і розроблення комплексної інформаційно-керуючої автоматизованої

системи управління вагонопотоками. Ключовою ланкою такої системи повинна стати підсистема автоматизованого розрахунку плану формування поїздів. Створення такої підсистеми стало можливим завдяки розробленому у [3] методу розрахунку плану формування поїздів, який використовує математичний апарат генетичних алгоритмів як метод оптимізації і дає змогу використання для полігонів, які мають розгалужену мережеву структуру. Цей метод дає змогу враховувати обмеження по пропускній і переробній спроможності станцій і пропускній спроможності дільниць, а також дає змогу враховувати можливість направлення вагонопотоків за альтернативними маршрутами, зокрема для задоволення цього обмеження.

Створення такої системи дасть змогу перераховувати мережевий план

формування поїздів не лише раз на рік, а за потреби, що є вкрай важливим у сучасних умовах швидкої мінливості вагонопотоків. А також ця система дасть змогу здійснювати якісне оперативне корегування плану формування поїздів не лише локально, з позицій окремих сортувальних станцій, а здійснювати оптимізацію плану на рівні регіональних філій.

Було проведено дослідження з використанням цього методу для виявлення реальної економії при корегуванні плану, у ході дослідження були використані ті самі вихідні дані, що і у [3]. Було проведено розрахунки планів формування поїздів при пропорційній зміні обсягів вагонопотоків до рівнів 0,5; 1,5; 2 і 3 від тих, що були використані у [3]. У таблиці і на рисунку наведені результати розрахунків.

Таблиця

Витрати вагоно-годин накопичення і додаткових вагоно-годин переробки за корегованим і некорегованим планами при змінах обсягів вагонопотоків

Коефіцієнт масштабування вагонопотоків, k	0,5	1	1,5	2	3
Загальні вагоно-години (накопичення і додаткової переробки) некорегованого плану	5464	6328	7192	8056	9784
Загальні вагоно-години (накопичення і додаткової переробки) корегованого плану	5314	6328	7137	7516	8254
Різниця, ваг. год	150	0	55	540	1530

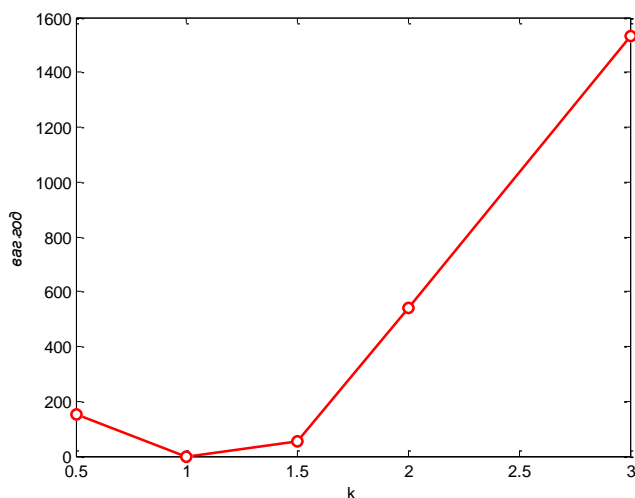


Рис. Різниця сумарних вагоно-годин накопичення і додаткових вагоно-годин переробки за корегованим і некорегованим планами при змінах обсягів вагонопотоків

Результати розрахунків довели, що навіть для маленького полігона, який налічує всього декілька станцій, в умовах значних середньомісячних коливань і ще більших добових коливань обсягів вагонопотоків, корегування плану формування для всього полігона дає значну економію вагоно-годин. Наприклад, при збільшенні вагонопотоку удвічі від розрахункових величин корегування плану дало 540 ваг. год щодобово, при трикратному збільшенні економія склала 1530 ваг. год, в масштабах регіональних філій економія може бути значно більшою. Використання цього методу як основи для побудови автоматизованої підсистеми розрахунку плану формування поїздів і побудова на її основі автоматизованої системи управління вагонопотоками, яка буде визначати необхідність перерахунку плану, здійснювати розрахунки і забезпечувати якісне виконання плану на всіх рівнях процесу організації вагонопотоків, – є перспективним

напрямок розвитку існуючої технології організації вагонопотоків на залізницях України.

Список використаних джерел

1. Yaghini, M. A population-based algorithm for the railroad blocking problem [Text] / M. Yaghini, M. Seyedabadi, M. M. Khosraftar // Journal of Industrial Engineering International. – 2012. – Vol. 8, Issue 1. – P. 8. doi: 10.1186/2251-712x-8-8.
2. Heydenreich, T. How to save wagonload freight [Text] / T. Heydenreich, M. Lahrmann // Railway Gazette International. – 2010. – P. 128.
3. Butko, T. Devising a method for the automated calculation of train formation plan by employing genetic algorithms [Text] / T. Butko, V. Prokhorov, D. Chekhunov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 1, Issue 3 (85). – P. 55-61. doi: 10.15587/1729-4061.2017.93276.

УДК 656.223

Т. В. Бутько, М. І. Музикін,

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОГО НАПРЯМКУ НА ОСНОВІ СПЕЦІАЛІЗАЦІЇ ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ НИТОК ГРАФІКА РУХУ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ

Т. Butko, M. I. Muzikin

IMPROVEMENT OF THE ORGANIZATION RAIL DIRECTION ON THE BASIS OF SPECIALIZATION PURPOSE PATHS SCHEDULE OF FREIGHT TRAINS

Одним із напрямків розвитку транспортної системи України є удосконалення технології роботи основних залізничних напрямків, за якими здійснюється просування потужних вагонопотоків в експортно-імпортному сполученні. В умовах існування багаторівневої системи управління

перевезеннями, що функціонує за різними критеріями, необхідним є виділення управління на рівні мережі транспортних коридорів, що дасть змогу в межах визначеного залізничного напрямку скоординувати технологічні та інфраструктурні можливості всіх підрозділів ПАТ «Укрзалізниця» для

формування раціональної системи просування транзитних поїздопотоків [1].

Як показує досвід удосконалення системи організації роботи залізничних напрямків різних країн світу, в основі лежить прагнення залізниць повністю задовольнити вимоги клієнтів щодо строків доставлення вантажів за рахунок розвитку методів високої надійності графіка руху поїздів, який є основою технології перевізного процесу та визначає віртуальний логістичний ланцюг просування вантажопотоків від пункту відправлення до пункту призначення.

На цей час у світі склалося дві системи організації просування поїздів на залізничних напрямках, що оснований на різних концепціях виконання графіка руху поїздів. Перша система базується на технології відправлення поїздів за жорстким графіком руху вантажних поїздів [2]. За таких умов технологічною основою роботи залізничних напрямків є відправлення протягом певного періоду часу постійної кількості поїздів з різною нефіксованою їх масою і довжиною. При такій системі середній состав поїзда завжди буде меншим від максимального, а нерівномірність вагонопотоків освоюють за рахунок допустимої різниці між мінімальною і максимальною величиною состава поїзда. Друга система, яка набула поширення на залізницях України, передбачає відправлення “повновагових” і “повносоставних” поїздів при непостійності їх числа протягом доби [3]. При цьому поїзди кожного призначення формуються у міру накопичення составів та відправляють або за найближчою неспеціалізованою ниткою графіка, або по готовності поїзда за диспетчерським розкладом (виходячи із міжпоїзного інтервалу). Такий підхід призводить до значних відхилень часу прибуття на станцію призначення маршруту від запланованого, що порушує одну із головних умов конкурентоспроможності залізничного транспорту – “доставка точно в строк”.

Беручи до уваги, що для залізничних напрямків характерними є стабільні поїздопотоків, більш прийнятним є застосування системи перевезень на основі спеціалізації за призначенням ниток графіка руху вантажних поїздів із заданими експлуатаційними характеристиками. У той час, як для дільничних поїздопотоків у межах напрямку можливе використання діючого варіанта перевезень – “відправлення за готовністю”. Такий підхід забезпечить високий рівень організації перевезень і дасть змогу не втратити гнучкість транспортної системи при освоєнні вагонопотоків, що виникають у результаті нерівномірного навантаження та не входять у план спеціалізованого графіка для маршрутних перевезень.

Для розв’язання поставленої задачі запропоновано застосувати методи теорії управління запасами (англ. Inventory Theory) [4,5], що дасть змогу по-новому вирішити задачі визначення максимально можливої кількості ниток графіка для пропуску спеціалізованих поїздів на напрямку, надійності їх прямування за діючим графіком руху та раціонального інтервалу між поїздами з урахуванням подовження тягових пліч локомотивів з добіркою за серіями і видами тяги для більш економічного і швидкого пропуску кожного окремого вантажопотоку.

Розроблено стохастичну математичну модель вибору інтенсивності прямування спеціалізованих поїздів на залізничному напрямку, яка враховує випадковий характер прямування поїздів за наскрізною ниткою графіка руху. Знайдені параметри ниток графіка руху спеціалізованих поїздів та інтервали їх прокладання у графіку руху поїздів за дільницями залізничного напрямку дадуть змогу зменшити ризики прямування транзитних поїздопотоків, сформулювати вимоги до побудови ядра розкладів руху поїздів зі стабільними експлуатаційними характеристиками, а отже, сформулювати взаємовигідну послугу щодо пропускання потужного вантажопотоку на залізничних напрямках.

Список використаних джерел

1. Формування логістичної технології просування вантажопотоків за жорсткими нитками графіку руху поїзді [Текст] / Т.В. Бутько, Д.В. Ломотько, А.В. Прохорченко, К. О. Олійник // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 111. – С. 23-30.
2. Glover, J. Principles of Railway Operation [Text] / J. Glover // Ian Allan Publishing, 2013. – 160 p.
3. Управління експлуатаційною роботою і якістю перевезень на залізничному

транспорті [Текст]: навч. посібник / М.І. Данько, Т. В. Бутько, О. В. Березань [та ін.]; за ред. М. І. Данька. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – 174 с.

4. Рыжиков, Ю. И. Теория очередей и управления запасами [Текст] / Ю. И. Рыжиков. – СПб. : Питер, 2001. – 384 с.

5. Lu X., Song J. S., Regan A. C. Inventory planning with forecast updates: approximate solutions and cost error bounds [Text] / X. Lu, J. S. Song, and A. C. Regan. – Working paper, 2003.

УДК 656.073 :004 (477)

Т. В. Бутько, А. В. Колісник, О. В. Москаленко

**УДОСКОНАЛЕННЯ СТРУКТУРИ І КОМПЛЕКСУ ЗАДАЧ АСК ВП УЗ Є
ПРИ КОМБІНОВАНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ**

T. Butko, A. Kolesnik, O. V. Moskalenko

**IMPROVEMENT OF STRUCTURE AND A COMPLEX OF TASKS THE ASK VP UZ E
WITH COMBINED TRANSPORTATION**

Для прискорення й оптимізації логістичних процесів доцільно, зокрема на залізничному транспорті, впроваджувати і використовувати інтелектуальні транспортні системи (ІТС). ІТС – це великий комплекс сервісних послуг, що надаються користувачам для зручності прийняття управлінських рішень щодо раціонального використання транспортних мереж. Розроблення та впровадження таких інтелектуальних систем спрямовано на покращення роботи залізничного транспорту і скорочення експлуатаційних витрат [1, 2].

Однією з найбільших проблем нашого часу є забезпечення економічно ефективної, стійкої мобільності перевезень вантажів і в той же час надання привабливих пропозицій для клієнтів залізниць. Для збільшення транспортних

потоків на залізничному транспорті пропонуються інтелектуальні системи управління, які спрощують операції, поліпшують використання існуючих виробничих потужностей за рахунок повного використання всіх резервів, а також забезпечують високий рівень ефективності та якості залізничних перевезень, навіть у нештатних ситуаціях.

Метою дослідження є формування моделі організації комбінованих перевезень.

На сьогоднішній день АСК ВП УЗ Є є найбільш потужною системою із сучасних автоматизованих систем управління, яка забезпечує функції інформаційної і керуючої підтримки технологічних процесів залізничної галузі. Ця система охоплює практично всі функції, необхідні для стабільної і якісної роботи всіх ланок

управління перевізним процесом. Але вимоги клієнтів на основі використання сучасних інформаційних технологій потребують удосконалення та розроблення нових моделей для всіх складових транспортного процесу.

Для організації руху комбінованих поїздів територією України за оптимальними маршрутами з найменшими експлуатаційними витратами, раціональним доставленням по виділеній нитці графіка руху поїздів (ГРП) виникає необхідність створення моделі формування комбінованого поїзда у просторі та у часі [3].

На основі такої моделі пропонується впровадити новий модуль в АСК ВП УЗ Є щодо перевізного процесу з використанням комбінованого поїзда. Цей модуль видає оптимальний маршрут прямування комбінованого поїзда на основі плану формування поїздів та заявок на перевезення (МЕСПЛАН) з урахуванням контактного графіка.

З автоматизованих робочих місць транспортно-логістичних компаній по каналах мережі залізниць через АС МЕСПЛАН надходять заявки в центральне управління перевезень на подачу платформ для перевезення контейнерів або контрейлерів до відповідних станцій залізниць. На основі заявок транспортно-логістичних компаній на автоматизованому робочому місці диспетчера-вагонорозпорядника за допомогою сформованої моделі з урахуванням плану формування вантажних поїздів уся інформація обробляється і програма видає просторово-часову інформацію, прокладаються раціональні маршрути комбінованих поїздів та час їх прямування,

у складі яких будуть платформи під навантаження або вивантаження. База ІКС щодо комбінованого поїзда формує план роботи, пов'язаний з цим поїздом, виділяє для них певні нитки ГРП. Скорегований графік руху поїздів є доступним ДНЦОВ І ДНЦ, після чого передається на станцію ДСП.

Розроблений модуль в АСК ВП УЗ Є щодо перевізного процесу з використанням комбінованого поїзда дасть змогу покращити організацію руху комбінованих поїздів, що призведе до зниження непродуктивних вагоно-годин простою за рахунок поліпшення планування маршруту. Постійний контроль за дислокацією та станом контрейлерів або контейнерів, який пропонується впровадити в цій системі, призведе до раціональної роботи з кожним транспортним засобом, що значно вплине на швидкість та якість перевезень вантажів.

Список використаних джерел

1. Boschian, V. A. Metamodelling Approach to the Management of Intermodal Transportation Networks / Dotoli, M., Fanti, M.P., Iacobellis, G. Ukovich, W. // The International Workshop on Intelligent Vehicle Controls & Intelligent Transportation Systems. – Milan. – 2009. – P. 100-113.
2. Kalašová A. A Model of Transatlantic Intermodal Freight / J. Kapusta, P. Toman // "Naše more", 63(1). – 2016. – P. 5-15.
3. Butko T. Devising a method for the automated calculation of train formation plan by employing genetic algorithms / V. Prokhorov D. Chekhunov // Восточно-Европейский журнал. – 2017. - № 1/3 (58). – С. 55-61.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ
З ПРИЛЕГЛИМИ ДІЛЬНИЦЯМИ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ ПОЇЗДІВ ЗА
ТВЕРДИМИ НИТКАМИ**

T. Golovko, T. Perekrst

**APPROXIMATELY ARRANGEMENTS IN THE FORMER STANTS WITH
WELCOMING DILENTS IN ORGANIZATION OF RUSSIA FOR THE SOLID STREAMS**

В умовах нерівномірності вагонопотоків на залізницях України склалася гнучка система організації руху поїздів та висока динаміка економічних зв'язків, у тому числі й у транспортних потоках. При цьому поїзди кожного призначення формуються у міру накопичення составів та відправляються за найближчою ниткою графіка. Такий підхід є ефективним при дефіциті локомотивного парку та в умовах утворення нестабільних малопотужних вагонопотоків, коли необхідно дотримуватися "повносоставності" поїздів для уникнення експлуатаційних збитків перевізного процесу. У цих умовах зростає роль технологічного планування та організації роботи за твердим графіком від пункту виробництва продукції до місця її споживання.

Необхідність зменшення непродуктивних простоїв рухомого складу потребує впровадження сучасних логістичних та інформаційних технологій на основі інтелектуальних транспортних систем. Метою дослідження є зменшення непродуктивних простоїв рухомого складу на сортувальних станціях у взаємодії з прилеглими дільницями при організації руху поїздів за твердим нитками за рахунок використання потужностей технічних станцій.

Для скорочення витрат часу на технічних станціях та забезпечення доставлення «точно в строк» необхідні зміни в організації перевізного процесу, у

тому числі організація руху поїздів за твердим нитками графіка (за розкладом). Перехід до технології руху вантажних поїздів за твердим нитками графіка дасть змогу забезпечити нитку не тільки готовими складами, локомотивами і локомотивними бригадами, але і погодити її у напрямку прямування. Проведено аналіз існуючої технології та інформаційного забезпечення при просуванні транзитних вантажних поїздів, визначено закономірність зміни витрат часу на технологічні операції з перероблення транзитних поїздів на сортувальних станціях залежно від способу організації руху вантажних поїздів. Проаналізовано існуючу технологію та інформаційне забезпечення при просуванні транзитних вантажних поїздів.

У запропонованій технології роботи складу, який накопичений у сортувальному парку, для раціонального використання колій парків формування комплексу станції рекомендується не переставляти в парк відправлення, а продовжити займати ним сортувальні колії (при його наявності) в очікуванні твердої нитки графіка, забезпеченої поїзним локомотивом і локомотивною бригадою. При дотриманні вказаної технології пропуску вагонопотоків оцінено витрати часу, пов'язані з формуванням і відправленням вантажних поїздів за твердим нитками графіка.

Для ефективної організації та управління роботою сортувальних станцій

у взаємодії з прилеглими дільницями буде доцільним мінімізувати простій транзитних вантажних поїздів з переробкою шляхом вибору колій перебування у період очікування поїздів нитки графіка.

Для зменшення непродуктивних простоїв вагонів доцільним є розроблення та впровадження інтерактивної комп'ютерної системи підтримки прийняття рішень, яка буде допомагати в покращенні процесу взаємодії сортувальної станції та прилеглих дільниць.

Список використаних джерел

1. Enhancing international rail transportation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210970614000535>.

2. Бутько, Т. В. Удосконалення технології організації перевезень в умовах невизначеності на основі раціонального використання засобів транспорту [Текст] / Т. В. Бутько, О. В. Лаврухін // Зб. наук. праць ДонІЗТ. – Донецьк: ДонІЗТ, 2006. – № 8. – С. 21-29.

3. Удосконалення диспетчерського керівництва дільниці на основі прогнозного моделювання перевізного процесу [Текст] / П.В. Долгополов, Т.В. Головка, Т.В. Галишинець та ін. // Вісник НТУ «ХПІ». – 2015. – Вип. 49. – С. 36 – 39.

4. Головка, Т. В. Удосконалення організації поїздопотоків у межах міжнародних транспортних коридорів [Текст] / Т. В. Головка, С. Е. Гусаров // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – Вип. 164. – С. 177-183.

УДК 656.223.2

*П. В. Долгополов, В. В. Вергельський,
О. Г. Кузьміна, Д. Д. Нуцубідзе*

УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ГІРКОВОГО КОМПЛЕКСУ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗОВАНИХ БЕЗЛЮДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

*P. V. Dolgoplov, V. V. Vergelskiy,
A. G. Kuzmina, D. D. Nucubidze*

IMPROVING THE WORK OF MARSHALLING YARD HUMP COMPLEX BASED ON THE INTELLECTUALIZED UNMANNED TECHNOLOGIES

Найважливішим елементом залізничної транспортної системи є сортувальні станції, які виконують масове формування вантажних поїздів.

Однак дослідження довели, що на сьогоднішній день на сортувальних станціях спостерігається значний простій вагонів і значна собівартість переробки одного вагона, що обумовлено застосуванням застарілих технологій роботи гіркових комплексів.

З метою оптимізації роботи гіркового комплексу базової сортувальної станції необхідне розроблення і застосування інтелектуалізованих безлюдних технологій, що дасть змогу на основі математичних методів найбільш оптимально реалізувати цикл роботи сортувальної гірки.

Як одну з таких технологій запропоновано реалізувати маневрову автоматичну локомотивну сигналізацію без машиніста (МАЛС-БМ) для гіркових локомотивів. Ця

система дає змогу реалізувати функцію роботи локомотива без машиніста. Програмне забезпечення станційної апаратури МАЛС-БМ основане на використанні об'єктно-орієнтованих підходів, що дає змогу зробити систему гнучкою, керованою і здатною органічно адаптуватися до експлуатаційних вимог [1-3].

У цей час нормативні акти, що регламентують експлуатаційну роботу залізниць, не допускають пересування локомотивів без машиніста, тому машиніст на першому етапі все одно повинен перебувати в кабіні і контролювати роботу систем, але втручається тільки у нештатних ситуаціях.

Важливим завданням також є оптимізація процесу ліквідації «вікон» між вагонами на сортувальних коліях. Для її вирішення запропоновано оснастити сортувальні колії підтягувачами.

Як показали попередні дослідження, функціонування системи МАЛС-БМ на сортувальній станції дає змогу керувати рухом маневрового локомотива з допомогою цифрового радіоканалу і гарантує безпеку і підвищення ефективності виконання маневрових робіт на основі виконання таких функцій:

- автоматичне приведення в рух маневрового локомотива без машиніста по команді з поста електричної централізації на основі передачі маршрутного завдання безпосередньо на локомотив;
- недопущення руху локомотива зі швидкістю вище допустимої;
- автоматична зупинка локомотива перед закритим сигналом світлофора, перед вагонами та місцем проведення ремонтних робіт на коліях;
- автоматичний контроль зчеплення локомотива з вагонами;
- автоматичне виконання команд з поста гіркової автоматичної централізації (розпуск з певною швидкістю, зупинка);
- спостереження і контроль місцезнаходження маневрових локомотивів;

- при наявності машиніста – інформування його про негабаритні місця і місця робіт на коліях у заданому маршруті, допустиму швидкість руху і т. д. [2-4].

Функціонування гіркового комплексу сортувальної станції в умовах інтелектуалізованих безлюдних технологій дає змогу оптимізувати процес формування составів поїздів, скоротити простій вантажного вагона на сортувальній станції та зменшити собівартість переробки одного вагона, що підвищує ефективність роботи залізничного транспорту в цілому.

Список використаних джерел

1. Повышение надёжности технических средств железнодорожной автоматики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rzd-expo.ru/innovation/accelerating_and_increasing_the_reliability_of_the_service_life_of_facilities/improve_the_reliability_of_technical_devices_of_railway_automatics/ – (Дата обращения 27.03.2017).
2. Implementation and validation of an Angle of Arrival (AoA) determination system for real-time on-board train positioning [Text] / M. Arenas, A. Podhorski, S. Arrizabalaga, J. Goya, B. Sedano, J. Mendizabal // Transportation Research Procedia. – 2016. – №. 14. – P. 1950-1956.
3. Удосконалення диспетчерського керівництва дільниці на основі прогностичного моделювання перевізного процесу [Текст]: П. В. Долгополов, Т. В. Головка, Т. В. Галишинець, І. А. Іванова // Вісник НТУ «ХПІ». – 2015. – Вип. 49(1158). – С. 36-39.
4. Егоров, О. И. Процедура идентификации поездов с использованием информации АСК ВП УЗ Е [Текст] / О.И. Егоров, И. В. Жуковицкий // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків, 2015. – Вип. 6(115). – С.61-66.

УДК [656.025.2 + 656.23]

*Т. Ю. Калашнікова, Є. В. Калайда,
Н. М. Остапенко, О. В. Хорошко*

**РОЗРОБЛЕННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ НАДАННЯ ПОСЛУГ
КЛІЄНТУ- ПАСАЖИРУ**

*T. Y. Kalashnikova, E. V. Kalayda,
N. M. Ostapenko, O. V. Horoshko*

**DEVELOPMENT OF MEASURES TO IMPROVE THE QUALITY OF CUSTOMER
SERVICE TO PASSENGERS**

Пасажи́рські перевезення, у тому числі і приміські, за наявних умов їх організації стають все менш рентабельними. Особливу роль відіграє наявність конкурентного виду транспорту – автомобільного, який зосереджує на собі значну частку пасажиропотоку. Коливання пасажиропотоку у часовому та просторовому відношенні диктують додаткові вимоги до перевізного процесу. Таким чином, задля успішного функціонування системи обслуговування є необхідним підвищення якості надання послуг клієнту-пасажиру.

Необхідним стає вирішення завдання щодо підвищення якості надання послуг клієнту- пасажиру шляхом аналізу наявної технології обслуговування пасажирів на пасажирській станції та вокзалі; дослідження динаміки і структури пасажиропотоку у часовому та просторовому вимірі; розроблення заходів з підвищення якості обслуговування пасажирів та залучення додаткових обсягів пасажиропотоку; розрахунку та оцінки економічного ефекту від запропонованих заходів щодо підвищення якості обслуговування пасажирів та доходів залізниць від пасажирських перевезень; розроблення заходів щодо підвищення стану охорони праці та безпеки пасажирів у надзвичайних ситуаціях на станції.

З метою реалізації зазначених підходів проведено дослідження структури

і параметрів пасажиропотоків, використано апарат системи масового обслуговування задля моделювання роботи кас відповідно до інтенсивності пасажиропотоку.

Розроблено пропозиції щодо оптимізації системи тарифікації у приміському сполученні. Застосування запропонованого коефіцієнта вартості квитка сприятиме залученню пасажирів до користування приміським залізничним транспортом у місяці і дні тижня зі слабким пасажиропотоком, збільшенню доходів залізниці від приміських перевезень завдяки більшій вартості проїзду у місяці і дні тижня з великим пасажиропотоком, зменшенню нерівномірності перевезень та більш оптимальному використанню рухомого складу та інших технічних засобів пасажирського комплексу.

Запропоновано впровадження додаткового технічного обладнання у приміщенні вокзалу, на станції (пероні) з метою покращення якості обслуговування клієнта- пасажира, у тому числі і з обмеженими фізичними можливостями, що дає змогу таким людям почувати себе більш комфортно на рівні з іншими пасажирами.

Пасажири не повинні розглядатися як «безлика маса», бо кожна людина, що звертається до системи обслуговування залізничного транспорту, - є унікальна, тому і підхід до кожного клієнта повинен бути особливим з урахуванням його

особистих потреб. Таким чином, на цей час розроблення та впровадження пропозицій щодо підвищення якості обслуговування за різними напрямками є вкрай необхідними.

Список використаних джерел

1. Стратегія розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року [Текст]: розпорядження Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. № 1555-р. – К., 2009. – С. 1-2.

2. Geschäftsbericht 2010 [Електронний ресурс]: Finanztermine / Deutsche Bahn AG. – Berlin: Deutsche Bahn Konzern, 2011. – Режим доступу: http://www1.deutschebahn.com/linkableblob/ecom2-db-de/1509634/data/2010_gb_dbkonzern-data.pdf.

3. SNCF 2013 Yearly Financial Report [Електронний ресурс]: Financial report / SNCF Direction de la Communication. / M&CSAATCHI.CORPORATE. – La Plaine Saint Denis Cedex: SNCF Group, 2014. –

Режим доступу: http://www.sncf.com/ressources/reports/sncf_rf_gb_simple_0.pdf.

4. Пасажирські перевезення (залізничний транспорт) [Текст]: навч. посібник / Т. В. Бутько, О. А. Малахова, А. В. Прохорченко та ін.; за ред. Т. В. Бутько [УкрДАЗТ]. – Харків: Райдер, 2014. – 260 с.

5. Технологічний процес з надання послуг пасажирам та організації роботи вокзалу Харків – Пасажирський [Текст]: нормативний акт / розроб. Л. Г. Чалий, затвер. В. І. Гуляев. – Харків: Державна адміністрація залізничного транспорту України, 2011.

6. Правдин, Н. В. Технология работы вокзалов и пассажирских станций [Текст] / Н. В. Правдин, Л. С. Рябуха, В. И. Лукашев. – М.: Транспорт, 1990. – 319 с.

7. Типовий технологічний процес з надання послуг пасажирам та організації роботи залізничних вокзалів [Текст]: ЦП-0048: Затв. наказом Укрзалізниці 29 червня 2005 р. № 187-Ц. – К.: Укрзалізниця, 2005. – 196 с.

УДК 656.025.4(477)

Д. В. Константинов, А. В. Устименко

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ШЛЯХОМ ПРискорення ПРОСУВАННЯ ВАНТАЖОПОТОКІВ

D. V. Konstantinov, V. A. Ustymenko

IMPROVING THE ORGANIZATION OF CARGO TRANSPORTATION BY THE ACCELERATION OF FREIGHT TRAFFIC

У теперешній час залізничні перевезення перебувають в умовах жорсткої конкуренції на ринку транспортних послуг. Для забезпечення конкурентоспроможності залізницям необхідно збільшувати швидкість і якість доставки вантажів та покращувати якісні показники перевізного процесу, при цьому зменшуючи експлуатаційні витрати. Одним

із резервів підвищення ефективності в роботі є покращення системи просування вантажопотоку. Вирішити це завдання можливо шляхом скорочення простою вагона під накопиченням на технічних станціях.

Над проблемою зменшення часу обігу вагонів працювало багато вчених. Проте необхідність скорочення часу обробки та

визначення оптимальної кількості вагонів у складі поїздів, які формуються на технічних станціях, завжди є актуальною. Простий вагон має важливе значення для експлуатаційної діяльності залізниці, оскільки безпосередньо впливає на ефективність використання вагонного парку. Не викликає сумніву, що великі прості вагони призводять до збільшення експлуатаційних витрат [1]. Одним з основних напрямів діяльності Укрзалізниці є вантажні перевезення. У сучасний період зниження вантажообігу та вимог вантажовідправників щодо термінів доставки вантажів, значної зношеності рухомого складу основною проблемою є прості вагони на вантажних, проміжних і технічних станціях [2].

Для скорочення простою вагона під накопиченням на технічних станціях застосовуємо маркетингово-логістичний підхід до визначення оптимальної кількості вагонів у поїздах. Згідно зі статистичними даними прості вагони на технічних станціях становить майже половину від загальної тривалості обігу вагона [6]. Однією зі складових простою вагонів на технічних станціях є прості вагони під очікуванням накопичення составів поїздів, за нормами формування. Ці норми визначаються тяговими розрахунками, виходячи з ефективності використання локомотивів і технічних пристроїв. Прості

вагони під накопиченням залежить від інтервалу прибуття поїздів, кількості вагонів, які прибувають у розформування, кількості вагонів у складах поїздів, що формуються. Як метод скорочення простою вагонів під накопиченням можна запропонувати метод оптимізації кількості вагонів у складах поїздів, що формуються, наведений у [2]. Вихідними даними для виконання розрахунків є:

- статистичні дані графіка руху поїздів;
- нормативні графіки виконання технологічних операцій згідно з технологічним процесом роботи станції;
- статистичні дані про поїзди, що перебувають, згідно з натурними листами.

Одним з основних якісних показників роботи сортувальної станції є тривалість перебування вагонів на ній. Сюди входять тривалість технологічних операцій, тривалість простоїв під очікуванням виконання технологічних операцій та очікуванням накопичення вагонів. Тривалість технологічних операцій визначається згідно з Технологічним процесом роботи сортувальної станції [3].

Для визначення оптимальної кількості вагонів у складі поїзда пропонуємо удосконалити формулу, яку використано у [2], шляхом урахування вагонів, які залишаються після кожного закінчення формування поїзда, і використовуємо її, як цільову функцію:

$$nH_n = \bar{m}_{ост} \cdot I_n + \sum_{i=1}^n m_{н.і} \cdot t_n + \sum_{i=1}^n m_{н.і} \cdot I_n + t_{об} \cdot \sum m_{нк} \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \Delta t \cdot m_n \cdot e_{в-г} - \left(\frac{P}{Q_{бр} - \Delta Q_{бр}} - \frac{P}{Q_{бр}} \right) \cdot L \cdot e_{п-км} &\geq 0 \end{aligned} \right. \quad (2)$$

$$Q_{бр} - \Delta Q_{бр} \leq Q_{бр} \quad (3)$$

$$m_n \leq m_{н.норм} \quad (4)$$

де $\bar{m}_{ост}$ – середньодобовий залишок вагонів після завершення формування поїзда;

$t_{об}$ – тривалість оброблення составів;

t_n – тривалість простою вагонів;

$m_{н.норм}$ – кількість вагонів у складі, визначених за тяговими розрахунками;

$m_{н.і}$ – кількість вагонів у відчепі, який прямуватиме на розрахунковий напрямок;

$\sum m_{нк}$ – кінцева група вагонів, які проходять сортувальну станцію без простою під накопиченням;

I_n – інтервал прибуття поїздів;

P – кількість перевезених тонн вантажу;

$Q_{бр}$ – встановлена маса поїзда брутто;

$\Delta Q_{бр}$ – зменшення маси поїзда брутто;

L – довжина ділянки;

$e_{п-км}$ – витратна ставка на 1 поїзд. км;

Δt – час скорочення простою;

$m_{п}$ – кількість вагонів, для яких скоротився простій;

$e_{в-г}$ – витратна ставка на 1 ваг. год.

Обмеження (2) виведене з урахуванням економічного ефекту від скорочення простою вагонів під накопиченням за рахунок скорочення простою вагонів під накопиченням, то внаслідок цього отримують доходи, пов'язані зі збільшенням ефективності використання рухомого складу та з урахуванням експлуатаційних витрат, що пов'язані з перевезеннями. Для цього застосовують метод одиничних витратних ставок [4, 5]. Для позитивного економічного ефекту та максимального скорочення простою вагона необхідно, щоб дохід перебільшував витрати, пов'язані із зменшенням маси поїзда.

Унаслідок зменшення кількості вагонів у складі поїзда зростають експлуатаційні витрати на перевезення, виникають витрати, пов'язані зі зменшенням маси поїздів, а також виникає зниження простою вагонів під накопиченням, яке, навпаки, приводить до зменшення експлуатаційних витрат, що перебиває зростання експлуатаційних витрат на перевезення. Це означає, що

можна досягти підвищення якісних показників перевізного процесу при незмінних експлуатаційних витратах.

Список використаних джерел

1. Ломотько, Д. В. Шляхи скорочення часу простою місцевого вагона на станції Луганськ-Вантажний Донецької залізниці [Текст] / Д. В. Ломотько // Зб. наук. праць ДонІЗТ. – 2010. - № 22. – С. 43-47.

2. Копитко, В. І. Визначення оптимальної кількості вагонів у поїздах, що формуються на сортувальних станціях в умовах реформування залізничної галузі [Текст] / В. І. Копитко // Науковий вісник НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.7 – С. 360-364.

3. Божко, М. П. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни Основи теорії транспортних процесів і систем [Текст] / М. П. Божко, В. В. Журавель. – Дніпропетровськ: Вид-во ДПТ, 1999. – 32 с.

4. Економіка залізничного транспорту [Текст]: учеб. пособие [для студ. ВУЗов ж.-д. трансп.] / Н. П. Терешина, В. Г. Галабурда, М. Ф. Трихунков [и др.] / под ред. Н. П. Терешиной, Б. М. Лapidуса, М. Ф. Трихункова. – М.: УМЦ ЖДТ, 2006. – 543 с.

5. Федотов, Н. И. Применение теории вероятностей в транспортных расчетах [Текст]: учеб. пособие [для студ. ВУЗов ж.-д. трансп.] / Н. И. Федотов, А. В. Быкадоров. – Новосибирск, 1969. – 320 с.

6. Vierth, I. Effects of longer lorries and freight trains in an international corridor between Sweden and Germany [Text] / I. Vierth, R. Karlsson // Transportation Research Procedia. – Frankfurt, 2014. – Volume 1, Issue 1. – P. 188-196.

**ПРИСКОРЕННЯ ПРОСУВАННЯ МІЖНАРОДНИХ ПОЇЗДІВ ЗАЛІЗНИЦЯМИ
УКРАЇНИ**

D. V. Konstantinov, N. P. Harlan

**ACCELERATION OF INTERNATIONAL TRAINS PROMOTION IN THE RAILWAYS
OF UKRAINE**

Незважаючи на значні обсяги перевезень у теперішній час Україна починає поступатися позицією лідера транзитних перевезень на напрямку Західно-Східна Європа – Азія сусіднім державам-конкурентам, зокрема Білорусі, Польщі, Росії. Це відбувається здебільшого через низькі темпи розвитку внутрішньодержавної системи транзитних перевезень, недостатній розвиток мережі шляхів прямування, віднесених до міжнародних транспортних коридорів, низькі швидкості просування транзитних поїздів та значні затримки міжнародних составів на прикордонних передавальних станціях у процесі реалізації технології передачі составів за кордон. Це призводить до значних збільшень строків доставки вантажів та затягування процесів просування транзитних міжнародних поїздів залізницями України, що поступово формує негативний імідж залізниць України та їх транзитного потенціалу [1].

Головними принципами удосконалення експлуатаційної роботи в міжнародних перевезеннях є формування і пропускання міжнародних поїздів найкоротшими маршрутами у межах транспортних коридорів, упровадження зручного плану формування поїздів міжнародного сполучення та удосконалення технологій обробки і графіка руху міжнародних поїздів [4]. Тому, урахувавши зазначені проблеми міжнародних транзитних перевезень залізниць України, у сучасних умовах

необхідним є першочергове вирішення проблеми швидкості просування міжнародних транзитних поїздів залізницями України. Вирішення цього завдання потребує винайдення раціональних рішень у двох напрямках – удосконалення технологічного процесу організації передачі міжнародних поїздів за кордон на прикордонних передавальних станціях та розроблення заходів підвищення ефективності планування маршрутів просування міжнародних составів. Вирішення першого завдання пов'язане з необхідністю перегляду технологічного процесу роботи окремої передавальної станції та пошуком після цього можливих варіантів скорочення часу на технологічні операції, що складно здійснити без аналізу технології роботи конкретної станції. При цьому ефекту прискорення перевезень можна досягти лише за рахунок зміни технологій обробки практично без додаткових капіталовкладень. Вирішення другого завдання є більш загальним і пов'язане з необхідністю формування оперативної системи визначення раціональних маршрутів прямування міжнародних транзитних поїздів [1].

У процесі передачі вагонопотоків між країнами основну роль відведено прикордонним передавальним станціям (ППС). Специфіка функціонування сучасних ППС полягає в тому, що більшість із них було створено на базі сортувальних або дільничних станцій,

найбільш близьких до кордонів. До набуття станціями статусу прикордонних обробка поїзних документів та передача інформації проходила паралельно із технічним та комерційним оглядом і не перевищувала норм часу на виконання технічних операцій. Після появи додаткових контролюючих служб на ППС при обробці міжнародних поїздів багато часу займає оформлення вантажів та передача поїзної інформації між державами, це призводить до збільшення простоїв вагонопотоків [2].

Основні причини затримок міжнародних поїздів, що є характерними для ППС, – це митний огляд, митне оформлення, відсутність електронного повідомлення митниці відправлення, технічна або комерційна несправність вагона, порушення маршруту прямування, розбіжність інформації у товарно-транспортній накладній, затримання суміжними службами, неправильне оформлення документів, відсутність інформації в центральній базі даних, відсутність рахунка-фактури та ін. Тому якщо за своїм технічним оснащенням станція не може виконати зазначені обсяги і види робіт, то потрібно здійснити такі заходи: організувати приймання міжнародних поїздів додатково на прилеглих станціях або технічних станціях суміжної сторони; реалізувати спрощення контрольних операцій з поїздами; передати частину роботи на менш завантажені прикордонні переходи [3].

У сучасних умовах розвитку інформаційних технологій створення оперативної системи формування маршрутів потребує розроблення та

впровадження системи підтримки прийняття рішень (СППР), спрямованої на підтримку оперативного персоналу стосовно автоматизації процесу прийняття оперативних рішень на всіх рівнях управління. Результати попередніх досліджень і моделювання, наведені в [1], показали ефективність використання нейро-нечіткого моделювання при створенні СППР для оперативного визначення оптимальних маршрутів.

Отже, ураховуючи головне завдання визначення найбільш оптимального маршруту прямування з найменшими витратами часу на рух, можливі варіанти вирішення задачі залежать від двох основних параметрів – резерв пропускнув спроможності відповідно до графіка руху поїздів (ГРП) деякої дільниці ΔN^{AB} та витрат часу на прямування міжнародного транзитного поїзда по деякій дільниці А-В t_{ij}^{AB} , врахованих від моменту прибуття на деяку станцію А до моменту прибуття на деяку наступну станцію В, що відображає швидкість обробки поїзда по станції А, час очікування відправлення по А та час проходження дільниці А – В, що враховує особливості профілю дільниці та середню можливу швидкість руху [1]. Також для урахування нерівномірності руху й отримання більш точних результатів доцільним є визначення та залучення додаткового параметра – коефіцієнта нерівномірності руху поїздів по цій дільниці k_n . Таким чином, задача розроблення відповідних рішень для оперативного регулювання композиції состава полягає у виконанні відображення

$$X = (\Delta N^{AB}, t_{ij}^{AB}, k_n) \rightarrow D \in \{d_1, d_2, \dots, d_k\} \quad (1)$$

де d_1 – доцільність призначення 100 %;
 d_2 – доцільність призначення 87,5 %;
 d_3 – доцільність призначення 75 %;
 d_4 – доцільність призначення 62,5 %;

d_5 – доцільність призначення 50 %;
 d_6 – доцільність призначення 37,5 %;
 d_7 – доцільність призначення 25 %;

d_8 – доцільність призначення 12,5 %;

d_9 – доцільність призначення 0 %.

Упровадження на основі запропонованої моделі системи формування та регулювання маршрутами прямування міжнародних транзитних поїздів дасть змогу якісно удосконалити систему організації обслуговування міжнародного транзитного вагонопотоку з можливістю подальшого формування СППР у вигляді програмного комплексу на АРМ оперативних працівників. Це дасть змогу автоматизувати процес управління просуванням міжнародних поїздів залізницями України та скоротити терміни передачі їх за кордон.

Список використаних джерел

1. Константинов, Д. В. Удосконалення процесу просування міжнародних

транзитних поїздів залізницями України [Текст] / Д. В. Константинов, І. В. Чорна // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 140. – С. 23-30.

2. Кіхтева, Ю. В. Удосконалення функціонування інформаційної підсистеми прикордонних передавальних станцій [Текст]: дис... канд. техн. наук 05.22.01. / Ю. В. Кіхтева. – Харків, 2010.

3. Альошинський, Є. С. Напрямки удосконалення роботи прикордонних передавальних залізничних станцій на кордонах з країнами СНД [Текст] / Є. С. Альошинський, Н. В. Колесникова // Вісник ХПІ. – 2009. – № 15. – С. 29-34.

4. Vierth, I. Effects of longer lorries and freight trains in an international corridor between Sweden and Germany [Text] / I. Vierth, R. Karlsson // Transportation Research Procedia. – Frankfurt, 2014. – Volume 1, Issue 1. – P. 188-196.

УДК 656.223.1

Д. В. Константинов, Ю. М. Гриценко

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ МАРШРУТІВ ПРЯМУВАННЯ МІЖРЕГІОНАЛЬНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

D. V. Konstantinov, J. M. Gricenko

IMPROVEMENT OF THE FORMATION SYSTEM FOR RATIONAL ITINERARY INTERREGIONAL PASSENGER TRAINS ON THE RAILWAYS OF UKRAINE

У сучасних умовах в основі залізничних швидкісних міжрегіональних пасажирських перевезень лежать недостатньо ефективні технології перевізного процесу, які обмежують здатність пасажирського комплексу гнучко реагувати на коливання попиту споживачів ринку пасажирських перевезень. Виходячи з цього для зниження збитковості пасажирських перевезень необхідним є

застосування організаційних технологій, в основу яких покладено концепції гнучкого адаптивного регулювання перевізного процесу оперативного та довгострокового характеру відповідно до принципів пасажирської логістики.

Пасажирські перевезення залізничного транспорту збиткові. Однією з причин є невідповідність темпів зростання цін на продукцію та ресурси темпам

підвищення тарифів на пасажирські перевезення, неефективне використання місткостей пасажирських вагонів різних типів поїздів, недостатньо ефективне планування перевезень, незручність діючих розкладів руху для багатьох пасажирів, що призводить до підвищення експлуатаційних витрат у порівнянні з рівнями доходів.

Запропоновані раніше в [1-4] моделі формування адаптивної системи пасажирських перевезень у приміському сполученні можуть бути раціонально використані для удосконалення системи міжрегіональних пасажирських перевезень. Але для взаємного узгодження результатів моделювання та можливості їх практичної реалізації виникає потреба ув'язати їх роботу в єдину інтеграційну систему адаптивного управління. Це можливо здійснити шляхом створення загальної моделі організації пасажирських перевезень, завданням якої буде розроблення маршрутів міжрегіонального руху на основі збору звітних даних щодо регульовальної роботи на станціях та результатів визначення оптимальних маршрутів прямування [5]. Розроблення такої системи доцільно реалізувати на основі еволюційних методів моделювання з використанням генетичних алгоритмів [4].

Завдання пошуку оптимального маршруту курсування міжрегіонального поїзда в межах певної мережі полягає у знаходженні деякої сукупності дільниць прямування поїзда від i -х станцій відправлення до j -х станцій призначення, послідовне проходження яких поїздом формує загальний маршрут, який порівняно з іншими варіантами є більш ефективним відносно критерію оптимізації, урахувавши, що станції i та j є станціями обороту міжрегіональних поїздів на певних напрямках. Тому урахувавши необхідність формування генотипу (набору оптимальних маршрутів) певної мережі в умовах моделювання на основі генетичного алгоритму згідно із завданням пошуку певної оптимальної комбінації маршрутів

доцільно подати як хромосому деякий маршрут, що складається з певної сукупності дільниць i - j залізничного вузла, де кожний ген відповідно моделює дільницю прямування між певною парою станцій i - j .

Початковим етапом вирішення завдання пошуку оптимальної комбінації в моделі генетичного алгоритму є формування вихідної популяції, що здійснюється шляхом випадкового перебору та розстановки генів і їх значень у заданій сукупності хромосом з поданням їх як двійникової послідовності фіксованої довжини. Кожен ген у хромосомі моделює певну дільницю прямування від станції відправлення i до станції призначення j та може набувати значення 1 або 0. Таким чином, у комбінації генів кожної хромосоми подано певний маршрут прямування, гени якого розташовуються послідовно згідно з порядком прямування дільницями маршруту [4].

Оцінювання пристосованості хромосом у популяції або вибір найкращих варіантів здійснюється за допомогою фітнес-функції. Завдання пошуку оптимального маршруту прямування полягає у визначенні варіанта прямування у вузлі з мінімальними експлуатаційними витратами, що вказує на необхідність спрямування задачі фітнес-функції на винайдення мінімального рішення, яке буде відповідати мінімальним витратам на прямування міжрегіонального поїзда. При цьому необхідно врахувати деякі обмеження при формуванні маршрутів в умовах використання генетичного алгоритму: кінцевою станцією прибуття j в останньому гені кожного обраного маршруту має бути початкова станція відправлення i в першому гені, що вказує на необхідність формування замкнутих кільцевих маршрутів; станція прибуття j кожного певного гена має збігатися зі станцією відправлення i наступного гена; сумарна довжина дільниць прямування обраних генів кожного маршруту не

повинна перевищувати максимальну відстань руху між двома суміжними технічними операціями ТО-2 з рухомим складом; сумарний час прямування по дільницях обраних генів згідно зі сформованим маршрутом не повинен перевищувати тривалості прямування до встановленого графіком руху поїздів пункту зміни локомотивних бригад. Таким чином, оцінювання пристосованості хромосом у популяції здійснюється шляхом перевірки їх на виконання всіх зазначених умов.

Якщо відомо або задано мінімальне значення функції пристосованості, зупинка алгоритму може бути здійснена після досягнення цього значення, що буде означати винайдення оптимального рішення. Винайдення на цьому етапі оптимального рішення, що відповідає найменшим витратам на прямування певного маршруту, є завершенням роботи моделі генетичного алгоритму у зв'язку з виділенням найкращої хромосоми. Якщо ж у сукупності отриманих рішень жодне не відповідає оптимальному значенню, наступним етапом моделювання є селекція хромосом та використання генетичних операторів – схрещування та мутації. Наведений цикл операцій повторюється доки не буде винайдено хромосому з найкращим значенням фітнес-функції.

Реалізація на основі запропонованої моделі системи підтримки прийняття рішень на рівні відділу управління пасажирських перевезень дасть змогу автоматизувати процес формування маршрутів на напрямках прямування

міжрегіональних поїздів та удосконалити існуючі графіки руху та обороту.

Список використаних джерел

1. Константинов, Д. В. Удосконалення технології організації приміських перевезень [Текст] / Д. В. Константинов, Т. В. Бутько // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 102. – С. 15–23.

2. Константинов, Д. В. Розробка системи підтримки прийняття рішень з застосуванням нейро-нечіткого моделювання для реалізації оперативного регулювання композиції составів у приміському сполученні [Текст] / Д. В. Константинов // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 111. – С. 68–81.

3. Константинов, Д. В. Моделювання оперативного регулювання маршрутами приміського руху на основі нечіткої логіки та нейронних мереж [Текст] / Д. В. Константинов, Т. В. Бутько // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2010. – №1(80). – С. 13–19.

4. Константинов, Д. В. Удосконалення організації маршрутів прямування приміських пасажирських поїздів на залізницях України [Текст] / Д. В. Константинов, Д. О. Бурлакова // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 131. – С. 149–157.

5. Sama, M. Ant colony optimization for the real-time train routing selection problem [Text] / M. Sama, P. Pellegrini, A. D`Ariano, J. Rodriguez, D. Pacciarelli // Transportation Research Part B: Methodological. – March, 2016. – Volume 85. – P. 89-108.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ В УМОВАХ
УПРОВАДЖЕННЯ В АСКВП УЗ Є ЗАДАЧІ «АНАЛІЗ СТАНУ БЕЗПЕКИ НА
МАРШРУТІ»**

**IMPROVING TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS UNDER IMPLEMENTATION IN
ASMFTUZ "ANALYSIS OF SAFETY ROUTE"**

Одним із чинників, що впливають на розвиток транспортної системи, є безпека перевезень. Ринок транспортних послуг не гарантує єдності інтересів споживачів і в даному випадку вона повинна забезпечуватись державними структурами, у завдання яких входить розмежування правового простору, а також проведення ефективних контролювальних та регулювальних заходів.

Стратегія розвитку транспортних послуг повинна бути спрямована на формування та підтримку конкуренції як на внутрішньому, так і міжнародному ринку транспортних послуг, на введення законодавчих норм прямої дії та механізмів, що гарантують виконання транспортними підприємствами зобов'язань щодо схоронності вантажів та безпеки працівників.

Більше 60 % аварій і аварійних ситуацій з небезпечними вантажами на транспорті зумовлені порушеннями вимог технологічної безпеки (неправильної класифікації вантажу, порушенням умов і температурно-вологісних режимів перевезення, вимог до тари й упаковки та ін.) і 30-40 % – порушеннями вимог конструктивної безпеки, неправильним вибором транспортних засобів під час перевезення вантажу того чи іншого класу небезпеки. На залізницях щомісячно (щоквартально) проводять аналіз стану безпеки з виявленням причин. Так, аналіз кількості транспортних подій свідчить про стійкий характер. Професійні навички та

стаж роботи значно впливає на результативність. Так, найбільше транспортних подій відбувається за участю працівників зі стажем роботи до одного року.

При прийнятті рішення про прямування поїзда з небезпечним вантажем тією чи іншою дільницею необхідно дати оцінку безпечності такого прямування [1]. Оцінка ризику виникнення аварії при перевезенні небезпечних вантажів може мати вигляд функції, де враховані збитки від збоїв у роботі залізничного транспорту, у роботі трубопровідних магістралей з можливим утворенням факторів вражаючої дії та з наявністю перетинів з автомагістралями з можливим порушенням правил дорожньо-транспортного руху.

Удосконалення інформаційних технологій з перевезення небезпечних вантажів – перспективний напрямок з підвищення безпеки. Цей захід не потребує значних капітальних вкладень і експлуатаційних витрат, так як може здійснюватися за рахунок інтенсифікації використання вже застосовуваних технічних засобів. Одним із таких заходів є впровадження в АСКВП УЗ Є інформаційної задачі «Аналіз стану безпеки на маршруті». Поточна технічна оснащеність робочих місць залізничників сучасною обчислювальною технікою і наявна високошвидкісна мережа передачі даних дає змогу без значних витрат забезпечити впровадження і функціонування майже будь-якої інформаційної технології.

Список використаних джерел

1. Verma, M. A lead-time based approach for planning rail-truck intermodal transportation of dangerous goods [Text] /

Manish Verma, Vedat Verter // European Journal of Operational Research. – Vol. 202. – Issue 3, 1 May 2010. – P. 696-706.

УДК 656.025.6

О. А. Малахова

**РАЦІОНАЛІЗАЦІЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАГОНОПОТОКІВ
НА ОСНОВІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОПЕРАТИВНОГО
УПРАВЛІННЯ**

O. A. Malakhova

**RATIONALIZATION VAGON TRAFFIC MOVEMENT BASED ON IMPROVING THE
EFFICIENCY OF OPERATIONAL MANAGEMENT**

Від ефективності функціонування транспорту багато в чому залежить процес ціноутворення і конкурентоспроможність товарів вітчизняних виробників на ринку. Як відомо, транспортні витрати у вартості продукції за окремими видами товарів доходять до 50 %.

Основним резервом поліпшення ефективності функціонування залізниць є удосконалення технології роботи і в першу чергу з вагонним парком.

Однією з оперативних задач, які щоденно вирішуються на залізничному транспорті при здійсненні вантажних перевезень, є задача забезпечення станцій навантаження порожніми вагонами своєчасно і в потрібному обсязі. При здійсненні переміщень порожніх вагонів між станціями залізничного полігона постає задача пошуку раціональних маршрутів, якими б було можливо здійснити ці переміщення при мінімальних витратах матеріальних та часових ресурсів і в умовах обмеженої кількості локомотивів.

У сучасних умовах ключовими вимогами для ефективної роботи залізничного транспорту є зменшення

власних витрат, підвищення мотивації роботи галузі, здатність забезпечувати вимоги користувачів до якості послуг та гнучко реагувати на зміни попиту.

Одним з важливих питань при управлінні якістю технологічних процесів є інформаційна підтримка прийняття рішень, використання статистичних методів обробки інформації, робота «за фактом». Для вирішення задачі управління якістю перевезень, тобто визначення показників для контролю якості технологічних процесів залізничного транспорту пропонуємо метод кореляційного аналізу [1]. Використання цього методу дасть змогу оцінити незалежність показників, їх взаємний вплив, виявити закономірності. За відсутності очевидних закономірностей можна оцінити достовірність вихідних даних.

Аналіз неочевидних закономірностей дає змогу чіткіше зрозуміти сутність процесів на транспорті. При прийнятті тих чи інших рішень можна буде оцінити побічні ефекти – як позитивний, так і негативний.

Для вирішення задачі з раціоналізації маршрутів перевезення вагонопотоків

пропонуємо метаевристичний алгоритм вирішення задачі маршрутизації транспорту з обмеженням на пропускну спроможність дільниць, оснований на методі імітації відпалу. Сьогодні система АСК ВП УЗ Є здатна ефективно вирішувати задачі збирання та обробки інформації про хід вантажних перевезень, управління вагонним та локомотивним парками тощо. Але поки що підсистеми не забезпечують підтримки управлінських рішень персоналу з використанням відповідних сучасних засобів прогнозування та оптимізації процесів перевезень на основі моделювання.

Тому пропонуємо використати вищенаведений метод імітації відпалу як аналітичний сервер підсистеми. Зрозуміло, що така підсистема матиме ряд спільних функцій та може спиратися на спільні методи реалізації.

Список використаних джерел

1. Ferrari, P. The dynamics of modal split for freight transport [Text] / Paolo Ferrari // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. – Vol. 70, October 2014. – P. 163-176.

УДК 656.078

В. В. Петрушов, А. Р. Саїдов, А. Н. Бахшизаде

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕРМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ОРГАНІЗАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ КОРИДОРІВ

V. V. Petrushov, A. P. Saidov, A. N. Bahzida

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF INTERMODAL TRANSPORT IN TERMS OF ORGANIZATION OF INTERNATIONAL TRANSPORT CORRIDORS

Сьогодні інтермодальні перевезення розвиваються швидкими темпами. Особливо це стосується вантажів, що перевозяться у контейнерах. Оскільки в процесі перевезення беруть участь два та більше види транспорту, можливість швидко та дешево виконувати перевантаження між ними дає змогу суттєво збільшувати обсяги перевезень. А оскільки товарообіг між Азією та Європою постійно зростає, то зростає і роль транспорту у цьому процесі. Ураховуючи це, не дивно, що формуються нові транспортні коридори, метою яких є з'єднання європейських споживачів та постачальників з азіатських країн.

На жаль, забезпечити пряме безперервне сполучення лише залізничним

транспортом у більшості випадків є неможливим, оскільки або відправник, або отримувач може не мати власних під'їзних колій. Тому виникає потреба у використанні автомобільного транспорту для розвезення вантажів. Також перевізник може стикатися з проблемою подолання водоймищ. А у цьому випадку вже не обійтись без використання водного транспорту.

Другою причиною, яка може спонукати до організації інтермодальних перевезень, є вартість магістрального перевезення. Досить часто вигідніше використати один вид транспорту для перевезення на значні відстані, а для місцевих перевезень – інший. Лише автомобільний транспорт може забезпечити

доставлення "від дверей до дверей" (і навіть не у всіх випадках). Але вартість перевезення автомобілями є однією з найбільших серед усіх видів транспорту, тому у більшості випадків намагаються використовувати як магістральний залізничний або водний транспорт.

Особливо актуальною є проблема вибору способу перевезення, що виникає при організації міжнародного сполучення. При організації транспортування через міжнародний коридор Європа – Азія постає необхідність визначення оптимального маршруту перевезення. До недавнього часу маршрут по суші проходив через територію Росії, однак, політичні та економічні обставини спонукають шукати нові шляхи сполучення Китаю з європейськими країнами. Один з таких шляхів проходить через Середню Азію, Кавказ та Україну.

Організація будь-якого перевезення визначається в першу чергу виходячи з економічної ефективності. Тому можемо оцінити ефективність будь-якого варіанта за допомогою функції приведених витрат, яка має такий вигляд:

$$B = E + kC_e \rightarrow \min, \quad (1)$$

де E – поточні експлуатаційні витрати, грн;

k – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, приймаємо 0,15;

C – матеріальні засоби в обороті, грн.

Тобто розраховуємо вартість перевезення за кількома варіантами з метою мінімізації приведених витрат. Для розрахунку використовуємо експлуатаційні витрати для всіх видів транспорту, які можуть використовуватися на маршруті. Після порівняння обираємо той варіант комбінованого перевезення, при якому значення функції буде найменшим. Саме

його ми будемо вважати базовим при організації перевезення по міжнародному транспортному коридору. Оптимізації функції можливо досягти шляхом оптимізації маршруту перевезення, для чого використовується складний математичний апарат, одним з варіантів якого можуть бути ГЕРТ-мережі, оскільки вони дають змогу будувати повноцінний ланцюг перевезення на всьому шляху прямування вантажу.

Організація інтремодальних перевезень через Євразійські транспортні коридори потребує виконання якісної оцінки всіх варіантів організації. Використання методики приведених витрат дасть змогу оцінювати будь-яке перевезення з точки зору економічної ефективності. Обраний варіант повинен бути найбільш вигідним з цієї точки зору.

Список використаних джерел

1. Петрушов, В. В. Удосконалення управління вантажопотоками в інтремодальному сполученні за допомогою ГЕРТ-мереж [Текст] / В. В. Петрушов, М. В. Осипов // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – Вип. 163. – С. 95-101.

2. Малахова, О. А. Проблеми розвитку міжнародної транспортної ситсеми в умовах удосконалення інтремодальних перевезень [Текст] / О. А. Малахова, М. Й. Селеші // Сб. науч. тр. "Вестник НТУ "ХПИ". – Харків, 2009. – № 8. – С. 48-51.

3. Butko T., Prokhorov V., Chekhunov D. Bevising a method for the automated calculation of train formation plan by employing genetic algorithms // Easter-European Journal of Enterprise Technologies, Vol 1, No 3 (85) (2017). - Kharkiv, 2017. – P. 55-61.

УДК 656.223

А. В. Прохорченко, К. О. Захарченко

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОСУВАННЯ ПОЇЗДОПОТОКІВ НА ОСНОВІ ПОДОВЖЕННЯ ДІЛЬНИЦЬ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЛОКОМОТИВІВ

A. V. Prokhorenko, K. A. Zakharchenko

IMPROVING TECHNOLOGY PROMOTION POISTOVATELOV ON THE BASIS OF THE ELONGATION OF PLOTS AND MAINTENANCE OF LOCOMOTIVES

У сучасних економічних умовах для ПАТ «Українські залізниці» необхідним є вирішення завдання удосконалення технології роботи основних напрямків залізниць при забезпеченні раціонального використання ресурсів. За таких умов необхідним є формування логістичного ланцюга [1], що включає комплекс технічних, технологічних, організаційних засобів залізничного транспорту для просування потужних вантажопотоків, що дасть змогу дослідити всі можливі варіанти системи організації вагонопотоків на полігоні мережі, та, як наслідок, буде сприяти вирішенню завдання розроблення технологічного процесу роботи напрямків.

Для вирішення поставленого завдання необхідним є формалізувати процес визначення раціональних варіантів системи просування транзитних поїздопотоків в умовах подовження тягових пліч локомотивів. При цьому слід урахувати найбільш економічно доцільні маршрути прямування поїздів за умови раціональних схем обігу локомотивних бригад, економічного ведення поїздів, швидкостей руху на дільницях при експлуатації різних типів локомотивів, технології обробки поїздів на технічних станціях, зміни маси та довжини поїздів на напрямку.

У межах цього дослідження проведено аналіз досвіду експлуатації напрямків залізничних мереж розвинутих країн світу [2,3]. Доведено важливість збільшення тягових пліч локомотивів з добіркою за серіями і видами тяги для

більш економічного і швидкого пропуску кожного окремого вантажопотоку [4,5]. Проведено практичні розрахунки визначення кількості ниток графіка для пропуску спеціалізованих поїздів з урахуванням впливу на пропускну спроможність залізничного напрямку. На основі встановлених технічних і технологічних обмежень інфраструктури залізничного напрямку сформовано оптимізаційну математичну модель функціонування залізничного напрямку, яка дає змогу визначити раціональні межі дільниць роботи локомотивів. Для розв'язання розробленої математичної моделі застосовано оптимізаційний метод на основі генетичного алгоритму. Порівняння результатів моделі з фактичними даними в умовах практичного впровадження визначених параметрів функціонування напрямку підтверджують її точність та адекватність.

Для практичної реалізації запропонованої удосконаленої технології просування поїздопотоків на основі подовження дільниць обслуговування локомотивів розроблено інформаційну модель системи підтримки прийняття рішень для визначення раціональних варіантів функціонування залізничного напрямку на основі формування локальної комп'ютерної мережі і впровадження сучасних інформаційно-керуючих систем, що пов'язано з необхідністю реалізації в об'єднаному комплексі автоматизованих робочих місць (АРМ) оперативного

персоналу систем підтримки прийняття рішень (СППР) на основі розроблення нових комплексів задач, інтегрованих в автоматизовану систему керування вантажними перевезеннями (АСК ВП УЗ Є).

Розроблення нової технології дасть змогу дослідити всі можливі варіанти прискореного просування поїздопотоків на залізничному напрямку, що, як наслідок, буде сприяти зменшенню експлуатаційних витрат та підвищенню точності доставки вантажів. У подальшому практичне застосування на залізницях України розробленої СППР дасть змогу автоматизувати складний процес визначення схеми обігу тягових ресурсів на залізничній мережі і, як наслідок, підвищити точність та швидкість прийняття рішень щодо обслуговування індивідуальних заявок на маршрутні вантажні перевезення.

Список використаних джерел

1. Формування логістичної технології просування вантажопотоків за жорсткими нитками графіку руху поїздів [Текст] / Т. В. Бутко, Д. В. Ломотько, А. В. Прохорченко,

К. О. Олійник // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 78. – С. 71-75.

2. Mellouli, T. Rotation Planning of Locomotive and Carriage Groups with Shared Capacities [Text] / T. Mellouli, L. Suhl // Algorithmic Methods for Railway Optimization. – 2007. – V. 4359. – P. 276-294.

3. Єльнікова, Л. О. Підвищення ефективності перевізного процесу на залізничних напрямках за рахунок удосконалення оперативного керування експлуатацією локомотивного парку [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Л. О. Єльнікова; Дніпропетр. нац. ун-т залізнич. трансп. – Дніпро, 2016. – 182 с.

4. Godwin, R. Locomotive assignment and freight train scheduling using genetic algorithms [Text] / R. Godwin, R. Gopalan, T.T. Narendran // International Transactions in Operational Research. – 2006. – V.13. – P. 299-332.

5. Butko, T. An improved method of determining the schemes of locomotive circulation with regard to the technological peculiarities of railcar traffic / T. Butko, A. Prokhorchenko, M. Muzykin // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 5(3(83)). – P. 47-55.

УДК 656.223

*А. В. Прохорченко, І. В. Сіріченко,
Л. М. Баланюк, В. В. Маловичко*

УДОСКОНАЛЕННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У ПРЯМОМУ І МІСЦЕВОМУ СПОЛУЧЕННЯХ НА ОСНОВІ ГІБРИДНИХ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ

*A. V. Prokhorenko, I. V. Sirchenko,
L. M. Balanus, V. V. Malovichko*

IMPROVEMENT OF PASSENGER TRANSPORTATION IN A DIRECT AND LOCAL MESSAGES BASED ON HYBRID METHODS OF FORECASTING OF PASSENGER FLOWS

У сучасних економічних умовах залізничному транспорту необхідно вирішувати складні завдання підвищення

ефективності і якості обслуговування пасажирів в умовах жорсткої конкуренції на ринку пасажирських перевезень,

знаходити більш ефективні технології організації процесу перевезення та методи їх реалізації [1].

Згідно з Концепцією Державної програми реформування залізничного транспорту України одним із основних напрямків підвищення конкурентоспроможності на ринку пасажирських перевезень передбачено пошук ефективних технологій управління ресурсами пасажирського комплексу, що даватимуть змогу в умовах інтенсивного впровадження інформаційних технологій знизити збитковість пасажирських перевезень за рахунок приведення можливостей залізниць у відповідність до попиту на перевезення в далекому і місцевому сполученнях.

З метою підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту і в той же час втілення ресурсозберігаючих технологій необхідним етапом у роботі пасажирського комплексу є впровадження технологій оперативного управління із застосуванням прогнозування пасажиропотоків [2]. В умовах сучасних вимог традиційні методи прогнозування не забезпечують на необхідному рівні надійність та достовірність прогнозу параметрів пасажиропотоків, що, як наслідок, впливає на незадовільне виконання процесу оперативного регулювання составоутворення пасажирських поїздів та встановлення навантажень на залізничні пасажирські вокзали. Ураховуючи складність розв'язання поставленої задачі, необхідним є аналіз можливостей нових обчислювальних технологій у галузі "Soft Computing" [3,4] і реалізація на їх основі гібридних систем прогнозування.

Для прогнозування пасажиропотоків розроблено математичну модель, що дає змогу враховувати фактор послідовності днів тижня у періоді прогнозування відповідно до вибраного сезону, надає властивості самонавчання. Ця математична модель прогнозування пасажиропотоків

передбачає застосування методики здобуття знань з експериментальних даних на основі нечітко-нейро-генетичного моделювання. Виходячи з обраних підходів побудови прогнозу моделі інтервал прогнозування встановлюється за принципом віддаленого горизонту. Розроблено процедуру прогнозування пасажиропотоків на основі аналізу часових рядів, яка має можливості адаптації до невизначеності моделювання та забезпечує реалізацію принципів самовдосконалення моделі завдяки покращенню точності отримання результатів прогнозування на основі донавчання нейрон-нечіткої мережі в процесі роботи.

Запропонований метод прогнозування пасажиропотоків дасть змогу підвищити якість тактичного й оперативного планування термінів курсування пасажирських поїздів і внесення оперативних змін до схеми їх формування. Виконані прогнози розрахунки є вихідним матеріалом для створення системи підтримки прийняття рішень щодо оптимізації технології оперативного регулювання перевезень на базі удосконалення функціонального складу задач автоматизованих робочих місць (АРМ) оперативних працівників пасажирського господарства.

Список використаних джерел

1. Аксенов, И. М. Эффективность пассажирских железнодорожных перевозок [Текст]: монографія / И. М. Аксенов. – К.: Транспорт Украины, 2004. – 284 с.
2. Прохорченко, А. В. Удосконалення системи оперативного прогнозування пасажирських потоків на основі використання інтелектуальних технологій [Текст] / А. В. Прохорченко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – Вип. 85. – С. 161-171.
3. Ying H. Sufficient conditions on uniform approximation of multivariate functions by general Takagi-Sugeno fuzzy systems with linear rule consequents [Text] //

IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. Part A, 1998. – V. 28. – №4. – P. 515-520.

4. Ярушкіна, Н. Г. Основы теории нечетких и гибридных систем [Текст]: учеб. пособие / Н. Г. Ярушкіна. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 320 с.

УДК 656.22

А. В. Прохорченко, А. О. Прокопов

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТАТИСТИЧНИХ МАКРОХАРАКТЕРИСТИК
СТРУКТУРИ МАРШРУТИЗАЦІЇ ПОЇЗДОПОТОКІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ
ВИКОРИСТАННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ МЕРЕЖІ
УКРАЇНИ**

А. V. Prohorenko, A. Prokopov

**RESEARCH OF IMPACT OF STATISTICAL MACRO-CHARACTERISTICS OF
ROUTING STRUCTURE FOR TRAIN FLOWS ON CAPACITY UTILIZATION
EFFICIENCY OF RAILWAY NETWORK OF UKRAINE**

Вивченню транспортних систем, зокрема залізничних, присвячено досить багато досліджень у світі та в Україні. Однією із ключових транспортних проблем є виникнення дефіциту пропускної спроможності транспортної мережі, що призводить до зниження швидкості та порушення строків доставки вантажів і подорожі пасажирів. За таких умов наукові дослідження, присвячені вирішенню проблеми зменшення впливу фактора перевантаження інфраструктури на експлуатаційну роботу транспортної мережі, не втратили актуальності і на цей час. Особливої уваги набувають дослідження, які спрямовані на підвищення ефективності використання пропускної спроможності транспортної мережі, що дає змогу уникнути значних капітальних вкладень на її модернізацію та розвиток.

Для підвищення ефективності використання пропускної спроможності залізничної мережі України запропоновано сформулювати вимоги до системи маршрутизації поїздопотоків на основі проведення експериментальних досліджень

впливу статистичних макрохарактеристик структури маршрутизації поїздопотоків на розподіл пропускної спроможності залізничної мережі.

Проведено аналіз досліджень щодо вивчення статистичних макровластивостей транспортних мереж, структури яких подано як графи складних мереж [1]. У той же час набули розвитку наукові дослідження побудови заплутаних мереж (англ. entangled network) на основі спектральної теорії графів [2]. Успішно застосовується теорія перколяції для вивчення властивостей графових структур з позиції концепції статистичної фізики складних мереж [3, 4]. Вищезазначені результати, отримані у фундаментальних галузях науки, покладено в основу ідеї проведення прикладних досліджень впливу зміни структури маршрутизації поїздопотоків на ефективність розподілу пропускної спроможності залізничної мережі. Беручи до уваги, що друге власне значення лапласіана є важливим інваріантом для оцінки зв'язності графа, який описує структуру системи

маршрутизації поїздопотоків, у дослідженні запропоновано застосувати цей показник як глобальну міру покращення використання пропускної спроможності залізничної мережі з урахуванням підвищення живучості системи перевезень. Такий підхід ґрунтується на недавніх досягненнях у сфері дослідження ефекту впливу структури топології мережі на її динаміку. Так, показник алгебраїчної зв'язності відіграє важливу роль у вивченні випадкових блукань – проблеми, що стосується поширення трафіка у мережі. Великі значення алгебраїчної зв'язності вказують на неструктурованість (заплутаність) графів мережі, що збільшує швидкість, з якою випадкові блукання рухаються і поширюються. Проведені експериментальні дослідження довели ефективність впливу максимізації глобальної міри спектрального розширення графової структури маршрутизації поїздопотоків на розподіл пропускної спроможності у мережі. Виявлено збільшення здатності до синхронізації динамічних процесів, які відбуваються у вузлах цієї мережі, що є важливим для формування графіка руху поїздів після встановлення структури маршрутизації поїздопотоків.

Реалізація проекту дасть змогу сформулювати вимоги до створення ефективної системи маршрутизації перевезень на залізничній мережі України на основі виявлення небажаних властивостей структури маршрутизації поїздопотоків та спростити розуміння процесів, які відбуваються в системі перевезень. Це у свою чергу дасть змогу підвищити ефективність використання пропускної спроможності залізничної мережі України, підвищити швидкість і точність перевезення вантажів та пасажирів. Дослідження, ґрунтовані на зміні

спектральних властивостей графової структури маршрутизації поїздопотоків, даватимуть змогу виявити нові підходи до проектування транспортних мереж, зокрема залізничних з підвищеною пропускною спроможністю та властивістю живучості системи організації перевезень.

Список використаних джерел

1. But'ko, T. Investigation into Train Flow System on Ukraine's Railways with Methods of Complex Network Analysis [Electronic resource] / T. But'ko, A. Prokhorchenko // [Science and Education Publishing From Scientific Research to Knowledge, American Journal of Industrial Engineering, 2013]. – Vol. 1(3). – P. 41-45. – Mode of access: World Wide Web: <http://pubs.sciepub.com/ajie/1/3/1/>. – Title from the screen.
2. Donetti, L. Entangled Networks, Synchronization, and Optimal Network Topology [Electronic resource] / Luca Donetti, Pablo I. Hurtado, Miguel A. Muñoz [Phys. Rev. Lett. 95, 188701 – Published 24 October 2005 – 15 p.] – Mode of access: World Wide Web: <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0502230.pdf>. – Title from the screen.
3. Прохорченко, А. В. Дослідження властивості масштабної інваріантності системи організації поїздопотоків на основі теорії перколяції [Текст] / А. В. Прохорченко // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського нац. ун-ту залізнич. трансп. – 2014. – Вип. 5(53). – С. 56-64.
4. Прохорченко, А. В. Аналіз живучості системи організації поїздопотоків на основі теорії перколяції [Текст] / А. В. Прохорченко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – Т. 6, 3(66). – С. 7-10.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ РЕЗЕРВІВ ЧАСУ У ГРАФІКУ РУХУ ПОЇЗДІВ НА ШВИДКІСНИХ ТА ВИСОКОШВИДКІСНИХ МАГІСТРАЛЯХ

IMPROVEMENT OF THE METHOD TO DETERMINE THE RESERVES OF TIME IN THE SCHEDULE OF MOVEMENT OF TRAINS ON HIGH-SPEED HIGHWAYS

Одним із напрямків удосконалення залізничних пасажирських перевезень на залізницях світу є підвищення швидкості руху пасажирських поїздів. Упровадження швидкісних поїздів на залізницях України потребує перегляду підходів до підвищення надійності графіка руху на швидкісних або високошвидкісних магістралях (ВШМ). Одним із напрямків підвищення надійності графіка руху поїздів на ВШМ є встановлення резервів часу у графіку руху високошвидкісних поїздів, щоб зменшити можливість поширення затримки між поїздами та сприяти нагону поїздів для зменшення індивідуальної затримки на дільниці [1]. Однак вирішення задачі вибору раціональних параметрів резервів часу, що закладаються у графіку руху на ВШМ, є досить складною і недосконало вивченою.

Ураховуючи, що збільшення резервів часу у ГРП підвищує інтервал між поїздами і тим самим зменшує доступну пропускну спроможність залізничних дільниць постає завдання пошуку оптимального значення величини резерву часу за умови збереження пропускну спроможності дільниці та забезпечення заданої точності виконання розкладу руху поїздів.

Проведено аналіз досвіду встановлення резервів часу у ГРП на залізничних мережах різних країн світу [2,3]. Незважаючи на ключову роль, яку відіграє резервний час в розробленні ГРП, найчастіше на практиці багато залізниць використовують ряд емпіричних правил, це

пов'язано з уже отриманою у багатьох країнах високою надійністю розкладу руху поїздів при певній щільності руху на дільницях. Однак, існуючі правила встановлення резервів часу не можуть бути застосовані на залізницях України, так як не відповідають їх експлуатаційним особливостям. Ураховуючи вищезазначені недоліки в роботі запропоновано застосувати підхід до встановлення раціональних параметрів резервів часу у ГРП та аналізу його надійності на основі проведення імітаційного моделювання різних варіантів затримок поїздів на ВШМ. Теорія затримок у ГРП передбачає існування затримок двох видів: первинні затримки, які викликані випадковими факторами через збої в роботі підсистем дільниці (контактна мережа, колія, рухомий склад); вторинні затримки, які виникають з причин первинної затримки першого поїзда та послідовного порушення розкладу руху інших поїздів, які опинилися в зоні прямування затриманого поїзда [4]. Для імітаційного моделювання використано оптимізаційну математичну модель побудови ГРП [5], яка дає змогу змодельовати випадково первинну затримку на нитці графіка руху поїздів і час відновлення його руху та побудувати раціонально можливий варіант ГРП для поїзної ситуації, що склалася на дільниці. На основі проведених експериментальних розрахунків знайдено найбільш прийнятні параметри резервів часу у нитках графіка руху високошвидкісних поїздів.

Відповідно до проведеного моделювання знайдено найбільш прийнятні параметри резервів часу у нитках графіка руху високошвидкісних поїздів. Це дасть змогу сформулювати вимоги до надійності існуючих ГРП на залізницях України та в майбутньому досягти максимальної безперебійності й точності у русі поїздів за графіком.

Список використаних джерел

1. Каретников, А. Д. График движения поездов [Текст] / А. Д. Каретников, Н. А. Воробьев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Транспорт, 1979. – 301 с.

2. Carey, M. A model, algorithms and strategy for train pathing [Text] / M. Carey, D. Lockwood // The Journal of the Operational

Research Society. – 1995. – Vol.46(8). – P. 988-1005.

3. Schittenhelm, B. Planning with Timetable Sup-plements in Railway Timetables / B. Schittenhelm [Text] // Proc. from the Annual Transport Conf. at Aalborg University. – Denmark, 2011. – P. 47-61.

4. Landex, A. Reliability of Railway Operation [Text] / A. Landex // Proc. from the Annual Transport Conf. at Aalborg University. – Denmark, 2013. – P. 63-81.

5. Бутько, Т. В. Наукові підходи до формалізації процесу автоматизованого складання графіка руху вантажних поїздів [Текст] / Т. В. Бутько, Г. О. Прохорченко // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип.131. – С. 31-37.

УДК 656.2

Ю. А. Рябушка

ПЕРЕДУМОВИ ПОВЕРНЕННЯ І ВИВЕДЕННЯ НА СУЧАСНИЙ РІВЕНЬ ПРАКТИКИ ФОРМУВАННЯ ГРУПОВИХ ПОЇЗДІВ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

Yu. A. Riabushka

PRINCIPLES OF RETURNING AND UPGRADING TO THE MODERN LEVEL THE PRACTICE OF FORMING OF GROUP TRAINS ON RAILWAYS OF UKRAINE

Оптимізація процесу організації вагонопотоків є однією із найважливіших задач, що пов'язані із проблемою необхідності підвищення конкурентоспроможності галузі вантажних залізничних перевезень в Україні у жорсткій боротьбі з автомобільним транспортом. Одним із шляхів вирішення цієї задачі є повернення практики формування групових поїздів, яка практично повністю зникла на українських залізницях. Повернення групових поїздів на українські залізниці повинно допомогти у вирішенні декількох найважливіших

питань підвищення їх конкурентоспроможності, зокрема питання підвищення швидкості доставки вантажів. І тому дослідження передумов повернення практики масового формування групових поїздів є актуальною задачею сьогодення.

Формування групових поїздів є одним із найбільш ефективних методів організації вагонопотоків. Не дарма на їх частку припадає майже половина від усієї кількості вантажних поїздів, що формуються на залізницях таких країн, як Англія, Франція та США. На залізницях

СРСР частка групових поїздів, до яких можна віднести і ступінчасті маршрути, складала не більше декількох відсотків. Перевага одногрупних поїздів у порівнянні з багатогрупними була обумовлена великою щільністю залізничного руху, великою кількістю і потужністю сортувальних станцій, наявністю незмінного протягом року загальномережевого розкладу руху поїздів і плану формування поїздів. Необхідність повернення практики формування групових поїздів зумовлена зокрема необхідністю підвищення швидкості доставки деяких видів вантажів, які становлять продукцію промислових підприємств, що входять до складу логістичних ланцюгів. Ще більш важливими факторами на загальносистемному рівні є зменшення обсягів вагонопотоків, збільшення потужності локомотивів, маси і довжини поїздів. Ці фактори призводять до збільшення часу простою під накопиченням одногрупних поїздів до декількох діб, що спричиняє збільшення потреби у вагонному парку та інших додаткових витрат. Але в той же час повне зникнення багатогрупних поїздів з колій українських залізниць доводить неефективність технології їх формування, яка існувала раніше. І тому для їх повернення необхідно розробити принципи побудови нової технології.

Аналіз технологій формування багатогрупних поїздів на залізницях зарубіжних країн показав, що ефективною такою технологією в умовах ринкової економіки і швидкої мінливості вагонопотоків може бути лише за умови глибокої інтеграції ключових технологічних процесів системи організації вагонопотоків на рівні тактичного планування. Це означає, що для ефективного формування багатогрупних поїздів недостатньо лише визначення схем об'єднання груп і обміну групами з визначенням станцій обміну. Для запровадження технології формування

багатогрупних поїздів на сучасному рівні необхідно поєднати у рамках єдиної задачі планування такі підзадачі: визначення оптимальної множини поїздів із закріпленням за ними маршрутів, визначення оптимального розкладу руху цих поїздів, який буде враховувати необхідний час перебування на станціях для здійснення обміну групами між цими поїздами, визначення схеми підв'язки локомотивів і локомотивних бригад для обслуговування цих поїздів, закріплення кожної групи вагонів за поїздами, якими вона дістанеться від станції відправлення до станції призначення. Тактичний рівень планування на відміну від оперативного передбачає, що часовий горизонт цього плану становитиме не одну добу, а декілька діб, тижнів а можливо і більший термін. Для реалізації одного циклу цього плану швидше за все також не вистачить однієї доби, тому для кожного поїзда необхідно також визначити не лише час, але й дату відправлення.

Для вирішення цієї задачі планування необхідно сформувати математичну модель, яка складатиметься із цільової функції та обмежень. Як критерії оптимізації цієї моделі необхідно визначити такі: мінімізацію часу доставки вантажів, мінімізацію необхідної кількості поїздів, локомотивів і локомотивних бригад, мінімізацію кількості маневрових операцій з обміну групами. Крім того, необхідно врахувати такі обмеження: мінімальна і максимальна вага і довжина поїздів, що лімітуються параметрами дільниць полігона і довжиною станційних колій, максимальний час роботи локомотивних бригад.

Задача побудови цього тактичного плану є надскладною комбінаторною задачею [1-3], для вирішення якої видається перспективним використання математичного апарату генетичних алгоритмів як методу оптимізації.

Сучасні тенденції до збільшення часу простою під накопиченням, що обумовлені зокрема зменшенням потужності

призначень значно підвищили актуальність питання повернення багатогрупних поїздів на залізниці України. Аналіз зарубіжного досвіду показав необхідність розроблення нових принципів постановки і вирішення комплексної задачі планування, що має комбінаторну природу. Для вирішення цієї задачі було визначено основні критерії і запропоновано сучасний метод оптимізації.

Список використаних джерел

1. Yaghini, M. A population-based algorithm for the railroad blocking problem

[Text] / M. Yaghini, M. Seyedabadi, M. M. Khoshraftar // Journal of Industrial Engineering International. – 2012. – Vol. 8, Issue 1. – P. 8. doi: 10.1186/2251-712x-8-8

2. Ahuja, R. K. Solving real-life railroad blocking problems [Text] / R. K. Ahuja, K. C. Jha, J. Liu, // Interfaces. – 2007. – 37(5). – P. 404–419.

3. Jha, K. C. New approaches for solving the block-to-train assignment problem [Text] / K. C. Jha, R.K. Ahuja, G. Şahin // Networks. – 2008. – 51(1). – P. 48-62.

УДК 656.072

*Є. В. Ходаківська, Л. М. Баланюк,
Л. О. Рафаїлова, О. С. Рудник*

**АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ І ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ ОРГАНІЗАЦІЇ
ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У СУЧАСНИХ УМОВАХ**

*E. V. Khodakivska, L. M. Balanyuk,
L. O. Rafailova, O. S. Rudnik*

**ANALYSIS OF THE PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF THE
ORGANIZATION OF PASSENGER TRANSPORT IN MODERN CONDITIONS**

Сучасний рівень розвитку та глобалізації світової економіки, активізація зовнішньоекономічних торговельних відносин, популяризація туризму серед населення в усьому світі обумовлюють визначальну роль та місце інновацій у забезпеченні конкурентоспроможності національної транспортної системи України та створенні реальних можливостей її інтеграції до європейської та світової транспортних систем.

В усьому світі пасажирські перевезення малорентабельні. Але якщо в Європі залізничні перевізники працюють у конкурентному і ринковому середовищі, то в Україні на ПАТ «Українська залізниця» лежить значна частка соціального

навантаження з транспортування пільговиків.

По відношенню до залізниць України актуальним є вивчення і розроблення організаційних заходів побудови пасажирської транспортної системи. Це дасть змогу максимально мобілізувати та інтегрувати зусилля працівників усіх видів транспорту для комплексної організації і кваліфікованого управління пасажирським транспортним процесом в умовах виходу з кризи та закономірного прогресивного розвитку. На сьогодні основними завданнями системи організації залізничних пасажирських перевезень транспорту є своєчасне, якісне і повне задоволення потреб народного господарства і населення

в перевезеннях, підвищення економічної ефективності його роботи і т. ін.

Система організації пасажирських перевезень на залізничному транспорті покликана ув'язати в єдине ціле рішення соціальних, функціональних, економічних і технологічних задач, спрямованих на підвищення ефективності і якості обслуговування пасажирів.

Основними серед цих задач, які потребують найбільшої уваги, є:

- оцінка стану пасажирських перевезень та удосконалення системи оперативного диспетчерського управління на рівні мережі, залізниці та дирекції перевезень;

- раціоналізація схем обороту пасажирських поїздів, прогнозування відхилень від графіка руху поїздів;

- створення комплексної системи автоматизованого складання графіка та

розкладу руху пасажирських поїздів далекого сполучення на базі широкого використання комп'ютерів і математичних методів;

- автоматизація процесів моделювання і прогнозування струменевих пасажирота поїздопотоків за напрямками мережі залізниць України;

- автоматизація складання плану формування і схем обороту пасажирських составів і безпересадочних вагонів та ін.

Список використаних джерел

1. Butko T. Devising a method for the automated calculation of train formation plan by employing genetic algorithms [Text] / V. Prokhorov D. Chekhunov // Восточно-Европейский журнал. – 2017. - № 1/3 (58). – С. 55-61.

УДК 656.072

Є. В. Ходаківська, В. Ю. Сівін

АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ СТВОРЕННЯ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

E. V. Khodakivska, V. Yu. Sivin

ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF ESTABLISHING A HIGH-SPEED TRANSPORT NETWORK ON THE TERRITORY OF UKRAINE

Сучасний пасажирський вокзальний комплекс, особливо у великих містах України, - це не тільки те місце, де пасажир починає або закінчує свою поїздку, а являє собою цілу систему. У цій системі беруть участь, окрім залізничного, й інші види транспорту, при цьому додатково надається цілий ряд супутніх послуг.

В умовах підвищення якості транспортного обслуговування, зокрема, актуальним стає перехід на міжнародні стандарти організації перевезень, серед

яких як основний інструмент розвитку зовнішньоекономічних зв'язків країни та забезпечення ефективного функціонування залізничного транспорту виступає прискорення руху поїздів залізницями України. Введення високошвидкісного руху в Україні дає змогу зробити єдину мережу швидкісного руху, яка в майбутньому матиме попит серед користувачів послуг залізничного транспорту і у свою чергу сприятиме

підвищенню кількості транзитних пасажирів у напрямку Європа – Азія [1].

На сьогодні конкурентна боротьба за пасажирів різними видами транспорту втратила свою актуальність. У європейських країнах транспортні компанії використовують тактику взаємодії, тобто організують сумісні маршрути «поїзд-літак», які надають пасажирові суттєву економію часу, ресурсів і забезпечують більшу частість відправлень за добу [2]. У роботі [3] введено поняття «транспортна дискримінація населення». Чинники, які є причиною транспортної дискримінації населення, можна поєднати у такі групи: природні, економічні, демографічні та матеріально-технічні. Зазначені вище чинники відрізняються за типом та характером впливу й можуть мати прямий або опосередкований вплив на транспортну дискримінацію населення певної території. Зокрема прямий вплив на транспортну дискримінацію населення мають природні умови, рівень економічного розвитку території, чисельність потенційних споживачів транспортних послуг та відповідна система розселення населення. В той час, як технічний стан та матеріальна база залізничної галузі мають опосередкований вплив. Під час створення ефективної високошвидкісної транспортної мережі необхідно врахувати суспільно-географічні проблеми транспортної дискримінації населення, які мають важливе соціальне значення й потребують подальших змістовних досліджень для ефективного забезпечення регіонів України транспортними послугами, відповідною інфраструктурою та надання рівного доступу населення до транспортних комунікацій.

Отже, аналіз вітчизняного та закордонного досвіду показав, що створення об'єднаних пасажирських залізничних станцій з аеропортами є важливою складовою ефективного

розвитку високошвидкісного руху не тільки по мережі залізниць України, а і в міжнародному сполученні. Для досягнення синергетичного ефекту в системі організації пасажирських перевезень слід розглядати поєднання та взаємодію залізничного та інших видів транспорту (характерних для нашої території і з супутнім подоланням проблеми транспортної дискримінації населення), який буде відображено у підвищенні рівня обслуговування пасажирів, безпечності організації перевезень, в т. ч. екологічної безпеки, підсумкової швидкості перевезень, комфорту, економічності та ін.

Список використаних джерел

1. Аналіз перспектив впровадження високошвидкісного руху в Україні [Текст] / О.В. Лаврухін, О. О. Шапатіна, С. В. Газаєв [та ін.] // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – Вип. 163. – С. 4-10.
2. Высококоростной железнодорожный транспорт. Общий курс [Текст]: учеб. пособие / И. П. Киселев [и др.]. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. – Т.2. – 367 с.
3. Бугроменко, В. Н. Транспортная составляющая пространственной организации общества [Текст] / В. Н. Бугроменко // Теория социально-экономической географии: современное состояние и перспективы развития: материалы международной научной конференции (Ростов-на-Дону, 4-8 мая 2010 г.). – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2010. – 476 с.
4. Butko T. Devising a method for the automated calculation of train formation plan by employing genetic algorithms / V. Prokhorov D. Chekhunov // Восточно-Европейский журнал. – 2017. – № 1/3 (58). – С. 55-61.

УДК 656.2

О. М. Ходаківський, К. О. Комова

**ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ НЕВІДПОВІДНОСТІ ІСНУЮЧОЇ СТРУКТУРИ
УПРАВЛІННЯ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ ЄВРОПЕЙСЬКИМ СТАНДАРТАМ
ЯКОСТІ НАДАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ**

О. М. Khodakivskiy, K. A. Komova

**STUDY ON THE LEVEL OF NONCONFORMANCE OF THE EXISTING STRUCTURE
OF MANAGEMENT OF RAILWAY TRANSPORT TO THE EUROPEAN QUALITY
STANDARDS OF TRANSPORTATION SERVICES**

На цей час існуюча структура управління залізничним транспортом не відповідає усім вимогам європейських стандартів надання транспортних послуг, проте ми наближаємося до потрібного рівня аби задовільнити користувачів.

Є багато документів та планів, за якими залізничний транспорт намагається наблизитись до європейських стандартів, до них входять такі документи: Концепція та Програма реструктуризації на залізничному транспорті України, затверджена рішенням Колегії Міністерства транспорту України (протокол № 30 від 18.08.98 р.); Указ Президента України від 11.06.98 № 615/98 “Про затвердження Стратегії інтеграції України до Європейського союзу”; Укази Президента України від 20.04.2000 р. № 603/2000 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України» від 11 квітня 2000 року “Про стан залізничного транспорту України та заходи щодо його ефективного функціонування”; Концепція політики Кабінету Міністрів України щодо управління об’єктами

державної власності, схваленої розпорядженням КМУ від 05.10.2001 р. № 467-р; Концепція розвитку транспортно-дорожнього комплексу України на середньостроковий період та до 2020 року, затверджена рішенням Колегії Мінтрансу від 23.10.2001 р. (наказ МТУ від 05.11.2001 р. № 764); Концепція державної програми реформування залізничного транспорту (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2006 року № 651).

Отже, потреба у визначенні основних невідповідностей у структурі управління залізничним транспортом необхідна для наближення до вимог європейських стандартів надання транспортних послуг.

Список використаних джерел

1. Butko T. Devising a method for the automated calculation of train formation plan by employing genetic algorithms / V. Prokhorov D. Chekhunov // Восточно-Европейский журнал. – 2017. – № 1/3 (58). – С. 55-61.

**ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ НА
ОСНОВІ ТЕОРІЇ СИСТЕМ**

О. М. Khodakivskiy

**THE RATIONALE FOR THE DEVELOPMENT OF RAILWAY TRANSPORT OF
UKRAINE ON THE BASIS OF SYSTEMS THEORY**

Загальна теорія систем була запропонована Л. фон Берталанфі в 30-ті роки ХХ століття. Ідея наявності загальних закономірностей при взаємодії великого, але не нескінченного числа фізичних, біологічних і соціальних об'єктів була вперше висловлена Берталанфі в 1937 році на семінарі з філософії в Чиказькому університеті. Проте перші його публікації на цю тему з'явилися тільки після війни. Основною ідеєю загальної теорії систем, запропонованої Берталанфі, є визнання ізоморфізму законів, що управляють функціонуванням системних об'єктів [1]. Публічне акціонерне товариство «Українська залізниця» – національний перевізник вантажів та пасажирів. Метою діяльності товариства є задоволення потреб у безпечних та якісних залізничних перевезеннях, забезпечення ефективного функціонування та розвитку залізничного транспорту, створення умов для підвищення конкурентоспроможності галузі тощо. Наразі компанія забезпечує 82 % вантажних і майже 50 % пасажирських перевезень, які здійснюються усіма видами транспорту. За обсягами вантажних перевезень українська залізниця посідає четверте місце на Євразійському континенті, поступаючись лише залізницям Китаю, Росії та Індії [2]. Результат аналізу залізничної транспортної системи України вказує на той факт, що переваги використання теорії систем, системного підходу неповною мірою увібрані залізничним транспортом і це є резервом

для підвищення ефективності діяльності товариства.

При використанні системного підходу переносяться методи прийняття рішень з одних галузей науки і техніки в інші; фахівці з проектування та управління кардинально змінюють стиль наукового мислення (від детермінованих моделей вони переходять до використання моделей з нечіткими цілями й обмеженнями); здійснюється синтез знань із різних наук (математики, логіки, теорії систем, теорії управління та ін.); проєктанти та спеціалісти з управління починають обов'язково враховувати в проєктах будови і функціонування динамічного об'єкта дію інтегрального ефекту, як основної властивості системи, що спричиняє розроблення високоефективних та економічних проєктів; у проєкти вводиться інформаційний опис системи (види, обсяги, призначення та шляхи проходження інформації) і проєктується автоматизований збір і обробка даних та інформації (зауважимо, що при традиційному проєктуванні та управлінні інформаційний опис, як правило, представлено слабо і виявляється недостатнім для ефективного проєктування і управління, дані та інформація при системному підході збираються не в «навал», тобто випадково, а визначаються системою моделей для прийняття рішень тощо [3].

При здійсненні заходів із розвитку залізничного транспорту України слід ширше використовувати переваги теорії систем, системного підходу тощо.

Список використаних джерел

1. Теория систем это: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/41084>. - Заглавие с экрана.
2. УЗ. Загальна інформація [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://uz.gov.ua/about/general_information. - Заголовок з екрана.
3. Основные преимущества и принципы системного подхода [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dubnass.narod.ru/pages/03.htm>. - Загл. с экрана.
4. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010 - 2019 роки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1390-2009-п>. - Загол. з екрана.
5. Ринок транспортних послуг [Текст] / М.І. Данько, С.В. Панченко, В.М. Астахов [та ін.]. – Харків: Нове слово, 2009. – 360 с.
6. Бутько, Т. В. Інформаційні відносини у залізничній транспортній системі

[Текст] / Т. В. Бутько, О. М. Ходаківський, О. О. Хозя // Вісник приазовського державного технічного університету. – 2011. - № 22. — С. 246-250.

7. Інформаційні системи та технології при управлінні залізничними перевезеннями [Текст] / [О. В. Лаврухін, П. В. Долгополов, В. В. Петрушов, О. М. Ходаківський]. – Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2011. – 118 с.

8. Ходаківський, О. М. Ідеологічна складова підвищення ефективності залізничного транспорту на основі теорії систем – концепція «восьминіг» [Текст] / О.М. Ходаківський // Мат. 3-ї Міжнар. наук.-практ. конф. [„Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств”]. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ імені академіка В. Лазаряна, 2014.

9. Butko T. Devising a method for the automated calculation of train formation plan by employing genetic algorithms / V. Prokhorov D. Chekhunov // Восточно-Европейский журнал. – 2017. – № 1/3 (58). – С. 55-61.

УДК 629.46

О. Е. Шандер, М. О. Федотов

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗПОДІЛУ ПАРКУ ПОРОЖНІХ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ РІЗНИХ ФОРМ ВЛАСНОСТІ

О. Е. Shander, М. О. Fedotov

IMPROVEMENT TECHNOLOGY DISTRIBUTION PARK EMPTY FREIGHT CARS OF DIFFERENT OWNERSHIP

В умовах реформування та адаптації залізничного транспорту до ринкової економіки при функціонуванні конкурентних операторських компаній повинен забезпечуватись інтенсивний пошук ефективних технологій організації процесу перевезення та методів їх реалізації на всіх ланках транспортного

процесу. Виходячи з цього одним із основних напрямків удосконалення технології організації вантажних перевезень є вирішення завдання щодо формування автоматизованої технології управління парком вантажних вагонів різних форм власності.

Останнім часом питання розподілу порожніх вагонопотоків вивчає значна кількість учених та практиків. На основі проведеного аналізу визначено, що з технологічної точки зору не всім аспектам, які мають вплив при виконанні процесу розподілу порожнього вагонопотоку, було приділено достатньо уваги. У більшості робіт розглядаються варіанти розподілу порожнього вагонопотоку у вигляді відповідного оперативного плану. Якщо врахувати, що на залізничних мережах України функціонують операторські компанії, які надають вагони, то потрібно розробляти комплексну модель з урахуванням топології мережі, яка повинна бути спрямована на підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту і яка б раціонально враховувала та розподіляла парк вантажних вагонів різних форм власності, за умови задоволення потреб як залізниці, так і власників вантажних вагонів.

Світовий досвід довів, що якщо розглядати технологію управління вагонним парком за умови різних тарифних складових на перевезення завантажених та порожніх вагонів, то основною задачею є вирішення завдання розподілу порожнього вагонопотоку по місцях завантаження з урахуванням мінімізації експлуатаційних витрат при організації системи управління інвентарним парком і парком операторських компаній [1].

Подано модель управління порожнім вагонним парком, яка включає вагони як Укрзалізниці (робочий парк), так і вагони операторських компаній, і враховує різні тарифні складові при перевезенні. Модель являє собою записану за методом витратних ставок функцію собівартості перевезень, що залежить від варіанта дії з вагоном, який подано матрицею X , що містить інформацію про причеплення вагонів до поїздів. Першим доданком функції є частина витрат, що пов'язана з очікуванням та переміщенням вагона на відповідну станцію, другим доданком є

витрати, пов'язані з включенням вагонів до складу поїзда (вагони інвентарного парку та операторів), третій доданок включає витрати, які пов'язані зі збитками залізниці від непродуктивного простою порожніх вагонів під час початку очікування вантажних операцій на станції навантаження, четвертий доданок включає збитки залізниці від несвоечасної подачі вагонів під навантаження й останній доданок включає збитки залізниці від непродуктивного простою порожніх вагонів, які не будуть переміщені на інші станції залізничної мережі протягом планового періоду. На основі результату розв'язання запропонованої моделі на залізниці диспетчер – вагонорозпорядник (ДНЦВ) може раціонально виконувати розподілення порожніх вагонопотоків по дільницях, що у свою чергу підвищить ефективність керування перевізним процесом [2,3].

При дослідженні та розробленні оптимізаційної моделі управління парком вантажних вагонів доведено, що формування процедури розподілу порожніх вагонів різних форм власності повинні виконуватися на різних умовах з урахуванням взаємовідносин залізниці та власників вагонів. На основі цього було сформовано комплексну оптимізаційну модель, яка адекватно відтворює технологію управління парком вантажних вагонів як операторської компанії, так і залізниці та враховує різні тарифні складові при організації залізничних перевезень. Вирішення поставленого завдання являє собою основу формування автоматизованої системи управління і розподілу порожніх вагонів в умовах функціонування конкурентних операторських компаній.

Список використаних джерел

1. Butko T. V. Devising a method for the automated calculation of train formation plan by employing genetic algorithms [Текст] / V. Prokhorov D. Chekhunov // Восточно-

Европейский журнал. – 2017. – № 1/3 (58). – С.55-61.

2. Шандер, О. Е. Формування процедури розподілу порожнього парку вантажних вагонів на залізничній мережі [Текст] / О.Е. Шандер // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: наук.-техн. журнал. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – Вип. 5. – С.40-43.

3. Шандер, О. Е. Формування моделі прогнозування обсягів вагонопотоків на станціях залізничного полігону [Текст] / О. Е. Шандер // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: наук.-техн. журнал. – Харків: УкрДАЗТ, 2015. – Вип. 1. – С. 64-70.

УДК 629.46

О. Е. Шандер, Д. О. Антончик

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ПАРКОМ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ ОПЕРАТОРСЬКИХ КОМПАНІЙ

О. Е. Shander, D.O. Antonchik

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF FLEET MANAGEMENT FREIGHT WAGONS OPERATING COMPANIES

На сьогоднішній день існує велика кількість операторських компаній, які можна поділити на два типи. Перший тип – сервісні компанії, створювані великими видобувними й промисловими підприємствами для забезпечення власних транспортних потреб. До другого типу компаній належать незалежні оператори. Ці компанії жорстко конкурують одна з одною, а також з компаніями першого типу. Компанії-оператори значно нарощують темпи розвитку на ринку послуг перевезень. Безсистемна експлуатація вагонів операторськими компаніями створює недобросовісну конкуренцію з вагонами парку Укрзалізниці шляхом заволодіння вигідними перевезеннями високотарифних вантажів. На жаль, залізниця України на нинішньому етапі не в змозі забезпечити необхідний обсяг перевезень вантажів з урахуванням використання власних вагонів. Тому держава зрозуміла необхідність реорганізації залізничного транспорту й

розробила концепцію «Державної програми реформування залізничного транспорту». У світі вже давно зрозуміли, що лише за допомогою інвестицій можна досягти високого рівня розвитку залізниць. Залучаючи приватні підприємства, країна не лише отримує нові вагони, завдяки цьому розвивається конкуренція, що сприяє поліпшенню послуг, підвищенню рівня безпеки руху і збагаченню держави.

У зв'язку з неправильним використанням вагонів операторських компаній ускладнюється процес управління та розподілу вагонів на залізничній мережі. А якщо врахувати дефіцит рухомого складу, то вантажовласники зазнають великих збитків за невиконання контрактів. Тому, виходячи з цього, потребують зміни в організації перевізного процесу, які будуть стосуватися питань доступу операторів до залізничної мережі та самостійного управління власним парком вагонів операторськими компаніями. Ці умови

потребують формування і впровадження ефективної технології організації вантажних перевезень, методів їх реалізації, які ґрунтуються на інтелектуалізації системи на всіх ланках транспортного процесу, що у свою чергу надасть гнучкості системі та підвищить ефективність транспортного обслуговування [1].

Вибір оптимального плану розподілу вагонів в основному залежить від кількості подачі вагонів операторських компаній на станціях залізничної мережі та їх розташування у просторі та часі. Такі умови потребують, з одного боку, дослідження і прогнозування динаміки надходження вагонів для маршрутів, урахування інерційності системи, а з другого – дослідження особливостей топології залізничної мережі або інших підсистем транспортної мережі [2]. Основним критерієм побудови оперативного плану управління парком операторських компаній повинен бути мінімум експлуатаційних витрат, що пов'язані з його реалізацією, але в той же час потрібно максимізувати обсяг виконання замовлень за умови їх виконання в строк. Виходячи з цього в роботі вирішено задачу розподілу та прикріплення відповідних вагонів операторів за маршрутом прямування вантажного поїзда. Формування маршрутів та виділення нитки графіка може бути реалізовано за відповідними варіантами: коли склад формується на відповідній станції відправлення одним оператором і він безпосередньо займає нитку графіка; коли склад формується на різних станціях різними операторами, але їм відповідно теж виділяється нитка графіка та включаються вагони до складу поїзда. Модель розподілу вагонів операторських компаній подано у вигляді графа варіантів прямування вагонів по маршруту за вказаними заявками. До кожного маршруту (нитки графіка) можливе прикріплення заявок. Під маршрутом може розумітись як збірний, дільничний, вивізний, так і інший поїзд, до

складу якого будуть включені вагони. Відповідно до графа варіантів просування вагонів на залізничній мережі запропонована оптимізаційна математична модель управління парком вантажних вагонів операторських компаній. Ця модель враховує всі основні статті витрат, що залежать від обраного варіанта прямування вагонів за маршрутом, і може бути використана при будь-якій із запропонованих технологій при управлінні вагонним парком. Для пристосування моделі до особливостей обраної технології потрібно лише змінити систему обмежень моделі шляхом виключення, додавання або корегування обмежень [3]. Таким чином, сформована модель дасть змогу вирішувати задачі оперативного управління вагонним парком та ефективною взаємодією як залізниці, так і операторської компанії.

Сучасні підходи з удосконалення технології організації управління парком вантажних вагонів повинні бути спрямовані на підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту за рахунок надання залізничній підсистемі властивостей інваріантності, яку доцільно розглядати як компроміс між її стійкістю та гнучкістю. З метою надання залізничній системі цих властивостей, було сформовано оптимізаційну модель, яка формалізує технологічний процес управління парком вантажних вагонів операторських компаній, з цільовою функцією у вигляді сумарних експлуатаційних витрат і відповідною системою обмежень, яка враховує технічні і технологічні умови процесу формування відповідних маршрутів. Сформована оптимізаційна модель адекватно відтворює умови процесу перевезення, яка забезпечує скорочення транспортних витрат за умови задоволення вимог клієнтів (операторів).

Список використаних джерел

1. Butko, T. Investigation into Train Flow System on Ukraine's Railways with Methods of Complex Network Analysis

[Electronic resource] / T. But'ko, A. Prokhorchenko // [Science and Education Publishing From Scientific Research to Knowledge, American Journal of Industrial Engineering, 2013]. – Vol. 1(3). – P. 41-45. – Mode of access: World Wide Web: <http://pubs.sciepub.com/ajie/1/3/1/>. – Title from the screen.

2. Butko T. V. Devising a method for the automated calculation of train formation plan

by employing genetic algorithms [Текст] / V. Prokhorov D. Chekhunov // Восточно-Европейский журнал. – 2017. – № 1/3 (58). – С.55-61.

3. Бутько, Т. В. Формалізація процесу управління парком вантажних вагонів операторських компаній [Текст] / Т. В. Бутько, О. Е. Шандер // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 2/3(68). – С. 55-58.

УДК 656.222.3

О. В. Лаврухін, А. М. Кіман, Д. О. Кульова

ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОЇ МОДЕЛІ ПРОСУВАННЯ ГРУПОВИХ ПОЇЗДІВ ОПЕРАТИВНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

О. Lavrukhin, A. Kuman, D. Kulova

FORMATION OF COMPLEX EXPANCE-TEMPORAL MODEL OF PROMOTION GROUP TRAINS OF OPERATIONAL PURPOSE

Оснoву організації вагонопотоків складає план формування поїздів (ПФП), який визначає рівень завантаження технічних засобів транспорту, а також розподіл сортувальної і маневрової роботи між станціями і пунктами відправлення і призначення вантажних поїздів [1]. На сьогоднішній день план формування поїздів, що визначає вид та напрямок поїздів та груп вагонів, які формують станції, розробляється раз у рік, а методи розрахунку ПФП базуються на середньодобових планових вагонопотоках і не враховують їх коливань за величиною та структурою протягом сезонів року, днів тижня та годин доби. За таких умов виникають ситуації на станціях мережі, коли вагонні струмені, що виділені в самостійні призначення, мають добову потужність меншу за встановлені норми маси та довжини вантажних поїздів для відправлення. Для уникнення перепростоїв та прискорення просування вагонів

можливим є проведення корегування плану формування для окремих поїздів [2] на основі застосування технології погодженої організації групових поїздів оперативного призначення [3].

Відповідно до вищевикладеного постає науково-прикладне завдання розроблення комплексної моделі просування групових поїздів оперативного призначення на основі удосконалення процедури оперативного корегування плану формування (ПФП) та графіка руху поїздів (ГРП), яка передбачає врахування просторової та часової складової процесу управління поїздопотоками.

Аналіз поїздопотоків, згідно з чинним ПФП довів, що доволі значна частина вагонопотоку, від загальної кількості, прямує в однокрупних поїздах (69%), а близько третини прямує в групових поїздах. При цьому слід зауважити, що з цієї кількості тільки близько 23% виконуються дійсно відповідно до ПФП на

поточний період. Останні 8% групових поїздів (у залізничній термінології такі поїзди називають груповими поїздами оперативного призначення) простоюють протягом значного часу під накопиченням повноскладового поїзда, що сприяє збільшенню збитків від непродуктивного простою та несвоєчасної доставки вантажу, також збільшується кількість маневрових пересувань та повторного розпуску з сортувальної гірки. Всі визначені фактори призводять до збільшення часу обігу вантажного вагона та зниження його продуктивності.

Все це вимагає формування моделей, які дозволять вибрати раціональний

маршрут об'єднання груп вагонів для організації погоджених групових поїздів зі змінними сполученнями груп вагонів на сітьовому рівні з подальшим розрахунком графіка руху поїздів.

Відповідно до поставленого завдання на першому етапі було сформовано цільову функцію оптимізаційної математичної моделі організації групових поїздів оперативного призначення, яка дає змогу вибрати раціональний маршрут об'єднання груп вагонів для організації погоджених групових поїздів зі змінними сполученнями груп вагонів на сітьовому рівні:

$$F = \sum_{i^o} \sum_a c_{\text{перевф}} \cdot Pt_{i^o} \cdot m_a + \sum_t \sum_a \sum_i \sum_j \varepsilon_{ij} \cdot x_{ij}^a \cdot c_{\text{рух}} \cdot Lt_{ij,a} \cdot m_a + \sum_i \sum_a c_i^{\text{простою}} \cdot Mt_i^a \cdot m_a \rightarrow \min, \quad (1)$$

де i^o – змінна на множині станцій P , що відповідає номеру станцій обміну груп вагонів $i^o = \bar{1}, n, i^o \in P$; $c_{\text{перевф}}$ – вартість однієї вагоно-години витрат на переформування состава на станціях обміну груп вагонів, грн; $c_{\text{рух}}$ – вартість однієї вагоно-години в русі вагонів в організованих групових поїздах по дільниці, грн; $c_i^{\text{простою}}$ – вартість однієї вагоно-години простою вагона на станції i , грн; $Lt_{ij,a}$ – час руху групового поїзда по дільниці ij , год; Pt_{i^o} – час на проведення маневрів при виконанні операції обміну груп вагонів на станції i^o , год; Mt_i^a – час простою вагонів на станції i , год.

Для вирішення даної математичної моделі корегування плану формування поїздів на основі погодженої організації групових поїздів оперативного призначення запропоновано застосувати

оптимізаційний метод на основі генетичного алгоритму (англ., Genetic Algorithm, GA).

Дана цільова функція відповідає за просторову складову, тобто процедуру оперативного корегування ПФП. У подальшому при формуванні групового поїзда доцільно визначити процедуру розставляння вагонів із небезпечними вантажами (НВ). Визначена процедура має врахувати постановку вагонів з НВ у склад поїзда відповідно груп сумісності та унеможливлення збігу координат вагонів, які розташовані на суміжних коліях. При цьому необхідно передбачити умови, за яких у складі поїзда мають бути вагони відповідної комерційної придатності [4].

На другому етапі сформовано цільову функцію математичної моделі синхронізації графіка руху групових поїздів оперативного призначення на станціях обміну груп вагонів у вигляді:

$$F(X_{ki}, I_{(k,k+1)i}) = \sum_s \sum_i \sum_j \sum_k Wt_{kij}^s \rightarrow \min, \quad (2)$$

де X_{ki} – час відправлення кожного поїзда k на маршруті прямування i ; $I_{(k,k+1)i}$ – змінна, яка відповідає інтервалам відправлення групових поїздів на маршруті; Wt_{kij}^s – допустимий термін очікування груп вагонів для формування групових поїздів оперативного призначення.

У результаті знаходження значень цільової функції знайдено часову складову процесу просування групових поїздів оперативного призначення. При виконанні порівняльного аналізу приведених витрат локомотиво- та вагоно-годин простою при просуванні поїздопотоків різних категорій доведено доцільність організації групових поїздів оперативного призначення за узгодженим розкладом, що дає змогу зменшити вищенаведені витрати у порівнянні з варіантом прямування групових поїздів без розкладу на 4,98 %.

У результаті виконання досліджень було сформовано комплексну просторово-часову модель просування групових поїздів оперативного призначення, яка складається з математичної моделі організації групових поїздів оперативного призначення (що дозволяє вибирати раціональний маршрут об'єднання груп вагонів для організації погоджених групових поїздів зі змінними сполученнями груп вагонів на сітьовому рівні), та математичну модель синхронізації графіка руху групових поїздів оперативного призначення на станціях обміну груп вагонів. На основі проведених розрахунків для довільного полігону залізниці доведено існування меж доцільності використання запропонованої

технології. При цьому за рівних умов при збільшенні параметра накопичення одногрупних призначень на 10,7 % від нормативного доцільним є прямування дальніх вагонопотоків одногрупних призначень у групових поїздах із закріпленням за узгодженим розкладом.

Список використаних джерел

1. Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України [Текст]: №1028–ЦЗ. – Затв. Наказом Укрзалізниці 29.12.2004. – К.: ТОВ «Швидкий рух», 2005. – 100 с.

2. Прохорченко, А. В. Удосконалення технології корегування плану формування поїздів на основі погодженої організації групових поїздів оперативного призначення [Текст] / А. В. Прохорченко, Л. В. Корженівський // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2008. – № 6/6(36). – С. 37-40.

3. Прохорченко, А. В. Удосконалення технології роботи полігону мережі на основі організації групових поїздів за жорстким графіком руху [Текст] / А. В. Прохорченко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 114. – С. 192-196.

4. Ломотько, Д. В. Формування нечіткої системи підтримки прийняття рішення щодо придатності у комерційному відношенні рухомого складу при його розподілі [Текст] / Д. В. Ломотько, А. О. Ковальов, О. В. Ковальова // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2015. – Вип. 6/3 (78). – С. 11-17 (база даних Scopus).

ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО КРИТЕРІЮ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

O. Lavrukhin, O. Shapatina, S. Kanunnikova

CREATING A COMPREHENSIVE PERFORMANCE CRITERION FOR THE VEHICLE

Досвід країн Західної Європи та США показує, що комбіновані перевезення вантажів є перспективними та рентабельними, такі перевезення складають 15-20 % загального обсягу перевезень залізничного транспорту [1]. У сучасних умовах актуальним є завдання щодо вигідної взаємодії автомобільного та залізничного видів транспорту при використанні позитивних рис обох видів.

Питання удосконалення змішаних, комбінованих, інтермодальних перевезень та взаємодії різних видів транспорту досліджено значною кількістю вчених, ними розглянуто широкий спектр проблем, але формуванню комплексного критерію ефективності транспортного засобу приділено недостатньо уваги.

У роботах [2, 3] основну увагу приділено питанням цінової політики, інтермодальній транспортній стратегії та різнобічному плануванню. Розвиток інтермодальних перевезень пов'язаний з розвитком, насамперед, залізничних перевезень, які з іншими видами транспорту складають єдиний транспортно-логістичний ланцюг, але не наведено процедури щодо вибору оптимального варіанта доставки вантажів.

У статті [4] основну увагу приділено скороченню витрат на перевезення інтермодальних вантажів, а також наведено порівняння витрат на доставляння вантажів залізничним та автомобільним транспортом

залежно від відстані перевезень, але авторами не подано методики вибору виду перевезень.

Усуненням існуючих бар'єрів у сфері комбінованих перевезень займалися автори статті [5] на основі багатоагентної системи, яка передбачає узгодженість дій на користь конкретного вирішення проблеми з підтримкою взаємодіючих агентів. Але для адекватної організації взаємодії всіх транспортних ланок необхідно врахувати більшу кількість показників.

Таким чином, аналіз значної кількості досліджень, які присвячені питанням взаємодії різних видів транспорту, показує, що недостатньо дослідженими залишаються питання щодо вибору виду перевезень, недостатньо уваги приділено формуванню комплексного критерію для визначення узагальненого рівня транспортного засобу.

На вибір транспортного забезпечення впливає велика кількість показників. Різноманіття транспортних засобів не дозволяє комплексно оцінювати їх властивості. У різних видів транспорту діапазон використання технічних характеристик відрізняється. Тому виникає потреба використання комплексного показника якості транспортних засобів.

Комплексний кваліметричний критерій узагальненого рівня транспортного засобу має вигляд:

$$Z = \frac{A}{\varphi \cdot (1 - \tau)} \cdot \prod_{i=1}^m k_i = \frac{Q \cdot V^2 \cdot L}{\varphi \cdot (1 - \tau)} \cdot \prod_{i=1}^m k_i = \frac{Q \cdot V^2 \cdot L}{\varphi \cdot (1 - \tau)} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \rightarrow \max, \quad (1)$$

при

$$\begin{cases} C_{жц} > 0, C_l > 0, Q > 0, \\ \Delta T > 0, T > 0, L > 0, \\ 0 < V \leq V_{\max}, \tau < 1, \\ 5 < \varphi < 30, \end{cases}$$

де Q – вантажопідйомність транспортного засобу, т;

V – технічна швидкість транспортного засобу, км/год;

V_{\max} – максимальна швидкість транспортного засобу, км/год;

L – дальність перевезення вантажу, км;

φ – коефіцієнт відношення витрат на утримання транспортного засобу за життєвий цикл до витрат на вартість транспортного засобу, $\varphi = \frac{C_{жц}}{C_l}$;

$C_{жц}$ – витрати на утримання транспортного засобу за життєвий цикл, грн;

C_l – вартість транспортного засобу, грн;

τ – коефіцієнт скорочення витрат на перерви у русі, $\tau = \frac{\Delta T}{T}$;

ΔT – загальний час на перерви у русі, год;

T – загальний час у русі, год;

m – кількість коефіцієнтів;

k_i – коефіцієнти окремих властивостей,

k_1 – коефіцієнт комерційної віддачі; k_2 – коефіцієнт дорожніх переваг транспортного засобу; k_3 – коефіцієнт запасу динамічних властивостей транспортного засобу; k_4 – коефіцієнт рівня конкурентоспроможності транспортного засобу; k_5 – коефіцієнт надійності транспортного засобу.

Комплексний кваліметричний критерій узагальненого рівня транспортного засобу Z (1) – це нелінійна функція, яка є мультиплікативною. У такому випадку рішення можливо знайти шляхом логарифмування обох частин рівняння, тоді отримаємо:

$$\ln Z = \ln Q + 2 \ln V + \ln L - \ln \varphi - \ln(1 - \tau) + \ln k_1 + \ln k_2 + \ln k_3 + \ln k_4 + \ln k_5. \quad (2)$$

У зв'язку з тим, що функція є монотонно-зростаючою, то справедливе таке рівняння:

$$\max \ln Z = \max Z. \quad (3)$$

У загальному вигляді рішення зводиться до задачі лінійного програмування, зокрема симплекс-методу, якщо обмеження мають лінійну залежність, або задачі динамічного програмування, якщо обмеження мають нелінійну залежність. Тоді запишемо:

$$Z = e^{Q+2V+L-\varphi-(1-\tau)+k_1+k_2+k_3+k_4+k_5}. \quad (4)$$

Однак у зв'язку з багатofакторністю та складністю вирішення аналітичним шляхом, а також для більшої наочності

задачу буде вирішено графічно у вигляді номограм.

Таким чином, на підставі проведеного аналізу показано, що на ефективність перевезень впливає вибір транспортного засобу з урахуванням діапазону оптимальних значень вантажопідйомності цього транспортного засобу та зони дальності перевезень на основі визначення оптимального значення комплексного кваліметричного критерію.

Тобто, виходячи з характеристики транспортного засобу, оцінюється оптимальна їх кількість, зона дії та вантажопідйомність, і з урахуванням рівня скорочення непродуктивних витрат часу і витрат на утримання транспортного засобу за життєвий цикл та рівня конкурентоспроможності визначається

комплексний кваліметричний рівень цього транспортного засобу.

Запропонований кваліметричний критерій може бути використаний як для підвищення ефективності взаємодії автомобільного та залізничного транспорту, так і для інших видів транспорту через його комплексний характер.

Список використаних джерел

1. Зеркалов, Д. В. Международные перевозки грузов [Текст]: учеб. пособие / Д. В. Зеркалов, Е. Н. Тимощук. – К.: Основа, 2009.

2. Marinov, M. Rail and Multimodal Freight: A Problem–Oriented Survey (Part II–1) [Text] / M. Marinov // Transport Problems: International Scientific Journal. – 2009. – № 4(2). – P. 73-83.

3. Marinov, M. Rail and Multimodal Freight: A Problem–Oriented Survey (Part II–2) [Text] / M. Marinov // Transport Problems: International Scientific Journal. – 2009. – № 4(3/1). – P. 79-87.

4. Hanssen, T.–E. S. Generalized Transport Costs in Intermodal Freight Transport [Text] / T.–E. S. Hanssen, T. A. Mathisen, F. Jorgensen // Proceedings of EWGT2012 – 15th Meeting of the EURO Working Group on Transportation, 2012. – P. 189–200.

5. Mindur, L. The Concept of Intermodal Network Development in Poland Using Multi-Agent Systems [Text] / L. Mindur, M. Hajdul // Transport Problems: International Scientific Journal. – 2011. – № 6(3). – P. 5-16.

УДК 656.22

Г. Є. Богомазова

ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ПАРКОМ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ РІЗНОЇ ФОРМИ ВЛАСНОСТІ

G. Bogomazova

FORMING TECHNOLOGY OF OPTIMAL MANAGEMENT FREIGHT CARS OF DIFFERENT OWNERSHIP

Існуюча практика організації перевезень вантажів характеризується великою різноманітністю форм і підходів до цього питання. Дослідження чинних способів організації вантажних перевезень показують, що вони не забезпечують задоволення всіх встановлених критеріїв ефективності, не в повній мірі відповідають вимогам реформування залізничного транспорту і ринковим відносинам [1].

Для уникнення цього, перш за все, треба змінити курс дій в оперативному управлінні перевезень на залізницях України, а це означає, що треба знаходити

шляхи оптимального управління вантажними вагонями. Таким чином, це питання є дуже актуальним.

На сьогодні існує проблема нестачі рухомого складу і при цьому збільшення порожнього пробігу вагонів. Це обумовлено тим, що орендарі та вагоновласники не надають свій рухомий склад для задоволення потреби в ньому на мережі залізниць, що пов'язано, в першу чергу, з недосконалою експлуатаційно-технологічною та тарифоутворюючою системою.

Між різними власниками рухомого складу відбувається не тільки цінова, але і нецінова конкуренція [2]. Якщо перша стосується рівня тарифів, то друга пов'язана із повним задоволенням потреби клієнтів у перевезеннях, підвищенні якості, конкурентоспроможності, ресурсозбереження та рівня сервісу при обслуговуванні вантажовласників, наданням достатньої кількості придатних у комерційному відношенні вагонів [3], із виконанням умови доставки вантажу точно в строк з мінімальними втратами. Метою дослідження є удосконалення технології перевезення вантажів на полігоні залізниць України в сучасних умовах, яка адаптована до коливань обсягів навантаження і забезпечує мінімальні непродуктивні простоя та зниження порожнього пробігу вагонів за рахунок підбору кількості рухомого складу та його форми власності.

Основними завданнями розвитку транспортної інфраструктури залізничного транспорту є збільшення пропускної спроможності транспортної мережі й оновлення рухомого складу. Це дасть змогу суттєво поліпшити обслуговування споживачів транспорту, підвищити конкурентоспроможність залізниці на світовому ринку перевезень.

Поповнення вагонів у більшій мірі здійснюється за рахунок транспортних компаній-власників рухомого складу. Такі умови потребують, з одного боку, дослідження і прогнозування динаміки надходження вагонів, враховуючи інерційність системи, а з іншого – дослідження особливостей топології

залізничних вузлів або інших підсистем транспортної мережі.

При дослідженні функціонування залізничної мережі був проведений аналіз існуючих технологій перевезення вантажів, який довів, що перспективним напрямком реалізації перевезень вантажів є така економічно доцільна і конкурентоспроможна технологія, при якій буде знайдено маршрут перевезення кожного вагона з мінімальними відстанями та мінімальними непродуктивними простоями при виконанні обов'язкової умови доставки всього вантажу до вантажоодержувача «точно в строк» в умовах існуючої кон'юнктури на транспортному ринку на період планування. Таким чином, упровадження гнучкої автоматизованої технології регулювання вагонним парком різних форм власності для перевезення вантажів потребує формалізації процесу перевезень на залізничній мережі у вигляді динамічної оптимізаційної моделі.

Система переміщення вагонопотоку може бути переведена із початкового стану до наступного за допомогою функції переходу S^k (послідовності оптимального керівництва на кожному k -му кроці), яка визначається оцінкою технічних, технологічних, експлуатаційних та економічних (витратних) показників.

Задача вибору оптимального поїздоутворення для заданого полігону залізничної мережі визначається послідовністю оптимального керівництва системою

$$S^k \left\{ \varepsilon(i)^k, \varepsilon(i+1)^{k_{1,2,\dots,n}}, \varepsilon(i+2)^{k_{1,2,\dots,n}}, \dots, \varepsilon(i+m)^{k_{1,2,\dots,n}} \right\}$$

при максимізації функції цілі $W(\varepsilon)$ – економії, отриманої в результаті реалізації оптимального плану переміщення вагонопотоку при оперативному плануванні, що може бути представлена у вигляді

$$W(\varepsilon) = \max \sum_{k=1}^n f_k(\varepsilon^{k-1}, S^k),$$

де n – кількість кроків системи.

Технологія оптимального переміщення вагонопотоку на залізничному полігоні передбачає різні варіації формування вагонопотоків (маршрутні відправки, наскрізні, дільничні, збірні поїзди) залежно від технологічних обмежень і дає змогу виконувати розрахунки для полігонів будь-яких розмірів і довільного часу оперативного планування.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в теоретичному обґрунтуванні та вирішенні науково-прикладного завдання формування автоматизованої технології управління вантажним вагонним парком різних власників. Запропоновано технологію оптимальної послідовності кроків системи управління рухомим складом, яка адекватно відтворює технологію управління вантажним вагонним парком та враховує динамічний характер зміння обсягів перевезень у просторі та часі і, на відміну від існуючих, дає змогу змінювати кількість та належність вагонів.

Список використаних джерел

1. Лаврухін, О. В. Наукові підходи до вдосконалення технології експлуатації вантажних вагонів всіх форм власності [Текст] / О. В. Лаврухін, Г. С. Бауліна, Г. Є. Богомазова // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – № 4. – С. 48-55.
2. Demir, E. A selected review on the negative externalities of the freight transportation: Modeling and pricing [Text] / E. Demir, Y. Huang, S. Scholts, T. Van Woensel // Transportation research part E: Logistics and transportation review. – May 2015. – Vol. 77. – P. 95–114.
3. Ломотько, Д. В. Формування нечіткої системи підтримки прийняття рішення щодо придатності у комерційному відношенні рухомого складу при його розподілі [Текст] / Д. В. Ломотько, А. О. Ковальов, О. В. Ковальова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – Вип. 6/3 (78). – С. 11-17.

УДК 656.225:334

Д. В. Ломотько, О. О. Завгородня

УПРОВАДЖЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ НА МІСЦЯХ НЕЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

D. V. Lomotko, O. O. Zavorodnya

INTRODUCTION OF LOGISTICS TECHNOLOGIES ON APPROACH TRACK OF RAILWAY STATIONS

Одним з основних напрямків підвищення ефективності роботи залізничного транспорту є удосконалення існуючих та створення нових раціональних технологій роботи залізничних під'їзних колій з використанням логістики. Це потребує нових підходів щодо вибору оптимальної технології роботи станцій з

метою можливого скорочення експлуатаційних витрат.

На залізничному транспорті більше 90 % вантажних операцій виконується на під'їзних коліях. Використання логістичних принципів функціонування ПАТ Укрзалізниці безпосередньо пов'язано зі створенням логістичних систем на окремих

залізничних станціях. З метою підвищення якості обслуговування підприємств постає питання раціоналізації та оптимізації процесу функціонування залізничних під'їзних колій [1, 5]. Актуальність цього підтверджується тим, що вирішення даних питань дозволяє покращити якісні показники перевезень та підвищити рівень логістичного сервісу.

Стан транспортних перевезень потребує збільшення уваги до використання логістичних технологій в перевізному процесі. В сучасних умовах збільшуються вимоги до строків та якості доставки вантажів, зменшення простоїв під вантажними операціями, зменшення витрат на транспортно – складські операції. Для виконання цих завдань на залізницях України створюються логістичні центри – на базах залізниць, дирекцій тощо. В умовах зростання конкуренції на ринку транспортних послуг необхідно збільшити якість обслуговування клієнтів на під'їзних коліях [1]. Використання сучасних логістичних технологій доставки вантажів "від дверей до дверей" і "точно в строк" з високою швидкістю є запорукою високого рівня конкурентоспроможності [2, 4].

Використання логістичних технологій слід розглядати на окремому прикладі залізничної станції. Об'єктом дослідження обрано станцію Савинці, до якої примикає три під'їзних колії:

- ПАТ «Державна продовольчо-зернова корпорація України» – навантаження здійснюється в зерновозах в обсязі 2300 вагонів за рік. Розгорнута довжина становить 1838,77 м. Подача та забирання вагонів проводиться локомотивом залізниці, а розставлення по вантажних фронтах та для зважування – локомотивом підприємства на вагах підприємства;

- ТОВ «Агропромислова компанія Савинська» - вивантаження піввагонів з вугіллям – 73 вагони за рік та вивантаження піввагонів з вапном – 243 вагони за рік. Розгорнута довжина становить 6814,96 м.

Подача та забирання вагонів проводиться локомотивом залізниці;

- філія «Степовий елеватор Балаклея» ТОВ «АТ Каргілл» - навантаження здійснюється в зерновозах в обсязі 917 вагонів за рік. Згідно з договором на експлуатацію, під'їзна колія є контрагентом ТОВ «Агропромислова компанія Савинська».

Усі підприємства, що примикають до станції Савинці, мають сезонний характер робіт. Це спричиняє певні труднощі в плануванні оперативної роботи станції та негативно відбивається на використанні основних засобів залізниці. Використання саме логістичних технологій дозволяє вирішити питання раціоналізації і оптимізації процесу взаємодії залізничної станції з підприємствами.

Однією з основних на станції є прикладна проблема, що пов'язана з відсутністю порожніх зерновозів. Запропоновано удосконалити систему інформаційного супроводження перевезень з метою точного визначення дислокації порожніх вагонів інвентарного парку або «власних». Раціональним ринковим підходом до використання дефіцитного рухомого складу постає навантаження на дату, узгоджену зі станцією та елеватором за безпаперовою технологією. При цьому можливе застосування штрафів за збільшення простоїв та «бонусів» за зменшення часу знаходження під навантаженням. Перспективними інтермодальними технологіями в умовах станції Савинці є навантаження зерна у великотоннажні контейнери. Досвід їх використання на станції показав можливість зменшення часу знаходження вагонів під вантажними операціями та відсутність перевантаження зерна у пункті призначення.

Гнучка логістична технологія роботи залізничних станцій на місцях незагального користування повинна враховувати термін доставки вантажу, рівень його схоронності, зручність та своєчасність виконання усіх

операцій у процесі транспортування в умовах зменшення не тільки власних витрат, але і витрат клієнтури. Ефективність роботи у даному випадку доведено режимною технологією використання диспетчерського локомотива – своєчасний довіз вагонів по вантажних пунктах та розставляння на фронти навантаження – в нічний час, а під вивантаження – в денний час.

Відповідно до [3, 4] технологія роботи ПАТ Укрзалізниця повинна повністю забезпечити інтереси вантажовласників, у тому числі – за рахунок покращення транспортного обслуговування на під'їзних коліях при безумовному виконанні принципів раціонального використання вагонів, скороченні термінів доставки та підвищенні збереження вантажів. Встановлено, що експлуатаційні витрати залізничних підрозділів зменшуються в першу чергу шляхом скорочення амортизаційних відрахувань, фонду заробітної плати робітників, що виконують маневрові та комерційні операції, сплати за землю, яку займає колія, та витрат на поточне утримання під'їзної колії. З іншого боку, для малодіяльного за обсягами підприємства важливим є обґрунтування доцільності отримання в оренду під'їзної колії або відмови від її експлуатації та переключення її вантажопотоку на місця загального користування. В останньому випадку виконання завозу-вивозу вантажів здійснюється автотранспортом.

Відповідно до вищенаведеного можливо оптимізувати режим роботи вантажних фронтів та оцінити можливість отримання додаткового скорочення експлуатаційних витрат. Впровадження логістичних технологій дозволяє зменшити простій вагонів на під'їзних коліях, за

рахунок чого оптимізуються річні експлуатаційні витрати, покращується використання рухомого складу та якість обслуговування під'їзних колій. Таким чином, на прикладі станції Савинці показано можливість удосконалити роботу та покращити показники її виконання шляхом використання сучасних логістичних технологій.

Список використаних джерел

1. Панченко, С. В. Тенденції розвитку технологій управління вагоно- і поїздопотоками в міжнародному сполученні територією України [Текст]: монографія / С.В. Панченко, О.В. Лаврухін, Д. В. Ломотько [та ін.]. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 248 с.
2. Смехов, А. А. Маркетинговые модели транспортного рынка [Текст]. – М.: Транспорт, 1998. – 120 с.
3. Офіційний веб-сайт Укрзалізниці [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://uz.gov.ua/?lnd=uk>.
4. Ломотько Д. В., Ковальов А. О., Ковальова О. В. Formation of fuzzy support system for decision-making on merchantability of rolling stock in its allocation // Eastern European Journal of Enterprise Technologies. – 2015. – Т. 6. — №. 3(78). — С. 11-17. — Access Mode: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2015.54496>.
5. Ломотько, Д. В. Формування транспортного процесу залізниць України на базі логістичних принципів [Текст]: автореф. дис.... д-ра. техн. наук: спец. 05.22.01 «Транспортні системи» / Д. В. Ломотько. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – 39 с.

**РОЗВИТОК ЛОГІСТИЧНОГО СЕРВІСУ ЕКСПРЕС-ДОСТАВКИ ДРІБНИХ
ВІДПРАВЛЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

E. S. Aloshynskiy, A. S. Rudakova

**DEVELOPMENT LOGISTICS SERVICES SMALL ITEMS EXPRESS DELIVERY ON A
RAILWAY TRANSPORT**

Залізнична галузь зіткнулася з досить серйозними проблемами, а саме – значний знос основних виробничих фондів, зокрема рухомого складу, різке зростання цін на матеріальні ресурси для проведення ремонту та екіпірування поїздів, недостатній обсяг інвестицій, необхідних для оновлення та забезпечення інноваційного розвитку матеріально-технічної бази, обмеженість бюджетного фінансування та амортизаційних відрахувань, недосконалість механізму лізингу [1].

Ці та інші проблеми вимагають негайного вирішення. Тому необхідністю є пошук нових видів діяльності, які будуть приносити прибуток галузі. Метою дослідження є розроблення логістичного сервісу експрес-доставки дрібних відправлень на залізничному транспорті, що в свою чергу створить новий напрямок галузі, додаткові робочі місця, збільшить інвестиційну привабливість, а також надасть альтернативний вид прибутку.

В Україні зараз також всебічної популярності набуває інтернет-сервіс та інтернет-маркетинг. Кожного дня люди замовляють товари чи послуги в інтернеті. Це зручний і дешевий спосіб отримання необхідного товару. Разом з процвітанням online-магазинів швидко розвиваються і служби експрес-доставки, адже саме вони забезпечують перевезення даного товару з пункту А в пункт Б. Позиції лідера серед служб експрес-доставки вантажів в Україні

займають компанії «Нова пошта» та «Інтайм» [2].

Але дрібні відправлення можливо також відправляти пасажирськими поїздами в багажних вагонах. Основна гіпотеза проекту полягає в партнерстві залізниці та найбільш розповсюджених служб експрес-доставки дрібних відправлень. Багажний вагон є спеціальним вагоном пасажирського парку, придатним для прямування в пасажирському поїзді зі встановленою швидкістю. За необхідністю в поїзді стандартної довжини може слідувати один-два вагони.

Зараз, як правило, послугою перевезення багажу залізничним транспортом не користуються (тому що конкурувати в наданні цих послуг з професійними службами експрес-доставки досить важко). Необхідності в даних вагонах немає, та вони все ж курсують в складі поїздів в порожньому стані, на випадок, якщо пасажир усе ж таки захоче скористатися такою послугою.

Таким чином, не потрібно впроваджувати якусь нову технологію чи вкладати кошти в придбання нового обладнання. Відповідна матеріально-технічна база вже існує, нею потрібно тільки почати правильно користуватися.

Якщо дрібні відправлення, якими завантажена вантажівка, завантажити у вагон (або у два вагони за необхідності), можна скоротити не тільки витрати, але й швидкість доставки, адже наприклад поїзд №112 (Харків-Львів) знаходиться в дорозі

лише 20 год (для порівняння – термін доставки при автоперевезеннях складає три доби). Також суттєвим фактом є попутні зупинки даного поїзда. Поїзд № 112 зупиняється на 22 зупинках, причому в Києві він зупиняється на 25 хв, а в Жмеринці – на 20 хв. Тому розглянутий маршрут складається не з одного пункту призначення (Львова), а й ще з двох транзитних міст – Київ і Жмеринка, в яких будуть також розвантажуватися відправлення.

Першочерговими завданнями взаємодії залізниці і служб доставки є визначення маршрутів, якими будуть курсувати вантажі (понад 500 км). Адже значна економія очікується саме на маршрутах, що мають довжину вище за середню.

Всі можливі напрямки перевезень експрес-відправлень було упорядковано в матрицю інцидентності. На підставі матриці інцидентності мережі залізничних перевезень дрібних відправлень проведено побудову макrorівневої моделі перспективної системи експрес-відправлень України на основі мережі Петрі. Якщо ув'язати в єдину мережу всі залізничні (початково-кінцеві, ХАБові та транзитні) станції та перегони між ними, то існує можливість оперативно змінювати не лише обсяги та інтенсивність руху потоку експрес-відправлень, але й, за необхідності, перенаправляти рух транзитних потоків з найбільш завантажених напрямків на інші.

Слід зазначити, що диверсифікацію діяльності залізниць у сферу експрес-відправлень можливо здійснювати в два етапи (або за двома варіантами):

1-й варіант – це співпраця зі службами експрес-доставки, яка описаний вище;

2-й варіант (більш складний) – це поступове створення нового напрямку діяльності українських залізниць, а саме створення самостійної служби експрес-

доставки (конкуренція з існуючими службами доставки, із використанням при цьому не тільки парку багажних вагонів, а й власного автомобільного парку). Створення нової служби доставки дрібних відправлень тягне за собою відкриття відділень для приймання вантажу, також наявність власного автомобільного парку, адже поїзди можуть доставляти посилки лише до станції призначення [4].

В результаті моделювання виявлено найбільш привабливі варіанти доставок з урахуванням фактора мінімізації часових витрат при обслуговуванні потоків експрес-відправлень. Визначено економічну привабливість проекту співпраці служб експрес-доставки із залізницею [3, 5]. На підставі розрахованого найбільш привабливого рівня тарифів доставки експрес-відправлень отримано, що рентабельність заходів перевищує 20 %. При цьому строк окупності проекту не перевищує одного року.

Список використаних джерел

1. Офіційний веб-сайт Укрзалізниці [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://uz.gov.ua/?lnd=uk>.
2. Офіційний сайт компанії «Нова пошта» [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://www.novaposhta.ua>.
3. Збірник вантажних тарифів залізничного транспорту України. Тарифне керівництво № 2 [Текст]. – К., 2008. – 176 с.
4. Панченко, Н. Г. Елементи дослідження операцій в управлінні процесами перевезень [Текст] / Н. Г. Панченко, М. С. Резуненко. – Харків, 2015. – Ч. 2. – 315 с.
5. Балака, Є. І. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті [Текст] / Є. І. Балака, О. І. Зоріна, Н. М. Колесникова. – Харків, 2015. – 315 с.

УДК 625.1

Є. І. Балака

ЗАЛІЗНИЧНИЙ КОМПЛЕКС УКРАЇНИ НА РИНКУ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ

E. I. Balaka

UKRAINIAN RAILWAY COMPLEX ON THE MARKET OF TRANSPORT SERVICES

Для об'єктивної оцінки національної системи залізничного транспорту доцільно порівняти її інфраструктурні показники з аналогічними показниками США, Канади,

Франції, Німеччини, Великої Британії, Італії, Іспанії, Швеції, Японії, Польщі.

В таблиці надані показники розвитку залізничної мережі України та десяти економічно розвинених країн.

Показники розвитку залізничної мережі України та десяти економічно розвинених країн

Показники	Країни										
	США	Канада	Україна	Франція	Іспанія	Швеція	Японія	Германія	Польща	Італія	Велика Британія
Площа території, тис. кв. км	9372,6	9934,8	603,7	547	504,8	447,4	377,8	357	312,7	301,2	244,1
Протяжність мережі залізниць, тис. км	224,8	46,6	21,7	29,9	15,1	12,8	32,5	42	19,6	24,2	15,8
Щільність мережі залізниць, км / кв. км	0,024	0,005	0,036	0,055	0,03	0,029	0,062	0,118	0,063	0,08	0,065
Чисельність населення, млн осіб	321,3	34,8	45,4	64,2	46,4	9,3	126,8	81,2	38,5	60,8	64,8
Протяжність мережі залізниць в урахуванні на 1000 жителів, км/1000 осіб	0,7	1,34	0,48	0,47	0,33	1,38	0,19	0,52	0,77	0,4	0,24

Як видно з наведених даних, Україна займає третє місце з одинадцяти вибраних країн за площею території, восьме місце за чисельністю населення та сьоме місце за протяжністю мережі залізничної колії. Щільність залізничної колії в Україні складає 0,036 км на квадратний кілометр площі країни. Згідно з цим показником Україна займає сьоме місце з одинадцяти, випередив Іспанію, Швецію, США та Канаду. Важливим оціночним показником є протяжність мережі залізничної колії в розрахунку на одну тисячу мешканців України. На кожну тисячу населення країни доводиться 0,48 км залізничної колії, що виводить Україну на шосте місце серед вибраних країн, випереджуючи такі країни як Франція, Італія, Іспанія, Велика Британія та Японія.

Найбільшим конкурентом залізничного транспорту України є автомобільний транспорт, тому варто порівняти його інфраструктуру з аналогічними елементами вищенаведених країн. Протяжність автодоріг України складає 169,4 тис. км. За цим показником наша країна займає останнє місце серед означених країн, поступаючись в 2,33 рази Великій Британії, яка знаходиться на передостанньому місці, та в 2,5 рази сусідній Польщі. За показником щільності автодоріг Україна є десятою з одинадцяти вибраних країн, випереджуючи Канаду. Не варто забувати, що територія Канади в 10,5 разів більша за територію України. Щільність автодоріг Польщі в п'ять разів вища, ніж в Україні. На тисячу мешканців України припадає 3,73 км автодоріг, що в

1,6 рази менше, ніж у Великобританії, яка займає передостаннє місце за цим показником серед одинадцяти вибраних країн. Найбільш слабо в Україні розвинена мережа автомагістралей, що складає лише 200 км. Протяжність автомагістралей, в розрахунку на 1000 жителів країни, всього 0,004 км, що в десять разів менше, ніж в Польщі. При цьому не враховувалась вкрай низька якість вітчизняних доріг. Наведені дані свідчать про високий ступінь розвитку залізничної мережі, що є важливим інфраструктурним елементом всієї залізничної системи України, випереджуючи ряд найбільш економічно розвинених країн світу.

Порівняльний аналіз стану та розвитку мережі залізниць та автомобільних доріг в Україні та розвинених країнах Заходу дозволяє зробити такі висновки: Україна має розгалужену мережу залізниць та за цим показником займає гідне місце серед економічно розвинених країн світу; мережа національних автомобільних доріг за своєю протяжністю та якісним станом багатократно поступається країнам Заходу, що суттєво стримує розвиток автомобільних пасажирських перевезень.

Список використаних джерел

1. Список стран по длине сети железных дорог [Електронний ресурс]. – Режим доступа [http:// ru.wikipedia.org/wiki](http://ru.wikipedia.org/wiki).
2. Україна в цифрах 2014. Державна служба статистики України [Текст]. – К., 2015. – С. 329.

**АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ «ВАНТАЖНИЙ ТРОЛЕЙБУС»
(закордонний досвід)**

**ANALYSIS OF THE APPLICATION OF THE «CARGO TROLLEYBUS» SYSTEM
(FOREIGN EXPERIENCE)**

В даний з'являються нові транспортні засоби, що працюють від електродвигунів. Черговим подібним ноу-хау вирізняється компанія Siemens, яка розробила систему eHighway, що припускає появу на дорогах вантажних автомобілів, які працюють за принципом трамваїв і тролейбусів.

Сучасні трамваї і тролейбуси поступово позбавляються «рогів». Як приклади цієї тенденції можна навести шведські системи OLEV та AutoTram. Зовсім парадоксальним при цьому виглядає зворотний процес, коли «рогами» обростають транспортні засоби, яким вони до цього були не потрібні. Це вантажні автомобілі – нове надбання компанії Siemens.

Система eHighway модернізує автомагістралі шляхом проектування над ними спеціальних контактних мереж, від яких будуть живитися вантажні автомобілі, що мають повністю електричні або гібридні двигуни.

Сенс цієї інновації полягає в тому, щоб, по-перше, зменшити собівартість вантажних перевезень на далекі відстані (ціна електрики в рази менше ціни вуглеводневого палива), а по-друге, і шум, що йде від швидкісних автострад.

Причому, система eHighway не залишає поза увагою і використання кінетичної енергії – генерацію електрики автомобілями при русі. Отриманий струм буде йти в акумулятори вантажівок і, при заповненні їх на сто відсотків, в електромережу.

Водії таких вантажівок зможуть підключати свій транспортний засіб до електромережі eHighway в ручному або автоматичному режимі, як це зараз роблять водії трамваїв. А при відключенні від мережі фури зможуть проїхати ще сотню-другу кілометрів на заряді акумулятора або вуглеводневого паливі (якщо вони гібридні).

Успішні випробування технології eHighway були проведені на дорогах Німеччини.

Тому нині виникає необхідність у забезпеченні потреби вантажних перевезень за допомогою залучення вантажного парку тролейбусів для зниження навантаження на транспортні магістралі в місті і досягнення прийнятних показників екології.

Основні завдання розвитку транспорту зводяться до створення системи мереж транспортних зв'язків, що відповідає оптимальній організації перевезень населення і вантажів. Аналіз існуючої ситуації у великих містах вказує на необхідність впровадження нових конструктивних рішень, спрямованих на поліпшення роботи транспорту в галузі перевезень пасажирів і вантажів та транспортної системи в цілому.

Список використаних джерел

1. Закон України "Про залізничний транспорт України" (нова редакція).

[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mtu.gov.ua/news/200.html?PrintVersion>

2. Перевозки грузовыми троллейбусами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://pikabu.ru/story/gruzovoy_trolleybus_ili_transport_budushchego_dlinnopost_620263.

3. История создания троллейбусов для пассажирских и грузовых перевозок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.aif.ru/dontknows/about/trolleybusy_10_interesnyh_faktov.

УДК 658.7:656.2

В. В. Мещераков, Є. С. Альошинський

РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ЛОГІСТИЧНОГО ЛАНЦЮГА В МЕЖАХ РЕГІОНАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

V. V. Meshcheryakov, E. S. Aloshynskyi

THE DEVELOPMENT OF ACTIVITIES TO IMPROVE PERFORMANCE OF THE LOGISTICS CHAIN WITHIN THE REGIONAL TRANSPORT SYSTEM

Згідно з проектом закону «Про залізничний транспорт України», одними з основних цілей в процесі розвитку залізниць є: ефективне використання об'єктів інфраструктури, які безпосередньо застосовуються для забезпечення процесу перевезення, рівноправного доступу до послуг інфраструктури всім користувачам, які зацікавлені в отриманні таких послуг, формування конкурентоспроможного ринку залізничних послуг [1].

У зв'язку з цим актуальною проблемою стає формування логістичної системи з високими параметрами надійності, функціональності, доступності, використання світового досвіду в напрямках реформування перевізного процесу на транспорті і пошук коштів для підвищення конкурентоспроможності.

Як один з підходів до управління та формування транспортно-логістичної складової регіону в сучасній літературі висувається кластерний підхід, згідно з яким конкурентоспроможність регіону залежить від наявності на його території

кластера взаємозалежних галузей. Як правило, кластерний підхід протиставляється галузевому і являє собою альтернативний погляд на поняття конкуренції [2]. Однією з особливостей такого підходу є виділення пов'язаних суб'єктів діяльності на певній території і, як наслідок, виділення логістичного ланцюга між ними.

Одним з найбільш популярних методів підвищення показників роботи є пошук і поліпшення ланок в логістичному ланцюзі, які мають найнижчі показники роботи (при цьому процес без них неможливий). У зв'язку з цим об'єкт дослідження – процес функціонування логістичного ланцюга при виконанні перевізного процесу. Предмет дослідження – раціоналізація роботи ланок ланцюга з найнижчими показниками роботи. Мета дослідження – розробка заходів для підвищення показників роботи логістичного ланцюга при виконанні процесу перевезення.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

1. Визначити вплив ризиків на зменшення прибутку.

2. Знайти спосіб визначення надійності перевізника.

Ризики, пов'язані з ланками логістичного процесу перевезення, можуть класифікуватися таким чином:

1. Ризик, пов'язаний з несправністю вагона або пошкодженням вантажу безпосередньо на шляху прямування.

2. Ризик, пов'язаний з технологією розформування / формування поїздів.

3. Ризик, пов'язаний з виявленням порушень термінів доставки, переадресацією, переважуванням, перевантаженням і іншими операціями, пов'язаними з комерційною складовою.

4. Ризик, пов'язаний з технологією видачі та зберігання вантажу [3-5].

Як відомо, ризики ведуть до матеріальних витрат, які відображаються на відносинах між власником вантажу і транспортною галуззю. Рівень впливу ризиків клієнтів істотно впливає як на прибуток сторін, так і на надійність перевізника. У загальному вигляді через ситуації ризику прибуток вантажовідправника становитиме різницю між передбачуваною ціною за одиницю продукції, що перевозиться, і зменшенням ціни товару при настанні несприятливої події.

Для мінімізації впливу ризиків вводиться критерій надійності, що характеризує ймовірність настання ризикової події з використанням особливостей доставки.

Визначено вплив ризиків на зменшення прибутку, який залежить від якості перевезення (псування вантажу, зменшення обсягу та ін.) і зростання

додаткових транспортних витрат. Знайдено спосіб визначення надійності перевізника. Даний спосіб полягає в розрахунку критерію надійності, що характеризує ймовірність доставки вантажу з максимальною якістю, мінімальними втратами і точно в строк на розрахункову відстань в залежності від умов перевезення. Критерій складається з можливостей перевізника, умов перевезення, репутації перевізника на ринку, ціни, яку він призначає.

Список використаних джерел

1. Закон України "Про залізничний транспорт України" (нова редакція) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mtu.gov.ua/news/200.html?PrintVersion>

2. Мещеряков, В. В. Повышение конкурентоспособности железнодорожного транспорта за счет создания транспортно-логистических кластеров [Текст] / В. В. Мещеряков, Е. С. Алёшинский, Е. И. Рябовол, И. А. Лапушкин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 5 (65).

3. Анализ логистических рисков на примере предприятия ООО Лиаск-Т [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sci-article.ru/stat.php?i=analiz_logisticheskikh_riskov_na_primere_predpriyatiya_ooo_liask-t.

4. Управление логистическими рисками в цепях поставок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://diplomba.ru/work/16389>.

5. Бочарников, В. П. Прогнозные коммерческие расчеты и анализ рисков [Текст] / В. П. Бочарников – К., 2000. – 159 с.

УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ З НЕВЕЛИКИМ ОБСЯГОМ РОБОТИ ШЛЯХОМ СТВОРЕННЯ ОПОРНИХ СТАНЦІЙ

IMPROVEMENT OF RAILWAY STATIONS WITH A SMALL AMOUNT OF WORK BY CREATING REFERENCE STATIONS

На мережі залізниць України поряд з великими та середніми є багато малодіяльних станцій. Виконання вантажної роботи на цих станціях не дає можливості ефективно використовувати технічні засоби залізничного транспорту, площі складів і вантажні механізми та інші технічні засоби. Великих витрат потребує розвезення збірними поїздами та прибирання вагонів на малодіяльні станції під навантаження або розвантаження.

Концентрація вантажної роботи на меншій кількості станцій з вантажними операціями – задача зовсім не нова і досить добре висвітлена. Особливого значення ця проблема набуває в умовах стрімкого скорочення вантажообігу та постійного тиску конкуренції з боку автомобільного транспорту, який через об'єктивні причини – швидкість прийняття управлінських та логістичних рішень – є більш «поворотким» та мобільним [1]. Тому економічно вигідно концентрувати вантажну роботу на меншій кількості станцій. Це дасть змогу оснастити їх необхідними пристроями і засобами комплексної механізації вантажно-розвантажувальних робіт, які при цьому будуть значно ефективніше використовуватись. Такі станції вважаються опорними.

Опорні станції – це станції нового типу, до них належать технічні та вантажні станції, об'єднані з групою лінійних станцій технологічно пов'язаних одна з одною [2]. Опорні станції вирішують такі завдання:

- створення більш ефективного механізму управління перевезеннями;

- прийняття на себе відповідальності за роботу лінійних малодіяльних станцій, функцій щодо забезпечення зв'язку з клієнтурою з питань перевезень, розрахунків тощо;

- раціональне використання кадрів, контроль за технологічною та економічною безпекою та ін.

Залежно від місцевих умов та економічної доцільності можуть бути використані такі форми концентрації вантажної роботи:

- часткове закриття станції з невеликим обсягом роботи (на визначений період року);

- концентрація з окремими видами вантажу (зернові, наливні, ліс, мінеральні добрива тощо);

- концентрація перевезення невеликих партій вантажів, ліквідація малодіяльних під'їзних колій з передачею їх на місця загального користування або створення об'єднаних транспортних господарств для групи підприємств.

Концентрація вантажної роботи в сучасних умовах має такі етапи [3]:

– вибір варіанта концентрації вантажної роботи;

– сегментування транспортного ринку;

– організація роботи після проведення концентрації;

– організація місцевої роботи на залізничній дільниці (полігоні).

Створення опорних станцій нового типу дасть змогу сформувати нову структуру організації та управління перевізним процесом. Це надасть можливість знизити собівартість перевезень, підвищити рівень комплексної механізації вантажно-розвантажувальних робіт і ефективність використання підйомно-транспортної техніки, скоротити простій рухомого складу, прискорити доставку вантажів, підвищити пропускну спроможність залізниць, покращити обслуговування відправників і одержувачів вантажів.

Список використаних джерел

1. Ломотько Д. В., Ковальов А. О., Ковальова О. В. Formation of fuzzy support

system for decision-making on merchantability of rolling stock in its allocation // EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies. – 2015. – Т. 6. – № 3 (78). – С. 11-17. — Access Mode: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2015.54496>.

2. Перспективы концентрации грузовой работы [Текст] / Х. М. Лазарев, Е. Г. Угодин, П. Н. Матюшкин, Т. Н. Винокурова // Железнодорожный транспорт. – 1987. – № 10. – С. 27-32.

3. Иваницкий, Н. М. Концентрация грузовой работы в современных условиях [Текст] / Н. М. Иваницкий, А. Ф. Котляренко // Железнодорожный транспорт. – 1995. – № 11. – С. 2-6.

УДК 656.224

Г. О. Примаченко, Є. І. Григорова

**ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ДИВЕРСИФІКАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ У ТУРИСТИЧНУ ГАЛУЗЬ**

Г. О. Prymachenko, Y. I. Hryhorova

**SUGGESTIONS FOR DIVERSIFICATION ACTIVITIES OF UKRAINIAN RAILWAYS
INTO THE TOURISM INDUSTRY**

Україна володіє багатими природно-кліматичними, культурно-історичними та національно-етнографічними ресурсами, які створюють передумови для підвищення потенціалу туристичних послуг. Більшість регіонів України мають ресурси, які належать до всіх трьох груп, що дає можливість виходу залізничного транспорту на транспортний ринок з привабливими пропозиціями для туристів. Наявність в Україні розвинутої залізничної мережі, вигідного географічного розташування, найбільшого у Європі потенціалу транзитності дає можливість у майбутньому сприяти сталому розвитку залізничного туризму в нашій країні

завдяки використанню логістичних підходів у вирішенні питань економії часу та коштів не тільки для пасажирів, але й для залізниці [1]. У боротьбі за пасажирів, а отже, і за доходи з кожним роком загострюється конкуренція між видами транспорту. Основними перевагами залізничного транспорту є його масовість та стабільність перевезень, високий рівень безпеки та надійність руху, мінімальна шкода навколишньому середовищу та використання різних видів енергії, можливість надання широкого діапазону комфорту і сервісу.

Сучасний пасажир став вибагливішим – підвищились вимоги до якості перевезень

та їх комфортності, взаємоузгодження різноманітних маршрутів та транспортних напрямків, якості та асортименту супутніх послуг, способу оплати проїзду, безпересадочного та швидкого проїзду до місця призначення тощо. Тому розвиток та впровадження логістики пасажирських залізничних перевезень на сьогодні є одним із найбільш актуальних питань раціоналізації технології пасажирських залізничних перевезень в Україні.

Метою є формування основ управління, що засновані на логістичних принципах у пасажирському секторі залізниць, спрямовані на оптимізацію витрат на транспортні послуги при підвищенні їх якості та конкурентоспроможності. Реалізація цієї мети потребує постановки та вирішення таких основних задач [2]: перехід від інформаційних до інформаційно-аналітичних систем управління перевізним процесом; розроблення пропозицій щодо створення швидкісних пасажирських коридорів; введення додаткових маршрутів або додаткових вагонів на напрямках, де спостерігається стійкий попит на перевезення; створення єдиного провізного документа на всі види пасажирського транспорту; розроблення варіантів логістичних ланцюгів переміщення пасажирів залізничним транспортом; техніко-економічна оцінка варіантів пересування пасажирів на кожній ділянці логістичної системи; оцінка якості транспортного обслуговування за варіантами перевезення; утворення віртуальних інформаційно-логістичних центрів; доопрацювання існуючих інформаційних систем для забезпечення можливості відстеження термінів реалізації проїзних документів та отримання оперативної інформації щодо рентабельності кожного поїзда; пошук нових ринкових ніш із виготовлення супутніх товарів або надання профільних послуг із метою залучення працівників і виробничих потужностей залізниць,

вивільнених у процесі реформування галузі.

В Україні залізничний туризм активно почав розвиватися за часів існування Радянського Союзу. В історії його розвитку можна умовно виділити чотири етапи. Перший етап – з 1960-х років були введені дальні поїздки для організованих груп пасажирів, організовано п'ять комерційних поїздів, які обслуговували 2 тис. пасажирів. Другий етап – з початку 1980-х років були введені рейсові поїзди, які прямували за регулярним розкладом, а також поїзди, призначені виключно для організованих груп пасажирів. Третій етап – із середини 1980-х років функціонувало 1600 спеціальних рейсів тривалістю від 1 до 32 днів, вводились тематичні дальні внутрішньодержавні маршрути, а також зарубіжні (послугами таких поїздів користувалися близько 650 тис. осіб щорічно). Четвертий етап пов'язаний із розпадом Радянського Союзу, коли розвиток залізничного туризму було призупинено, однак залишився багатий досвід, який, у міру можливостей, використовується для відродження цього різновиду діяльності в незалежній Україні [1].

У боротьбі за пасажира, а отже, за доходи з кожним роком загострюється конкуренція між видами транспорту. Основними перевагами залізничного транспорту є його масовість та стабільність перевезень, високий рівень безпеки та надійність руху, мінімальна шкода навколишньому середовищу та використання різних видів енергії, можливість надання широкого діапазону комфорту і сервісу. Конкуренцію залізничному транспорту на середніх відстанях складає автомобільний транспорт, оскільки більшість залізничних ліній мають паралельні автомобільні дороги. Останнім часом посилює свої позиції і повітряний транспорт, який складає конкуренцію на далекі відстані.

Сталий розвиток залізничного туризму може стати конкурентоспроможним проектом у сфері пасажирських перевезень ПАТ «Укрзалізниця». Застосування наведених пропозицій дасть змогу удосконалити процес організації пасажирських залізничних перевезень відповідно до існуючого попиту на транспортні послуги та підвищити фінансовий стан транспортної галузі шляхом диверсифікації своєї діяльності в суміжні галузі. За допомогою імітаційного моделювання виведено прогнозну оцінку щодо очікуваного скорочення часу затримання пасажирських поїздів майже на 56 % [3]. Дослідження довели, що диверсифікацію залізничного транспорту України доцільно здійснювати в горизонтальному вигляді при взаємодії з іншими видами транспорту та туристичними компаніями. Статистичні дані вказують на те, що залізничний транспорт може сприяти розвитку туризму не лише за рахунок диверсифікації своєї діяльності, але й за рахунок співпраці. З урахуванням запропонованих пропозицій виконано розроблення раціональної технології роботи станції [3].

Проведено техніко-економічне обґрунтування заходів щодо обслуговування туристичних поїздопотоків на станції Харків-Пасажирський Регіональної філії «Південна залізниця» на 2017-2021 роки. Використовуючи прогнозування, визначено економічну привабливість здійснення таких удосконалень [2].

Завдяки аналізу сучасного стану проблеми обґрунтовано, що впровадження туристичних послуг на залізничному транспорті надасть можливість за рахунок отриманих доходів інвестувати кошти у новий рухомий склад, підвищення якості послуг та відмовитися від перехресного субсидювання пасажирських перевезень за рахунок вантажних. Запропоновані пропозиції дозволять підвищити не лише ефективність технології організації руху туристичних поїздів та вагонів, але й дасть можливість диверсифікувати діяльність залізниць України у суміжну галузь господарювання – туризм.

Список використаних джерел

1. Альошинський, Є. С. Напрямок диверсифікації діяльності залізниць у сферу туристичних послуг [Текст] / Є. С. Альошинський, Г. О. Примаченко // Журнал «Українська залізниця». – Харків, 2017. – № 1-2 (43-44). – С. 24 – 27.
2. Гаджинский, А. М. Логистика [Текст]: учебник / А. М. Гаджинский. – 21-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К^о», 2013. – 419 с.
3. Aleshinskiy, E. S. Using the Petri nets for forming the technological lines of the passenger trains processing in Ukraine [Text] / E. S. Aleshinskiy, V. S. Naumov, G. O. Prymachenko // Archives of Transport. – Warsaw, Poland, 2016. – Vol. 38, Issue 2. – P. 7-15.

ПОШУК ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ДОХОДНОСТІ ПРИМІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ

FINDING OF WAYS IMPROVEMENT THE RATE OF RETURN COMMUTER PASSENGER RAILWAY TRANSPORTATION IN UKRAINE

Продукцією залізничного транспорту є послуги з перевезення вантажів та пасажирів. Доходи від такого виду діяльності відіграють провідну роль у фінансово-господарській діяльності залізничного транспорту, оскільки становлять основу фінансового забезпечення функціонування та розвитку галузі. Водночас процес формування та розподілу доходів не є прозорим. Загалом проблемним питанням у формуванні доходів конкретних залізниць та їх структурних підрозділів є методи перерозподілу результатів продукції, створеної декількома підприємствами, тобто обґрунтування меж, в яких така продукція створена.

На сьогодні пасажирські перевезення є збитковими, здебільшого причиною збитковості даного виду перевезень на залізницях є неефективні тарифи, що суперечать соціальній значимості залізничного транспорту. Існує також інша низка проблем, а саме: значна вартість оновлення рухомого складу та магістралей, що мають відповідати сучасним потребам споживачів, також недосконала організація праці та неефективне використання фінансових ресурсів, і насамперед, майже повна відсутність ефективних інноваційних заходів щодо наближення галузі до рівня світових стандартів.

Перевезення пасажирів приміським залізничним комплексом (ПЗК) є транспортною послугою з переміщення пасажирів у встановлених межах

приміського сполучення з використанням приміських та місцевих електро- та дизельпоїздів, поїздів, сформованих із вагонів різних класів з локомотивною тягою, без нумерації місць у вагонах за приміськими тарифами [1] між приміськими залізничними станціями.

Аналіз наукової, методичної, навчальної літератури та статистичних даних дає змогу стверджувати, що є декілька поглядів щодо одиниць вимірювання транспортної роботи залізниць з перевезень приміських пасажирів. Так, із статистичної звітності щодо перевезень приміських залізничних пасажирів ПАТ «Укрзалізниця» та підпорядкованими їй залізницями можна побачити, що розрахунок середніх фінансових показників ведеться на 10 пас. км. Але аналізуючи існуючі системи оплати за проїзд у приміському залізничному пасажирському сполученні, зазначимо, що існують такі основні види тарифів: покілометровий (коли за одиницю транспортної продукції з перевезень приміських пасажирів прийнято 1 пас. км), зонний та загальний (ґрунтуються на принципі побудови тарифу – коли оплата проїзду до кожної зупинки тарифної зони (або площадки) є однаковою в межах зони, вимірником одиниці транспортної роботи можна вважати відповідно відстань однієї зони та довжину однієї тарифної площадки).

Аналіз наукових доробків вчених різних часів [2, с. 27; 3, с. 146] дає підстави

ствержувати, що деякі з них (праці Дмитрієва В. А., Кедрова В. С., Абрамова А. П.) у своїх дослідженнях базувалися на вимірнику транспортної роботи з перевезення пасажирів – 1 пас. км, також можна зустріти використання вимірника 10 пас. км. У свою чергу аналіз розташування приміських зупинок та приміських зон дає можливість стверджувати, що в межах однієї зони найчастіше розташовано декілька зупинок і встановлення однакової вартості проїзду до кожної з них не є справедливим. Ведення розрахунків собівартості на 10 пас. км також не дають справедливої оцінки вартості перевезень, оскільки на цій відстані також іноді розташовано декілька зупинок.

Таким чином, нові методи визначення поточних витрат мають будуватися на принципах визначення витрат не тільки за напрямками, а й за місцем їх виникнення у повному обсязі та уніфікації (універсалізації) номенклатури витрат з метою її придатності для визначення виробничої та повної собівартості будь-якої роботи, враховуючи як прямі, так і непрямі витрати [4, с. 117]. Це зробить більш прозорими та зрозумілими методи визначення витрат і, як наслідок, тарифоутворення на приміські пасажирські залізничні перевезення.

Розрахунки собівартості перевезень пасажирів у приміських електропоїздах служать базою для встановлення тарифів у приміському сполученні та визначення вартості проїзду конкретним маршрутом. Вартість проїзду у приміському електропоїзді ($C_{прj}$, грн) визначається за формулою:

$$C_{прj} = \sum_{i=1}^m T_{ij} \cdot l_{ij} \cdot k, \quad (1)$$

де l_{ij} – довжина ділянки, км;

T_{ij} – тариф на перевезення залізницею одного пасажирів на 1 км у приміському сполученні, грн/пас. км:

$$T_{ij} = C_{ij} \cdot (1 + R)/100, \quad (2)$$

де k – коефіцієнт, який враховує пільговий проїзд;

R – встановлений рівень рентабельності, %.

Наведений підхід визначення собівартості можна застосовувати як для калькулювання планових (нормативних), так і фактичних величин витрат на перевезення у приміському пасажирському залізничному сполученні. Крім того, такий уніфікований підхід може бути застосовано для визначення собівартості у дальньому та місцевому сполученнях пасажирських поїздів. Таким чином, у дослідженні було встановлено, що єдиним фактором, на який можна вплинути при удосконаленні здійснення пасажирських приміських перевезень, є тариф, що враховує собівартість послуги. Так, за рахунок зменшення тривалості технологічних операцій з рухомим складом і тривалості зупинок для посадки-висадки пасажирів можна зменшити собівартість послуги [5]. При цьому є можливість підвищити рентабельність приміських перевезень та залучити більшу кількість потенційних пасажирів за рахунок зменшення вартості проїзду.

Список використаних джерел

1. Балака, Є. І. Визначення собівартості та тарифів на приміські залізничні пасажирські перевезення [Текст] / Є. І. Балака, О. В. Семенцова, О. Л. Васильєв // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізнич. трансп. імені академіка В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2007. – Вип. 16. – С. 115–121.
2. Кедров, В. С. Железнодорожные пассажирские тарифы [Текст] / В. С. Кедров // Транспортные тарифы: сб. статей; под ред. И. В. Ивлиева, В. П. Потапова. – М.: Трансжелдориздат, 1960. – С. 145–162.

3. Абрамов, А. П. О методике определения себестоимости перевозок грузов для тарифных целей на железных дорогах [Текст] / А. П. Абрамов; под ред. И. В. Ивлиева, В. П. Потапова // Транспортные тарифы: Сб. статей. – М.: Трансжелдориздат, 1960. – С. 163–205.

4. Балака, Є. І. Вдосконалення управлінського обліку як першочерговий крок комерціалізації на залізничному транспорті [Текст] / Є. І. Балака // Проблеми та

перспективи розвитку транспортних систем: технологія, економіка і управління: тези доповідей II-ї наук.-практ. конф. – К.: КУЕТТ, 2004. – С. 117–118.

5. Aleshinskiy, E. S. Using the Petri nets for forming the technological lines of the passenger trains processing in Ukraine [Text] / E. S. Aleshinskiy, V. S. Naumov, G. O. Prymachenko // Archives of Transport. – Warsaw, Poland, 2016. – Vol. 38, Issue 2. – P. 7-15.

УДК 622.6:656.025.6 (477)

Ю. В. Шульдінер, І. М. Іващенко, В. Р. Денісенко

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЗАЄМОДІЇ ПІДПРИЄМСТВ ГІРНИЧОДОБУВНОГО КОМПЛЕКСУ З «УКРЗАЛІЗНИЦЕЮ»

Y. Shuldiner, I. Ivashchenko, V. Denisenko

IMPROVING EFFICIENCY INTERACTION BETWEEN ENTERPRISES OF MINING COMPLEX WITH "UKRZALIZNYTSIA"

Серед усіх клієнтів ПАТ «Укрзалізниця» гірничодобувні комплекси посідають особливе місце. Під'їзні колії цих комплексів є важливим елементом у логістичному ланцюзі переміщення матеріальних потоків. Вони забезпечують безпосередню взаємодію передачі вантажів від залізниць до вантажовласників.

На даний момент транспортна система України включає більше 7 тисяч під'їзних колій загальною протяжністю більше 27 тис. км. Існуюча система організації експлуатаційної роботи багатьох під'їзних колій і їх взаємодія із залізницями демонструє свою неефективність.

Для вирішення ряду проблем за основу взято аналіз роботи підприємств гірничо-металургійного комплексу Кременчуцької магнітної аномалії в Полтавській області при взаємодії з «Укрзалізницею».

Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат (ПГЗК) — підприємство в м. Горішні Плавні, відкрите акціонерне товариство, найбільший український експортер залізородних котунів до Європи – переробляє залізні руди Горишньо-Плавнинського та Лавриківського родовищ. Об'єкти ПГЗК розміщені на відстані 11 км у південно-східному напрямку від магістральної лінії Полтава-Кременчук. Вхідна залізнична станція ПГЗК – станція Фабрична – має вихід на станцію Золотнишино Південної залізниці. До складу Кременчуцької магнітної аномалії входять також Єристовське, Біланівське і Галещинське родовища залізної руди. Безпосередньо в районі, що розглядається, проходять: залізнична лінія Полтава – Кременчук та залізнична лінія Потоки – Південний Парк – Шлюзи – Золотнишино.

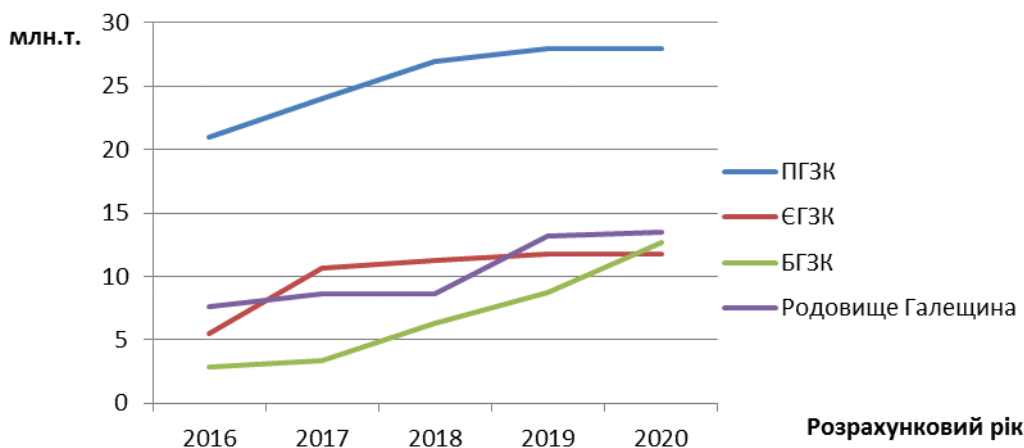


Рис. Прогнозування вантажообігу підприємств гірничо-металургійного комплексу Кременчуцької магнітної аномалії в Полтавській області

Аналіз роботи даних підприємств показав необхідність удосконалення їх взаємодії із залізницею та підвищення ефективності функціонування в цілому за рахунок таких впроваджень:

1. Збільшення пропускної спроможності за рахунок скорочення кількості поїздів. Максимальні розміри руху на дільниці Золотнишино – Потоки при перевезеннях вантажів ПГЗК, ЄГЗК тощо за прогнозними оцінками на 2018 – 2021 рр. складатимуть від 60 до 70 пар поїздів. При цьому розміри руху перевищуватимуть максимальну пропускну спроможність дільниці. Середній період обороту маршруту 52-56 вагонів складає 5,8 доби. Збільшення пропускної спроможності дільниці може бути досягнуто скороченням кількості поїздів за рахунок збільшення їх вагової норми. Потреба у вагонах може покриватися за рахунок придатних для навантаження цих вантажів мережеских вагонів (вирішується з ПАТ «Південна залізниця» чи операторами-розпорядниками вагонів), або за рахунок купівлі хоча б половини необхідного парку вагонів підприємствами.

2. Перевезення вантажів підприємств у вагонах власного парку.

Понад 85 % продукції експортується в Австрію, Румунію, Польщу, Болгарію,

Чехію, Словаччину, Італію, Угорщину. В частині забезпечення перевезення на Північ на адресу Одеських портів пропонується перевезення котунів ПГЗК у вагонах власного парку. Можлива взаємодія під'їзних колій підприємств з іншими видами транспорту. Автомобільні дороги комбінатів мають вихід на загальну мережу автомобільних шляхів, а також у південній частині промислових площадок, на березі р. Дніпро розміщений порт, через який у навігаційний період відправляється частина продукції. Ці фактори є немаловажними у взаємодії роботи мережі (Підприємства – Під'їзні колії – Автомагістралі – Водні шляхи сполучення).

3. Організація роботи кожного підприємства за прямим договором з ПАТ «Південна залізниця» із створенням власних залізничних цехів, що обумовлено повним використанням технічних засобів залізничного комплексу, при обслуговуванні великих підприємств з оптимальним рівнем завантаження колій, споруд і транспортних засобів.

Запропоновані заходи дозволять підвищити ефективність функціонування логістичного ланцюга «промислові комплекси України – транспорт – одержувач вантажу», що є економічно вигідним.

Список використаних джерел

1. Lomotko, D. V. Methodological Aspect of the Logistics Technologies Formation in Reforming Processes on the Railways [Електронний ресурс] / D. V. Lomotko, E. S. Alyoshinsky, G. G. Zambrybor // Transportation Research Procedia. – 2016. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.482>.

2. Сушарин, Є. В. Формування логістичної моделі обслуговування масових вантажів залізничним транспортом незагального користування [Текст] / Є. В. Сушарин, Т. В. Бутько, Д. В. Ломотко //

Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2010. – № 1, 2.

3. Ширін, Л. Н. Транспортні комплекси кар'єрів [Текст]: навч. посібник / Л.Н. Ширін, О.С. Пригунов, О.В. Денищенко; Держ. ВНЗ "Нац. гірн. ун-т". - Дніпропетровськ: НГУ, 2015. – 240 с.

4. Маслак, А. В. Особенности функционирования промышленного железнодорожного транспорта в условиях роста динамики производственного процесса [Текст] / А. В. Маслак // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Маріуполь, 2013. – № 9(198). – Ч.1. – С. 1-5.

УДК 656.073.7

О. М. Харламова

МІСЬКИЙ КОНТЕКСТ ІНТЕРМОДАЛЬНИХ АВТОМОБІЛЬНО-ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

О. М. Kharlamova

THE URBAN CONTEXT OF INTERMODAL ROAD AND RAIL TRANSPORTATION

Постійно зростаючі вимоги щодо вантажного транспорту в основному стосуються автомобільних вантажних перевезень. Це відбувається через те, що саме вантажний автотранспорт викликає суттєві негативні наслідки для суспільства, економіки та навколишнього середовища. Вплив, який частіше за все згадується в літературі, – це забруднення повітря, зміна клімату, шум, втручання в природу, ландшафт, брак місця в міських районах, нещасні випадки і додаткові ефекти від процесів збільшення/зменшення активності. Отже, одним з ключових завдань політики сталого розвитку вантажного сектора є зменшення дисбалансу у розвитку різних видів транспорту і передача вантажів на менш екологічно шкідливі їх види – такі, як

залізничний транспорт. Є й песимістичні дослідження, щодо потенційного внеску вантажних залізничних перевезень, скорочення використання енергії та покращення стану навколишнього середовища [1]. Через те, що доступність залізничної мережі є відносно низькою, доставки до і від залізничних терміналів виконуються дизельними вантажівками. Хоча загалом негативні зовнішні ефекти зменшуються, хаотичне використання інтермодального автомобільно-залізничного транспорту (ІАЗТ) може підсилити негативний вплив, особливо в міських районах, де негативні наслідки викидів, затори і землерозподіл є найбільш серйозними.

З огляду на важливість міських факторів щодо зниження впливу на

навколишнє середовище, а також підвищення ефективності та збільшення доступності ІАЗТ, розуміння його міського аспекту важливо для розвитку як більш ефективних інтермодальних транспортних систем, так і сталого розвитку міст. Розглядається взаємозв'язок між міським транспортом і ІАЗТ з метою виявлення можливих дій на місцевому рівні, щоб поліпшити і конкурентоспроможність, і екологічні переваги залізничних вантажних перевезень.

Міські райони являють собою такі системи, що складаються з численних суб'єктів з великою кількістю

взаємозв'язків і різними інтересами. Отже, міста повинні рівною мірою відповідати як соціальним, екологічним, політичним і культурним цілям, так і економічним та архітектурним. Досягнення таких різних цілей є особливо складним завданням для міського вантажного транспорту. Основні зацікавлені сторони міського вантажного транспорту є вантажовідправники і приймачі, вантажоперевізники, резиденти і адміністрація.

Для планування сталого розвитку міських вантажних перевезень була побудована структура, що наведена на рисунку.

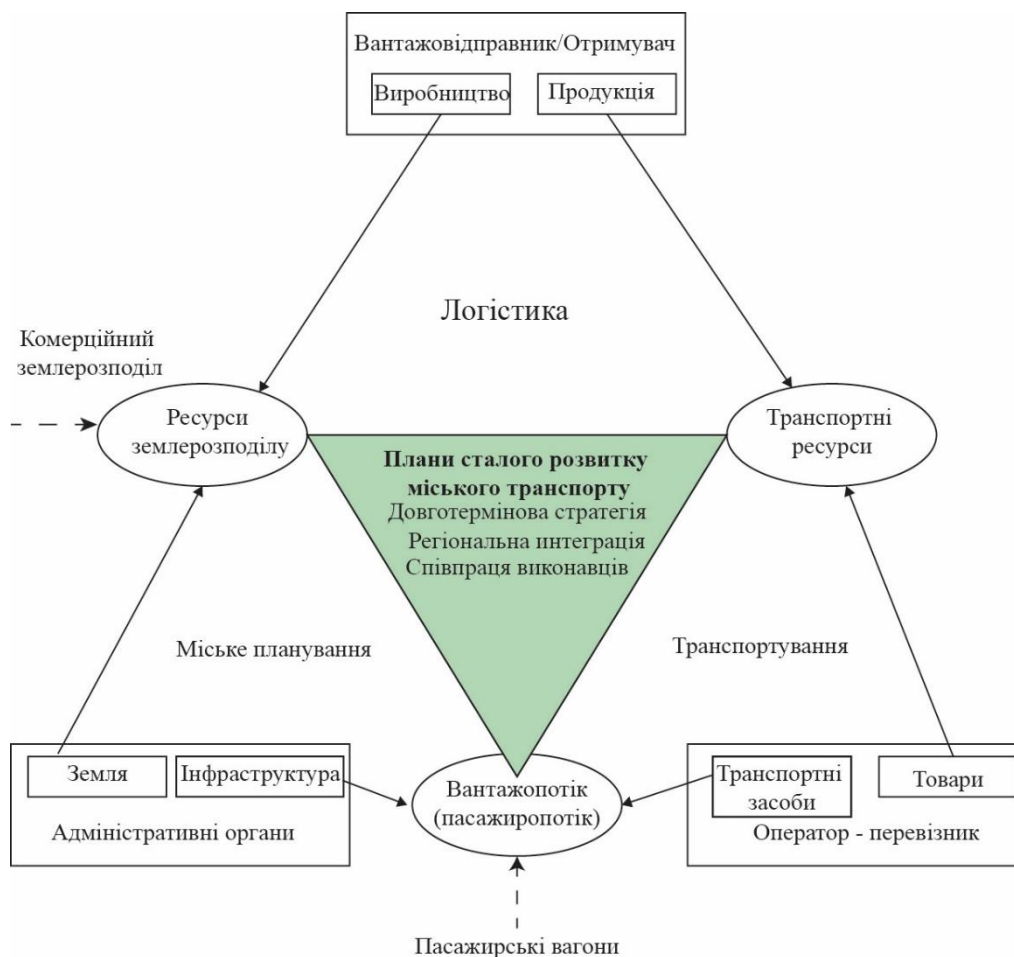


Рис. 1. Структура для сталого міського вантажного транспорту

Структура включає в себе три підсистеми: логістику, транспорт і міське планування. Логістика має справу з рухом

товарів на ланках ланцюга поставок між підприємствами, де виконується господарська діяльність. Попит транспорту

для кожної лінії зв'язку може бути описаний в умовах розміру відвантаження, завчасності, точності і гнучкості доставки.

Структура визначає, що логістика, транспорт і міське планування є взаємодоповнюючими системами з сильними взаємозалежностями. Поліпшення можливостей вантажного транспорту може також викликати зміни в логістичних операціях і, отже, сприятиме зростанню попиту на транспорт [2]. Таким чином, для досягнення стійкої міської системи вантажних перевезень, яка відповідає економічним, соціальним і екологічним цілям всіх зацікавлених сторін, необхідно інтегроване планування, що з'єднає всі зацікавлені сторони і ринки.

Інтермодальний транспорт являє собою комбінацію з двох або більше видів транспорту в одному транспортному ланцюзі. Основна ідея інтермодальних перевезень в тому, що сервіс і вартісні переваги кожного виду транспорту з'єднані один з одним з метою підвищення загальної ефективності транспортної системи. Таким чином, інтермодальний авто-залізничний транспорт збільшує охоплення залізниць і підвищує ефективність транспортної системи. Так як інтермодальні термінали, а також вантажовідправники і приймачі часто розташовані в міських районах, системи міського транспорту є істотним елементом змішаного авто-залізничного транспорту.

В подальшому в роботі було розглянуто спектр питань, щоб визначити можливі дії на місцевому рівні, які можуть підвищити конкурентоспроможність залізничних перевезень вантажів і знизити пов'язаний з цим вплив на систему міського транспорту. Для цього були визначені дії в трьох напрямках 1) міська співпраця вантажовідправників / приймачів, 2) міська співпраця транспортних операторів і 3) адаптоване для залізниць землекористування та планування транспортування [3].

В роботі було розроблено структуру для ув'язування міського планування з основними поняттями логістики і транспорту сталого міського вантажного транспорту. Було зазначено, що в поточній парадигмі використання ІАЗТ міський контекст становить загрозу для бажаного подальшого зростання залізничних вантажних перевезень, так як зростаючий попит на якість транспорту та обсягів перевезень стикається з проблемами ефективності і обмеженням пропускної спроможності. У той же час, вантажовідправники, розташовані в периферійних районах, не мають доступу до інтермодальних залізничних вантажних перевезень. З іншого боку, міський контекст також пропонує можливості, які можуть збільшити потенціал ринку залізничних вантажних перевезень, підвищити ефективність доставки «до вагона та з вагона» і скоротити міські наслідки інтермодальних перевезень.

Список використаних джерел

1. Губенко, В. К. Эффективность маршрутной сети промышленных районов в условиях городской логистики [Текст] / В. К. Губенко, А. А. Лямзин, М. В. Хара, Е. А. Романенко // TRANSPORT PROBLEMS `2013: V International Scientific Conference Katowice, Poland, 24-28 June 2013 y. – Katowice: The Silesian University of Technology, 2013. – N.1. – P. 305-312.
2. Николаенко, И. В. Оценка транспортной доступности объектов в городской логистике [Текст] / И. В. Николаенко, А. А. Лямзин // TRANSPORT PROBLEMS `2013: V International Scientific Conference Katowice, Poland, 24-28 June 2013 y. – Katowice: The Silesian University of Technology, 2013. – N.1. – P. 370-375.
3. S.önke Behrends. The Urban Context of Intermodal Road-Rail Transport – Threat or Opportunity for Modal Shift? / Procedia - Social and Behavioral Sciences. Volume 39, 2012. – P. 463-475.

**МЕТОДИ ЗБІЛЬШЕННЯ ОБСЯГІВ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ
В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ**

D. V. Arsenenko

**METHODS OF INCREASING THE VOLUME OF RAIL TRANSPORTATION IN THE
AGRICULTURAL SECTOR**

Після проведення стислого аналізу структури залізничних вантажних перевезень можна зробити висновок, що, згідно з даними Держстату, частка аграрного сектора складає приблизно 20-22 % від загального обсягу перевезень в галузі [1]. Зважаючи на існуючі проблеми та прогнози щодо майбутнього розвитку залізничного транспорту по напрямках його роботи, сектор перевезень аграрної продукції повинен мати пріоритетне значення.

Головним конкурентом на цьому напрямку перевезень є автомобільний транспорт, який має такі переваги, як мобільність, спрощений перевізний процес та швидкість доставки [4]. На даний момент офіційні дані свідчать, що за останні три роки у перевезеннях вантажів залізничним та автомобільним транспортом спостерігається позитивна динаміка зростання обсягів саме в аграрному секторі. Але залізниця має певне відставання в цій сфері у порівнянні із головним конкурентом.

Для подолання ситуації, що склалася, перед залізницею стоїть завдання нівелювати основні переваги конкурента шляхом проведення певних реформ в перевізному процесі, а саме:

- спрощення розроблення нових та внесення змін в існуючі документи, що регламентують роботу під'їзних колій;

- створення належних умов для складання повного комплексу перевізних

документів (в тому числі – в електронному вигляді);

- розроблення нового алгоритму роботи причетних працівників Державної продовольчо-зернової корпорації України та залізничників;

- внесення відповідних змін до ДСТУ 22235:2015 «Вагони вантажні магістральних залізниць колії 1520 мм. Загальні вимоги щодо забезпечення безпеки під час виробництва вантажно-розвантажувальних і маневрових робіт» [2] для створення нових можливих технологій навантаження зерновозів;

- розроблення нових методів навантаження зерновозів із використанням існуючого потенціалу потенційного відправника.

Коректне впровадження запропонованих принципів у процесі реформування галузі [3] в існуючі системи управління та розроблення нових методів управління на базі наведених принципів дозволить збільшити кількість потенційних перевізників за рахунок спрощеного організаційного перевізного процесу.

Список використаних джерел

1. Офіційний веб-сайт Укрзалізниці [Електронний ресурс]. – Режим доступу http://uz.gov.ua/cargo_transportation/legal_documents/.

2. ДСТУ ГОСТ 22235:2015 Вагони вантажні магістральних залізниць колії 1520 мм. Загальні вимоги щодо

забезпечення збереження при виробництві навантажувально-розвантажувальних і маневрових робіт [Текст]: затв. ДП «УкрНДНЦ» від 19.10.2015. – К., 2016.

3. Проект закону «Про залізничний транспорт України» № 3650 від 14.12.2015 р. [Електронний ресурс] // Оф. сайт Міністерства інфраструктури України.

– Режим доступу: <http://mtu.gov.ua/projects/13/>.

4. Yixiang Y., Shifeng W., Leishan Z., Lu Tong, Rapik Saat M., Optimizing train stopping patterns and schedules for highspeed passenger rail corridors — Transportation Research Part C: Emerging Technologies. - 63 February, 2016. – P. 126-146. - Access Mode: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trc.2015.12.007>.

УДК 656

В. А. Войтов, Н. Г. Бережна

ПІДХІД В МОДЕЛЮВАННІ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ

V. A. Voitov, N. G. Berezhnaya

APPROACH TO MODELING TRANSPORTATION AND LOGISTICS PROCESSES FOR THE TRANSPORT OF SUGAR BEET

Особливістю функціонування транспортно-логістичного комплексу в сільськогосподарській галузі є велика інтенсивність вантажопотоків, обмеженість в часі, велика кількість учасників транспортно-технологічного процесу і складність в узгодженості їх роботи.

Харківський регіон входить в першу четвірку областей за площею, що виділена під посіви цукрового буряку [1]. Великі обсяги коренеплодів, необхідність вивезення їх з полів в короткий термін і вивантаження на приймальний пункт (цукровий завод) призводять до простоїв транспортних засобів в чергах біля заводів по декілька днів. Довготривале очікування автомобілями моменту розвантаження призводить до зниження ефективності використання транспортних засобів, втрат у вазі зібраних коренеплодів, їх підв'ялення, зменшення рівня цукристості буряку й відповідно зменшення рентабельності всього виробничого процесу. В даному транспортно-логістичному комплексі

головним керуючим фактором є виробнича потужність цукрового заводу, з якою й необхідно узгодити роботу усіх учасників. Тому розроблення методів, що дозволять вирішити питання узгодженої роботи всіх учасників транспортно-логістичної системи виробництва цукрового буряку, є актуальним.

Питанням розрахунку необхідної кількості транспортних засобів, що беруть участь в роботі збирально-транспортного комплексу (ЗТК), в залежності від продуктивності роботи комбайну займалися автори [2]. Оптимізацію складу парку автомобілів, під час централізованого звезення цукрових буряків, на підставі імітаційного моделювання транспортного процесу, запропонували в своїй роботі автори [3]. Але в цих роботах порушувались питання визначення необхідного складу транспортних засобів, їх кількості відносно підвищення ефективності роботи ЗТК. Ми запропонували математичну модель

перевезень сільськогосподарських вантажів (цукрового буряку), що враховує ймовірнісний характер затримок в обслуговуванні кожної з ланок транспортно-логістичної системи та

динаміку перехідних процесів під час переміщення вантажу.

Структуру цієї логістичної системи наведено на рисунку.

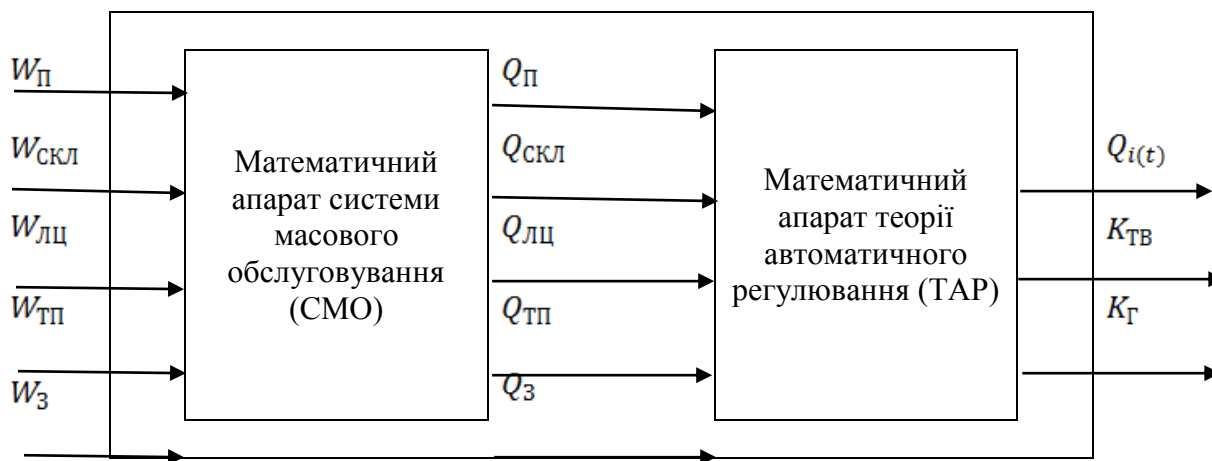


Рис. Структура логістичної системи:

$W_{п}$ – продуктивність сільськогосподарського підприємства, т/год; $W_{скл}$ – продуктивність складу, т/год; $W_{лц}$ – продуктивність логістичного центру у складі підприємства, т/год; $W_{тп}$ – продуктивність транспортного підприємства, т/год; $W_{з}$ – продуктивність заводу, т/год; $Q_{п}$ – обсяг вантажу, вироблений сільськогосподарським підприємством, т; $Q_{скл}$ – обсяг перевалки вантажу на складі, т; $Q_{лц}$ – обсяг переробки заявок на транспортне обслуговування в логістичному центрі, т; $Q_{тп}$ – обсяг перевезення вантажу транспортним підприємством, т; $Q_{з}$ – обсяг переробки вантажу цукровим заводом, т; $K_{тв}$ – коефіцієнт технічного використання; $K_{г}$ – коефіцієнт готовності

Запропонована модель дозволить в процесі моделювання транспортно-логістичних процесів вантажних перевезень цукрового буряку враховувати не лише ймовірнісні показники роботи системи, а й зміну їх в часі.

Список використаних джерел

1. <http://agravery.com/uk/posts/show/vr-ozajnist-cukrovogo-buraku-v-ukraini-u-sezoni-2016-stala-rekordnou>
2. Музылев, Д. А. Разработка методики выбора условий взаимодействия зерноуборочного и транспортного комплек-

сов [Текст] / Д. А. Музылев, А. Г. Кравцов, Н. В. Карнаух [и др.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2016. – Т. 2, № 3 (80). – С. 11-21.

3. Сидорчук, О. В. Характеристика проектного середовища в системі централізованого зв'язування цукрових буряків [Текст] / О. В. Сидорчук, В. М. Боярчук, Р. С. Кригуль // Восточно-Европейский журнал передовых технологий: интегрированное стратегическое управление, управление проектами и программами. – 2010. – Т. 1, № 2 (43). – С. 43–45.

**ПРОБЛЕМА ВЫБОРА ТРАНСПОРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С УЧЕТОМ
ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ЕЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ (ВОДИТЕЛЬ - ТРАНСПОРТНОЕ
СРЕДСТВО - МАРШРУТ)**

О. Goryayinov

**THE PROBLEM OF CHOOSING TRANSPORT TECHNOLOGIES BASED ON THE
INTERRELATIONS OF ITS COMPONENTS (DRIVER-VEHICLE-ROUTE)**

Распространение логистического подхода способствует развитию всех элементов систем доставки товаров. Влияет это и на развитие теории и практики транспортной науки. Возникают новые направления, которые позволяют в других ракурсах исследовать существующие и новые проблемы. Отметим такое новое научное направление – «транспортная диагностика» [1]. Не следует путать с «технической диагностикой».

Формирование концепции «транспортной диагностики» способствует выявлению противоречий в существующем «классическом» подходе на транспорте и, соответственно, поиску путей их разрешения.

Остановимся на таком вопросе, как выбор транспортной технологии. В специализированных источниках

информации можно встретить такие понятия, как «выбор транспортного средства» (например, [2, с.19]), «выбор маршрута». В то же время вопрос «выбора транспортной технологии» или вопрос «выбора водителя» - вопросы мало исследованные. Близким понятием к «транспортной технологии» является «выбор технологии перевозки». Однако завуалированной остается структура «технологии перевозки», что затрудняет определение характеристик и состояний таких технологий.

Исходим из того, что структурно-транспортная технология состоит из таких составляющих: транспортное средство, водитель, маршрут (см. рисунок).

Не вдаваясь в подробности, рассмотрим отдельные взаимосвязи выбора составляющих транспортной технологии (табл. 1).

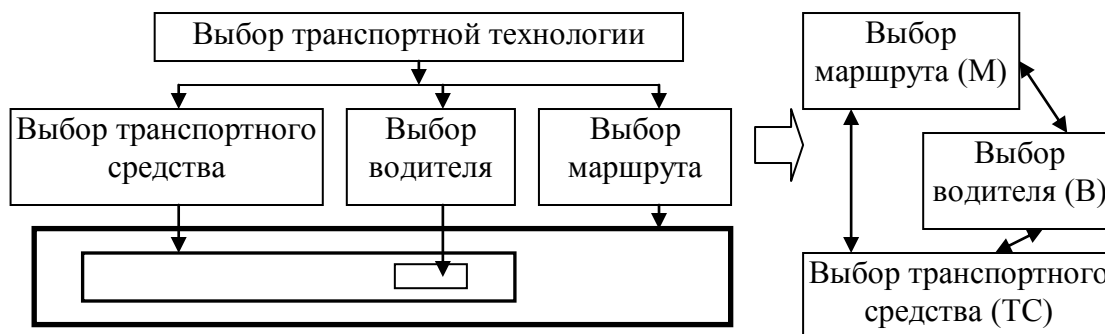


Рис. Общая схема выбора транспортной технологии и взаимосвязь ее составляющих (предлагается)

Таблица 1

Общая характеристика взаимосвязей составляющих транспортной технологии (предлагается)

Взаимосвязь	Общая характеристика (примеры реализации)
Маршрут (М) – транспортное средство (ТС)	Разные варианты маршрута движения могут формировать различные требования, например, к грузоподъемности ТС. Увеличение на развозочном маршруте количества пунктов завоза груза будет увеличивать потребность в ТС с большей грузоподъемностью
Транспортное средство – маршрут	Выбор транспортного средства, например, с точки зрения удобства осуществления разгрузочных работ, накладывает ограничения на объем (грузоподъемность) ТС, что, в свою очередь, ограничивает возможности составления различных вариантов маршрута
Водитель (В) – транспортное средство	После выбора водителя (опыт работы, возраст, график его работы, знание местности и др.) может стать вопрос о возможности реализовать маршрут определенным ТС (например, нет опыта работы на конкретном ТС, необходимо дополнительное техобслуживание ТС на маршруте, особенные эргономические условия и др.). Здесь следует отметить, что трудозатраты (и соответственно, график работы) водителя на различных марках ТС могут быть разными
Транспортное средство – водитель	Выбранное ТС может накладывать требования к физическим особенностям водителя (например, участие в управлении дополнительным оборудованием), к наличию допуска (например, санкнижка)
Маршрут – водитель	Выбранный маршрут приводит к изменению режима работы водителя (начало работы, перерывы, окончание работы, выходные дни и др.). Особенности маршрута (сложность трассы, опасные участки и др.) также могут оказывать влияние на выбор
Водитель – маршрут	Загруженность водителя по другим маршрутам (временные затраты, трудозатраты) может быть не совместима с выполнением нового маршрута

Отметим появление новых интеллектуальных технологий на транспорте – использование беспилотных грузовых транспортных средств. В некоторых штатах США уже получены разрешения на эксплуатацию таких средств (водитель должен находиться в кабине ТС, но, в основном, в качестве наблюдателя). Соответственно, составляющая транспортной технологии «водитель» нивелируется. Это необходимо будет учитывать при выборе транспортных технологий в интеллектуальных транспортных системах.

Можно предположить, что в ближайшем будущем появится необходимость разделять транспортные технологии на такие виды: с участием водителя (оператора), без участия (интеллектуальные), гибридные. Возможно, будут распространяться технологии по аналогии с воздушным транспортом (например, функция «автопилот»).

Отталкиваясь от запросов клиента (точность доставки, удобство разгрузки и другое) и критериев участников системы доставки, приоритет выбора начала цепи составляющих транспортной технологии может быть разным (табл.2).

Таблиця 2

Взаимосвязь критериев и вида цепи выбора составляющих транспортной технологии (примеры) (предлагается)

Критерий	Варианты цепи выбора
1. Надежность	1.1 Маршрут – транспортное средство – водитель 1.2 Водитель – транспортное средство – маршрут 1.3 Транспортное средство - водитель — маршрут
2. Удобство разгрузки	2.1 Транспортное средство - маршрут — водитель 2.2 Транспортное средство - водитель — маршрут
3. Затраты	3.1 Маршрут – транспортное средство – водитель 3.2 Транспортное средство - маршрут — водитель
...	...

Например, если основной критерий «удобство разгрузки», то первоочередным, при выборе транспортной технологии, целесообразно принимать «выбор транспортного средства». Это позволит подобрать транспортное средство с необходимыми характеристиками для осуществления разгрузки.

В дальнейших исследованиях необходимо рассмотреть вопросы субоптимизации между составляющими транспортной технологии и согласование с критериями систем, в которых реализовываются такие технологии.

Список использованных источников

1. Горяинов, А.Н. Транспортная диагностика. Книга 1. Научные основы транспортной диагностики (диагностический подход в системах транспорта) [Текст]: монография / А.Н. Горяинов. – Харьков: НТМТ, 2014. – 291 с. (http://www.logistics-gr.com/index.php?option=com_content&view=article&id=20294&catid=84&Itemid=197).

2. Беспалов, Р. С. Транспортная логистика. Новейшие технологии построения эффективной системы доставки [Текст]. / Р.С. Беспалов. – М.: Вершина, 2007. – 384 с.

УДК 656.212.5

Г. І. Шелехань

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ СИСТЕМИ «СОРТУВАЛЬНА СТАНЦІЯ – ПРИПОРТОВА СТАНЦІЯ – РАЙОННІ ПАРКИ ПОРТУ» ПРИ ОБСЛУГОВУВАННІ ЕКСПОРТНИХ ВАГОНОПОТОКІВ

G. Shelekhan

IMPROVEMENT OF THE WORK TECHNOLOGY IN THE SYSTEM «MARSHALLING YARDS – PORTSIDE STATIONS – PORT DISTRICT PARKS» AT THE SERVICE OF EXPORTING TRAFFIC VOLUMES

Для сучасного стану міжнародних перевезень територією України характерним є переважаюча частка вантажів,

перевезення яких здійснюється морським транспортом у комбінації із залізничним [1]. Такий спосіб перевезення має певну

перевагу над іншими у вигляді відносно низької вартості перевезень, але, зважаючи на великі терміни доставки вантажів морем, є недостатньо конкурентоспроможним для тих випадків, коли великі обсяги перевезень вимагають якнайшвидшої доставки у пункт призначення.

Зважаючи на орієнтацію України на залучення міжнародних вантажопотоків та стрімку зміну напрямків міжнародного співтовариства країн-учасників перевізного процесу, виникає необхідність створення таких транспортних технологій, які б задовольняли вимоги ефективного здійснення транспортування міжнародних потоків, зокрема експортних, частка яких у загальних перевезеннях зростає щорічно.

Для реалізації впровадження нових перспективних технологій функціонування об'єктів залізничного транспорту необхідно розробити модель роботи сортувальної та припортової станцій та визначити параметри, що формують умови функціонування зазначених станцій та дають можливість дослідити ефективність їх взаємодії у системі «сортувальна станція – припортова станція – районні парки порту».

Згідно з [2], удосконалення технології роботи сортувальної станції у взаємодії із припортовою при обробці міжнародних вагонопотоків передбачає більш детальне підбирання вагонів на сортувальній гірці за причалами та вантажними фронтами причалів.

Тривале виконання операцій на припортових станціях через відсутність сортувальних пристроїв на них та значний обсяг вагонопотоку, що прямує у порти, зумовлює значні простой вагонів та збільшення тривалості виконання технологічних процесів на станції [3, 4]. Завдання визначення доцільності застосування таких заходів на сортувальних станціях зводиться до визначення загальної тривалості перебування вагонів у системі «сортувальна станція – припортова станція

– районні парки порту» за запропонованою технологією обробки, яка повинна бути меншою за тривалість перебування вагонів за існуючою технологією.

Для дослідження ефективності зазначеної технології було розглянуто роботу станцій в Одеському транспортному вузлі. Побудовано математичну модель, що визначає раціональні параметри процесу обробки вагонопотоків у системі за умов мінімізації частки експлуатаційних витрат на обробку вказаних потоків. З метою визначення відповідності величини конструктивно-технологічних параметрів їх нормативним значенням побудовано імітаційні моделі роботи сортувальної та припортової станцій.

Незважаючи на більший час, що буде витрачено на підбирання вагонів на сортувальній станції, сумарна тривалість перебування вагонів у системі зменшиться через скорочення тривалості їх перебування на припортовій станції, спричинене виключенням необхідності проводити повторне сортування вагонів для морських портів у загальній сукупності вагонів, які надходять та проходять переробку, а отже, скоротиться й термін доставки вагонів до суден.

Список використаних джерел

1. Стратегія розвитку морських портів України на період до 2038 року [Електронний ресурс]: розпорядження Кабінету Міністрів України від 11.07.2013 р. № 548. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua>.
2. Шелехань, Г. І. Удосконалення підходу до розрахунку раціональних параметрів процесу обробки вагонопотоків у системі «Сортувальна станція – вантажна станція – районні парки порту» [Текст] / Г.І. Шелехань // Транспортные системы и технологии перевозок. – 2015. – № 9.
3. Lu Zhen. Modeling of yard congestion and optimization of yard template in container ports / Lu Zhen // Transportation Research

Part B: Methodological, 2016. - Volume 90/ – P. 83-104.

4. Óscar Álvarez-SanJaime, The impact on port competition of the integration of port and inland transport services / Óscar Álvarez-

SanJaime, Pedro Cantos-Sánchez, Rafael Moner-Colonques, José J. Sempere-Monerris // Transportation Research Part B: Methodological, 2016. - Volume 80. – P. 291-302.

УДК 656.21

Т. Т. Берестова, О. С. Пестременко-Скрипка

УПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕДАЧІ МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖОПОТОКІВ УКРАЇНИ

T. Berestova, O. Pestremenko-Skripka

IMPLEMENTATION OF THE RISK MANAGEMENT SYSTEM TO IMPROVE TECHNOLOGY TRNSFER OF INTERNATIONAL CARGO TRAFFIC OF UKRAINE

Тенденції світового розвитку ставлять перед Україною нові завдання щодо спрощення процедури пропуску експортно-імпортних вантажів через прикордонні передавальні станції. Тому Україна має якнайшвидше переходити на відповідні стандарти, до яких вона офіційно приєдналась і які закріплені в таких основних міжнародних актах, як Міжнародна конвенція про гармонізацію і спрощення митних процедур (Кіотська конвенція) та Резолюція Ради митного співробітництва щодо Рамкових стандартів безпеки та гармонізації процедур міжнародної торгівлі. Такі сучасні принципи, як система управління та аналізу ризиками можуть стати ефективними інструментами управління зовнішньоторговельною безпекою України.

Збільшення обсягу зовнішньоторговельних операцій вимагає постійного вдосконалення організації міжнародних перевезень і поліпшення роботи прикордонних передавальних станцій. На залізничному транспорті, де робота всіх ланок взаємопов'язана, труднощі, яких зазнають на окремих прикордонних передавальних станціях,

серйозно позначаються на загальному рівні експлуатаційної роботи мережі залізниць. Тому необхідно удосконалювати та приводити до єдиних європейських стандартів технологію роботи пунктів пропуску, упроваджувати використання електронної інформації і документообігу в процес перевезення вантажів.

Зменшення технологічного часу обробки поїздів на прикордонних передавальних станціях дасть змогу скоротити термін доставки експортно-імпортних вантажів. Таку можливість дає система управління ризиками (СУР), заснована на принципі вибіркової оглядових операцій при переробці міжнародного вантажопотоку.

Для оцінки ризику та визначення величини його впливу можуть використовуватись різноманітні рейтингові системи. У 2003 році Всесвітньою митною організацією була розроблена стандартизована оцінка ризиків (COP). Здебільшого поширена система «високий, середній та низький ступінь ризику» або використовуються три види «коридорів»: зелений, жовтий і червоний. Використання даних про ризик, його оцінка повинні

застосовуватись, враховуючи основні фактори впливу при здійсненні експортно-імпорتنних операцій. Узагальнено можна визначити такі основні фактори, які впливають на пропуск поїздів на прикордонних передавальних станціях [1]: країна-відправник, рід вантажу, тип рухомого складу, фактурна вартість вантажу, вага нетто вантажу.

На підставі аналізу виконання технологічних операцій при обробці вантажів з повним циклом прикордонних операцій розроблено та запропоновано алгоритм виконання митних процедур на прикордонних передавальних станціях з урахуванням функціонування ризикового модуля [2].

Для визначення рівня надійності системи пропуску міжнародного вантажопотоку в умовах впровадження СУР запропоновано метод кореляційно-регресійного аналізу. Використання даного методу дозволить оцінити залежність показників, їх взаємний вплив, виявити закономірності. Після проведення аналізу впливу певного фактора на затримку вантажів проведено подальший розподіл факторів за умовними зонами ризику [3].

За допомогою програмного продукту, розробленого в середовищі Delphi, було розроблено модель аналізу ризиків на прикордонних передавальних станціях [4-6].

Проведені подальші дослідження та розрахунки довели, що тривалість обробки транзитного поїзда з повним циклом прикордонних операцій можливо скоротити від існуючих зараз 170 до 45 хв, час переробки транзитного поїзда можливо зменшити з 120 до 35 хв, а тривалість обробки поїзда свого формування – з 180 до 75 хв [7].

Запровадження системи аналізу і управління ризиками дасть змогу прикордонним передавальним станціям України створити сприятливі умови для суб'єктів зовнішньоекономічної діяльності, підвищити ефективність роботи, знизити простої вагонів на ППС, що сприятиме

подальшому впровадженню євроінтеграційних процесів в Україні.

Список використаних джерел

1. Пестременко-Скрипка, О. С. Аналіз впливу простою міжнародного вагонопотоку на оборот вагона [Текст] / О. С. Пестременко-Скрипка, Є. С. Альошинський // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 137. – С. 24-30.
2. Stengel D. From full stop on the border to selective customs control // First seminar on multimodal transport and logistics (2013, June 4-5). – Kyiv, 2013.
3. Пестременко-Скрипка, О. С. Інтеграція інформаційного простору системи міжнародних вантажних перевезень [Текст] / О. С. Пестременко-Скрипка, Є. С. Альошинський, А. С. Рудакова, С. В. Багіров // Українська залізниця. – Харків, 2016. – № 6(36). – С.53-55.
4. Губарь, М. В. Разработка имитационной модели работы пограничной передаточной станции [Текст] / М. В. Губарь, Е. Н. Кособокова // Актуальные проблемы управления перевозочным процессом: сб. науч. тр. – СПб.: ПГУПС, 2006. – Вып. 6. – С. 58-65.
5. Хармон, Э. Разработка СОМ-приложений в среде Delphi [Текст] / Э. Хармон – М.: Издательский дом «Вильямс», 2000. – С. 136-214.
6. Фленов, М. Delphi 2005: Секреты программирования [Текст] / М. Фленов. – СПб., 266 с.
7. Пестременко-Скрипка, О. С. Розробка математичної моделі процесу раціоналізації роботи прикордонних передавальних станцій при застосуванні системи управління ризиками [Текст] / О. С. Пестременко-Скрипка, Є. С. Альошинський, К. В. Таратушка // Залізничний транспорт України. – Харків, 2015. – № 5(114). – С. 13-18.

**РАЦІОНАЛІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ ШЛЯХОМ
ВИКОРИСТАННЯ ГРАВІТАЦІЙНО-ПРИЦІЛЬНОГО ГАЛЬМУВАННЯ ВІДЧЕПІВ**

М. Kutsenko, V. Solovey

**RATIONALIZATION OF THE CONSTRUCTION OF THE SORTING HILLS BY USING
THE GRAVITATIONAL SIGHT BRAKING OF WAGONS**

Сортувальна гірка – технічний пристрій залізничних станцій. Від якості її функціонування безпосередньо залежить надійність роботи всього комплексу розформування поїздів та переробна спроможність станції [1 – 5, 7, 8].

Ефективна робота сортувальної гірки досягається завдяки впровадженню механізованих і автоматизованих систем управління процесом сортування вагонів, які, в свою чергу, повинні забезпечувати розпуск составів протягом мінімального часу при високому ступені заповнення сортувальних колій без пошкодження вагонів та вантажів. Якість виконання роботи, при дотриманні таких умов, залежить від параметрів плану і профілю гірки.

Конструктивні параметри вітчизняних сортувальних гірок були отримані всередині минулого сторіччя. Відомі на той час методики їх розрахунку були направлені на інтенсифікацію сортувального процесу. Ходові якості тогочасного парку вантажних вагонів відрізнялися від сучасних, а саме, набагато більшим значенням основного питомого опору руху. Разом з тим, питання отримання енергоефективних конструктивних параметрів для зменшення експлуатаційних витрат не було найбільш актуальним. Тому необхідно переглянути існуючі конструкції плану та профілю, а також технічне оснащення сортувальних гірок України [4].

Метою дослідження є підвищення ефективності функціонування Південної

сортувальної гірки станції Основа шляхом застосування енергоефективного поздовжнього профілю, а також сучасних моделей пристроїв регулювання швидкості відчепів.

Виконані дослідження поставленої задачі базуються на використанні методу імітаційного моделювання процесу скочування розрахункових бігунів з використанням ПЕОМ, теорії математичної статистики, теорії ймовірності, математичного апарату нелінійного програмування, чисельних методів та економічного аналізу. Вперше для Південної сортувальної гірки станції Основа було проведено дослідження можливості реалізації технології гравітаційно-прицільного гальмування відчепів із застосуванням методу множників Лагранжа та умов Куна-Такера, який дозволяє комплексно визначати раціональну висоту та поздовжній профіль.

Питання удосконалення конструктивних параметрів сортувальних пристроїв з метою приведення у відповідність витрат, якими супроводжується сортувальний процес, до існуючих обсягів переробки, не може бути вирішене за допомогою відомих методів їх розрахунку. Наукові підходи щодо розрахунку та оптимізації конструктивних параметрів, які були розроблені за радянських часів, були спрямовані на підвищення переробної спроможності сортувальних пристроїв, а питання застосування ресурсозберігаючих та

енергоефективних конструктивних параметрів не було актуальним. В умовах автоматизації процесу переробки вагонів економічний ефект з наростаючим підсумком за розрахунковий період експлуатації вказаного сортувального пристрою перевищить економічний ефект з наростаючим підсумком за цей же період експлуатації автоматизованої сортувальної гірки традиційної конструкції, не дивлячись на те, що капіталовкладення у засоби регулювання швидкості скочування відчепів за попередньою оцінкою можуть бути у два рази більшими при застосуванні сортувального пристрою з гравітаційно-прицільним гальмуванням відчепів (додаткові капіталовкладення у пристрої автоматизації при застосуванні сортувальної гірки традиційної конструкції можуть перекрити різницю капіталовкладень у вагонні уповільнювачі). Також очікується зменшення експлуатаційних витрат на відшкодування втрат від ушкодження вагонів і вантажів (за причини наявності кращих умов для підвищення якості регулювання швидкості скочування відчепів), на електроенергію, необхідну для цього регулювання (можливе зменшення витрат повітря вагонними уповільнювачами), та зменшення додаткових витрат, пов'язаних з простим составів у парку приймання в очікуванні розформування (внаслідок можливого зменшення тривалості гіркового інтервалу за рахунок зменшення обсягів маневрової роботи з осаджування вагонів у сортувальному парку і відсутності потреби у ліквідації наслідків нагонів відчепів). Реалізація гравітаційно-прицільного гальмування відчепів на сортувальній гірці станції Основа викликає необхідність значної спеціальної реконструкції поздовжнього профілю. Особливістю запропонованого поздовжнього профілю є розміщення частини стрілочної зони разом з початком сортувальних колій (до паркової гальмової позиції) на підйомі (10 % для

частини стрілочної зони та 15 % для початку сортувальних колій).

Аналіз результатів імітаційного моделювання скочування розрахункових бігунів дозволив зробити такі висновки:

- пробіг розрахункового бігуна до розрахункової точки в зимових несприятливих умовах цілком забезпечується;

- за рахунок застосування спеціальної конструкції поздовжнього профілю забезпечуються достатні інтервали на розділових стрілочних переводах у сполученні ПЛ - ШВ без примусового гальмування відчепів на першій (ІПП) і другій (ІІПП) гальмових позиціях у будь-яких метеорологічних умовах.

Оскільки за існуючих конструктивних параметрів сортувальна гірка не в змозі забезпечити вимоги безпеки та безперебійності сортувального процесу, що спричиняє пошкодження вагонів, економічно доцільно провести удосконалення конструктивних параметрів сортувальної гірки станції Основа з використанням на парковій гальмовій позиції уповільнювачів типу ЗВУ-03, при цьому економічний ефект з наростаючим підсумком на 10-й рік експлуатації становитиме 63,583 млн грн.

Список використаних джерел

1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року [Електронний ресурс] / Схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. № 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. Нагорний, Є. В. Гіркові технічні засоби [Текст] / Є.В. Нагорний, І.В. Берестов, В. О. Крючков. – К.: Транспорт України, 1998. – 84 с.

3. Дашков, М. Г. Вопросы проектирования и выправки профиля сортировочных горок [Текст]: автореф. дис.... канд.

техн. наук / М. Г. Дашков. – Новосибірськ, 1980. – 39 с.

4. Огар, О. М. Дослідження ефективності застосування технології гравітаційно-прицільного гальмування відцепів [Текст] / О. М. Огар, К. В. Таратушка // Зб. наук. праць / ДНУЗТ ім.акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2015. – Вип. 9. – С.49–56.

5. Бобровский, В. И. Временной принцип в имитационной модели процесса скатывания отцепов с горки [Текст] / В. И. Бобровский // Межвуз. сб. науч. трудов. – М.: МИИТ, 1980. – Вып. 674. – С. 70-71.

6. Галузеві будівельні норми. Споруди транспорту. Правила і норми проектування сортувальних пристроїв на залізницях України [Текст]: звіт про НДР

(заключний) / Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна; керівник В. І. Бобровський. – ОЦ 43.24.10.11; ДР 0111U003612; Інв. ГЛ-02-2011. – Дніпропетровськ: ДІТ, 2011. – 112 с.

7. Yagar, S., Saccomanno, F., Shi, Q. An efficient sequencing model for humping in a rail yard [Text] / S. Yagar, F. Saccomanno, Q. Shi // Transportation Research Part A: General. – 1983. – N 17(4). – P. 251–262.

8. Zarecky, S., Grun, J., Zilka, J. The newest trends in marshalling yards automation [Text] / S. Zarecky, J. Grun, J. Zilka // Transport problems. – 2008. – Tom 3. – Vol. 4. – Part 1.

УДК 656. 212. 5

М. Ю. Куценко, І. М. Мотренко, С. В. Найда

УДОСКОНАЛЕННЯ СХЕМИ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ ПРИ ЗМІНІ ОБСЯГІВ ПЕРЕРОБКИ ВАГОНІВ

М. Kutsenko, I. Motrenko, S. Nayda

IMPROVEMENT OF THE SCHEME OF ROAD DEVELOPMENT OF SORTING STATIONS WITH A CHANGE IN VOLUME

В освоєнні перевезень на залізничному транспорті вирішальну роль відіграють сортувальні станції, що забезпечують реалізацію найбільш складної частини системи організації вагонопотоків – їх переробку і формування технічних маршрутів. Від успішної роботи сортувальних станцій залежить стійкість перевізного процесу на цілих напрямках і полігонах мережі залізниць [1 – 5, 11, 12].

Ключовою проблемою на всіх етапах розвитку сортувальних станцій і теорії їх проектування була проблема вибору типу станції – одностороння чи двостороння [6 – 10].

Метою дослідження є визначення оптимального технічного стану двосторонньої сортувальної станції Основа.

Виконані дослідження поставленої задачі базуються на використанні теорії математичної статистики, теорії ймовірності, математичного апарату нелінійного програмування, чисельних методів та економічного аналізу.

При оптимізації кількості колій у сортувальному парку станції Основа був використаний метод професора Швеця М. Г., який базується на критерії оптимальності взаємодії підсистем «Вхідні дільниці – парк приймання – сортувальна

гірка» і «Сортувальна гірка – парк формування – витяжки формування».

На підставі проведених досліджень можна зробити такі висновки:

- до факторів, що впливають на вибір типу сортувальної станції – одностороння або двостороння, належать взаємне розташування парків, конструкції горловин парків, колійний розвиток і технічне оснащення гірки, спосіб передачі кутових вагонів, розміщення локомотивного господарства; основними з об'єктивних факторів, що визначають перехід від односторонньої схеми станції до двосторонньої, є обсяг, характер і динаміка зміни вагонопотоку, що переробляється;

- для зменшення пробігів змінюваних поїзних локомотивів і скорочення ширини станційної площадки локомотивне господарство на односторонній сортувальній станції доцільно розміщувати поруч з парком відправлення, а після спорудження другої сортувальної системи влаштовувати між парками приймання і відправлення в протилежному кінці станції додатковий комплекс екіпірувальних пристроїв;

- перехід від односторонньої схеми сортувальної станції до двосторонньої і від двосторонньої до односторонньої являють собою один із етапів зміни технічного стану станції, тому пошук раціонального кордону такого переходу доцільно здійснювати на базі теорії етапності зміни технічного стану станції; при стійкому зростанні обсягів роботи оптимальним технічним станом станції в будь-який розглянутий рік слід вважати варіант з максимальним рівнем пропускної спроможності, для якого умовно-оптимальним переходом є його збереження. При тривалому зниженні розмірів перевезень оптимальним станом станції є варіант із найменшим рівнем пропускної спроможності, який забезпечує стійку роботу станції;

- для визначення меж доцільності переходу від односторонньої схеми

сортувальної станції до двосторонньої і навпаки (залежно від динаміки зміни вагонопотоку) раціонально як базові варіанти прийняти типові схеми односторонньої і двосторонньої сортувальних станцій із послідовним розташуванням парків;

- оскільки з кожним роком обсяг вагонопотоку зменшується, звідси випливає, що деяке число колій можна не використовувати для пропускання вантажів, отже, економічно доцільно законсервувати непотрібну кількість колій, завдяки чому скоротяться річні капіталовкладення;

- проведено аналіз потенційних небезпек на об'єкті, розроблені заходи з подолання наслідків при надзвичайних ситуаціях на станції та розроблена інструкція для чергового по гірці.

На 2016 рік гірка Північної системи за своїм технічним станом та оснащенням може переробити 1426 ваг, а переробляє максимум лише 1028 ваг. На сьогоднішній день це дуже низькі показники, і у зв'язку зі значним спадом обсягів вагонопотоку слід законсервувати певну кількість колій.

Базовими варіантами для визначення меж ефективного застосування односторонньої і двосторонньої схем сортувальної станції можуть бути прийняті типові схеми односторонньої станції з гіркою великої або середньої потужності і двосторонньої станції з послідовним розташуванням парків. При цьому локомотивне господарство на односторонній станції доцільніше розміщувати паралельно парку відправлення з лівого боку у напрямку сортування, а при спорудженні другої сортувальної системи передбачати додаткові екіпірувальні пристрої в протилежному кінці станції. Для вибору кордону переходу від односторонньої схеми сортувальної станції до двосторонньої доцільно використовувати алгоритм розрахунків, що базуються на методі динамічного програмування. При

постійному спаді обсягів переробки вагонів необхідність консервації однієї сортувальної системи і переходу від двосторонньої до односторонньої схемою настає в той момент, коли весь обсяг переробки вагонів може бути освоєний в одній сортувальній системі, а кількість приймально-відправних колій для транзитних поїздів в сортувальній системі, що зберігається, дозволяє їх безперешкодно обробку в об'єднаному парку відправлення і транзитному.

У результаті консервації 6 колій у Північній системі сортувальної станції і витрат на освітлення сукупний економічний ефект за наступні десять років становитиме 5435,93 тис. грн.

Використання досягнутих у дослідженні наукових результатів дасть змогу проектним організаціям більш кваліфіковано з мінімальною витратою часу і коштів визначати економічно обгрунтовану програму розвитку або реконструкції конкретних сортувальних станцій та визначати поетапно розміри інвестицій на весь розрахунковий період.

Список використаних джерел

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

2. Олейникова, Л. А. Сферы применения односторонних и двусторонних сортировочных станций при росте и спаде объемов переработки вагонов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Л. А. Олейникова. – С.Пб., 2006. – 198 с.

3. Образцов, В. Н. Основные данные для проектирования железнодорожных станций [Текст] / В. Н. Образцов. – М. – Л., 1929. – 156 с.

4. Образцов, В. Н. Станции и узлы [Текст] / В. Н. Образцов. – М. – Трансжелдориздат, 1935. – 315 с.

5. Бартенев, П. В. Железнодорожные станции и узлы [Текст] / П. В. Бартенев. – М.: Трансжелдориздат, 1953. – 504 с.

6. Гликман, М. С. Методика выбора односторонних и двусторонних сортировочных станций [Текст] / М. С. Гликман. – М.: ВНИИ трансп. стр-ва, 1958. – 124 с.

7. Корнаков, А. М. Развитие крупных односторонних сортировочных станций [Текст] / А. М. Корнаков // Железнодорожный транспорт. – 1972. – № 11. – С. 18 – 21.

8. Федотова, Т. Н. Этапы развития сортировочных станций [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Федотова Т. Н. – Л.: ЛРШЖТ, 1982. – 25 с.

9. Минеев, А. В. Сферы применения односторонних и двусторонних сортировочных станций [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Минеев А. В. – М.: МИИТ, 1983. – 24 с.

10. Дзюба, В. Г. Разработка и обоснование показателей и нормативов для проектирования сортировочных станций на перспективу [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Дзюба В. Г. – М., 1989. – 24 с.

11. Zarecky, S., Grun, J., Zilka, J. The newest trends in marshalling yards automation [Text] / S. Zarecky, J. Grun, J. Zilka // Transport problems. – 2008. – Том 3, Vol., 4, Part 1.

12. Yagar, S., Saccomanno, F., Shi, Q. An efficient sequencing model for humping in a rail yard [Text] / S. Yagar, F. Saccomanno, Q. Shi // Transportation Research Part A: General. – 1983. – E 17(4). – P. 251–262.

**ПІДВИЩЕННЯ СТУПЕНЯ ЗАПОВНЕННЯ СОРТУВАЛЬНИХ КОЛІЙ ШЛЯХОМ
ЗБІЛЬШЕННЯ ВИСОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ**

М. Kutsenko, O. Poslavs'ka, P. Mel'nychenko

**INCREASE OF THE DEGREE OF FILLING OF SORTING ROADS BY INCREASE OF
THE SORTING HILL HEIGHT**

Сьогодні перед залізницями України гостро стоїть задача підвищення їх конкурентоспроможності у порівнянні з іншими видами транспорту. Це вимагає прискорення обороту вагонів з мінімальними сумарними експлуатаційними витратами при забезпеченні високого рівня експлуатаційної безпеки виконуваних робіт [1–5].

Практичний досвід експлуатації сортувальних гірок показує, що нині проблема забезпечення якісного заповнення сортувальних колій остаточно не вирішена. Значна кількість відцепів не докочується до вагонів, що стоять на коліях, утворюючи «вікна». Водночас спостерігається досить велика кількість випадків співударення з неприпустимо високими швидкостями, при цьому найчастіше відбувається пошкодження вагонів і вантажів [3, 8].

Серед можливих причин, що обумовлюють подібну ситуацію з заповненням підгіркових колій, є: невідповідність реального поздовжнього профілю сортувальних пристроїв до проекту; недостатність гальмівних засобів; помилки оператора при гальмуванні відцепів; збої в роботі системи гальмування, викликані як повною, так і частковою відмовою технічних засобів; похибки визначення характеристик відцепів у зв'язку з недостатньо адекватним урахуванням великої кількості випадкових чинників (у тому числі впливу вітрових умов), а також ряд інших причин, часом

таких, які важко піддаються формалізації [3].

Метою дослідження є підвищення ступеня заповнення сортувальних колій станції Конотоп шляхом застосування раціонального поздовжнього профілю, а також сучасних моделей пристроїв регулювання швидкості відцепів, які характеризуються економічністю та надійністю в роботі.

Виконані дослідження поставленої задачі базуються на використанні програми імітаційного моделювання процесу скочування розрахункових бігунів, розробленої на кафедрі «Залізничні станції та вузли» Українського державного університету залізничного транспорту, з використанням ПЕОМ, чисельних методів та економічного аналізу.

Під час визначення раціональних конструктивних параметрів сортувального пристрою станції Конотоп вперше було проаналізовано вплив його висоти на ступінь заповнення сортувальних колій.

На основі аналізу відомих методів розрахунку конструктивних параметрів сортувальних пристроїв можна зробити висновок, що останнім часом багато наукових розробок направлені на вирішення питання оптимізації конструктивних параметрів сортувальних пристроїв з метою зменшення затрат, підвищення безпеки перевезень та безперебійності роботи залізниць.

Для проведення раціоналізації конструктивних параметрів сортувальної

гірки станції було досліджено сучасний стан сортувального пристрою. Результати дослідження дали змогу стверджувати, що при існуючих параметрах сортувальна гірка не забезпечує безпечні та безперебійні умови роботи і виникає необхідність її реконструкції.

Проведена раціоналізація конструктивно-технічних параметрів сортувального пристрою станції Конотоп дала змогу зробити такі висновки:

- рекомендований поздовжній профіль сортувального пристрою станції Конотоп вимагає мінімальних обсягів земляних робіт;

- у ході раціоналізації конструктивно-технічних параметрів рекомендовано ввести механізовану першу гальмову позицію, обладнану двома уповільнювачами типу РНЗ-2М, та механізувати паркову гальмову позицію двома уповільнювачами типу РНЗ-2М;

- рекомендований поздовжній профіль потребує збільшити висоту сортувального пристрою з 2,35 м до 2,95 м;

- введення механізованої першої гальмової позиції дозволить збільшити швидкість розпуску з 0,8 м/с до 1,2 м/с;

- проведеними динамічними розрахунками встановлено, що пробіг розрахункового бігуна до розрахункової точки в зимових несприятливих умовах забезпечується при встановленні механізованої гальмової позиції на спускній частині та механізації паркової гальмової позиції;

- при встановленні механізованої гальмової позиції на спускній частині та механізації паркової гальмової позиції уповільнювачами типу РНЗ-2М ліквідується небезпечна праця регулювальників швидкості руху відчепів на парковій немеханізованій гальмовій позиції.

Техніко-економічне обґрунтування обраних конструктивно-технічних параметрів сортувального пристрою станції Конотоп дозволило зробити висновок, що

економічно доцільно провести раціоналізацію висоти та поздовжнього профілю сортувального пристрою з уведенням механізованої першої гальмової позиції уповільнювачами типу РНЗ-2М та механізацією паркової гальмової позиції уповільнювачами типу РНЗ-2М. При цьому в перший рік економічний ефект буде негативним, а починаючи з другого року експлуатації – позитивним, і на 10-й рік експлуатації гірки економічний ефект з наростаючим підсумком буде становити 7022,99 тис. грн.

Список використаних джерел

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

2. Дашков, М. Г. Вопросы проектирования и выправки профиля сортировочных горок [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / М. Г. Дашков. – Новосибирск, 1980. – 39 с.

3. Огар, О. М. Дослідження ефективності застосування технології гравітаційно-прицільного гальмування відчепів [Текст] / О. М. Огар, К. В. Таратушка // Зб. наук. праць / ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна.– Дніпропетровськ, 2015. – Вип. 9. – С.49–56.

4. Гуричев, Ю. Т. Об одном подходе к задаче нахождения оптимальных параметров горки [Текст] / Ю. Т. Гуричев, А. Н. Гуда, С. Н. Дегтярев, Н. Н. Новгородов // Микропроцессорные системы управления на железнодорожном транспорте / Труды РИИЖТа. – Ростов-на-Дону, 1984. – Вып. 54. – С. 35-38.

5. Галузеві будівельні норми. Споруди транспорту. Правила і норми проектування сортувальних пристроїв на залізницях України [Текст]: звіт про НДР (заключний) / Дніпропетровський

національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, керівник Бобровський В. І. – ОЦ 43.24.10.11 ДР 0111U003612; Інв. ГЛ-02-2011. – Дніпропетровськ: ДПТ, 2011. – 112 с.

6. Yagar, S. An efficient sequencing model for humping in a rail yard [Text] / S. Yagar, F. Saccomanno, Q. Shi // Transportation Research Part A: General. – 1983. – E 17(4). – P. 251–262.

7. Zarecky, S. The newest trends in marshalling yards automation [Text] / S. Zarecky, J. Grun, J. Zilka // Transport problems. – 2008. – Том 3, Vol., 4, Part 1.

8. Ахвердиев, К. С. Оптимальный горочный профиль и динамика скатывания отцепа по нему [Текст] / К. С. Ахвердиев, Б. И. Алибеков, В. П. Жуков // Транспорт: наука, техника, управление. - 1991. – № 8. – С. 13–18.

УДК 656.212.5

*К. В. Крячко, В. О. Федота,
Д. А. Степаненко, С. П. Акімов*

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ СОРТУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ З МЕТОЮ ЗБІЛЬШЕННЯ ЇЇ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ

*К. Kryachko, V. Fedota,
D. Stepanenko, S. Akimov*

IMPROVING THE DESIGN PARAMETERS OF THE SORTING SYSTEM TO INCREASE ITS CAPACITY

Розроблення технологічних процесів великих сортувальних станцій є складним трудомістким процесом, який вимагає детального аналізу кожної операції, що послідовно виконується при обслуговуванні рухомого складу від моменту приймання до відправлення. Проведення хронометражних спостережень здійснюється протягом різних періодів роботи системи з подальшою камеральною обробкою, аналітичними розрахунками і висновками для прийняття конкретних рішень. При розрахунку норм тривалості виконання окремих маневрових операцій, як правило, враховуються встановлені швидкості руху та відстані без ув'язки з конструктивними особливостями горловин і технологічних зв'язків у підсистемі. Але аналіз хронометражних спостережень показав, що більше третини робочого часу

маневрові локомотиви простоюють в очікуванні виконання операцій зі звільнення колій або окремих елементів стрілочних горловин. Звичайно непродуктивні простої не включаються до розрахунку нормативних величин [1], але теоретично обґрунтовані значення простоїв, які викликані конструктивними особливостями горловин, слід враховувати при визначенні тривалості перебування рухомого складу в системі. Цю проблему було досліджено вченими [2, 3], але запропоновані рішення стосувалися тільки принципових схем передгіркових парків у вигляді аналітичних залежностей та емпіричних формул, отриманих на основі моделювання роботи станцій. Зважаючи на значну кількість змінних операцій, що впливають на додаткову тривалість очікування основних технологічних

операцій, визначити середнє значення міжопераційних простоїв практично неможливо, але результати аналізу хронометражних даних із застосуванням теорії ймовірностей дають змогу розрахувати конкретні значення для реальних горловин сортувальних станцій [4] з можливістю визначення шляхів їх скорочення за допомогою реконструктивних або технологічних заходів. У першому випадку необхідно збільшити кількість паралельних з'їздів, що дозволяють здійснювати одночасно основний обсяг маневрових переміщень; у другому випадку слід змінити їх використання протягом розрахункового періоду.

Для розрахунку середньої тривалості затримок, що припадають на один состав, який переставляється із сортувального до парку відправлення, слід визначити ймовірність появи ворожих маршрутів при виконанні окремих операцій у горловині. Так, ймовірність появи ворожості закінчення формування заїзду маневрового локомотива до сортувального парку після перестановки состава

$$P(B \cap A) = P(B_i) \cdot P_{Bi}(A), \quad (1)$$

де $P(B_i)$ – ймовірність появи операцій закінчення формування на i -й колії сортувального парку;

$P_{Bi}(A)$ – умовна ймовірність появи ворожості операцій заїзду при закінченні формування.

$$P(B_i) = \lambda_i \left(\sum_{j=1}^{m_{cp}} \lambda_{n_j} \right)^{-1}, \quad (2)$$

де λ_i – інтенсивність накопичення составів на i -й колії сортувального парку;

$\sum_{j=1}^{m_{cp}} \lambda_{n_j}$ – сумарна інтенсивність накопичення составів на коліях сортувального парку, закінчення формування з яких є ворожим заїзду маневрового локомотива.

$$P_{Bi}(A) = \sum_{j=1}^{n_{np}} (\lambda_{np} \left(\sum_{k=1}^{m_{np}} \lambda_{m_k} \right)^{-1}), \quad (3)$$

де λ_{np} – інтенсивність накопичення составів на коліях, закінчення формування з яких не можна виконувати без перехрещення з маршрутом заїзду локомотива;

n_{np} – кількість колій сортувального парку, що мають вихід на витяжну колію (одну з основних колій горловини), по якій здійснюється заїзд локомотива.

За аналогічними формулами визначається ймовірність появи ворожості закінчення формування перестановленню составів на колії парку відправлення, а також перестановки составів заїзду локомотивів. У результаті проведених досліджень встановлено, що при одній колії у горловині (m_r) тривалість затримок (Δt_i) складає 100 %; при $m_r=2$ вона зменшується на 20 %; при $m_r=3$ – на 40 % і при $m_r \geq 4$ – на 50 %, але при цьому необхідно враховувати також кількість маневрових локомотивів (M_r), що працюють у районі даної горловини. Так, при $m_r=4$ і $M_r=4$ кількість паралельних операцій буде не більше трьох і Δt_i слід зменшувати не на 50 %, а на 40 %.

Запропонована методика визначення міжопераційних простоїв при виконанні основних технологічних операцій дає змогу визначати, залежно від конкретної конструкції горловини, економічно обґрунтовану їх величину, яка має враховуватися при розрахунку нормативних величин поелементного простою вагонів з переробкою, а також розробляти реконструктивні заходи щодо збільшення пропускної спроможності сортувальної системи.

Список використаних джерел

1. Методичні вказівки з розрахунку норм часу на маневрові роботи [Текст] // Головне управління перевезень Укрзалізниці. – К., 2003. – С. 239.
2. Сотников, Е. А. Интенсификация работы сортировочных станций [Текст] /

Е.А. Сотников. – М.: Транспорт, 1979. – С. 239.

3. Шмулевич, М. И. Определение вероятных задержек подвижного состава при пересечении маршрутов следования [Текст] / М. И. Шмулевич // Тр. МИИТа. – М., 1962. – Вып. 148. – С. 31-55.

4. Takashi Akamatsu, Kentaro Wada. Tradable network permits: A new scheme for the most efficient use of network capacity [Text] / Pattern Recognition Letters. – 2016. – Vol. 79. – P. 178-195.

УДК 656.225.073.235

К. В. Крячко, Р. П. Нестеренко, Н. С. Керимов

**ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ПІДХОДИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ
ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ НА КОНТЕЙНЕРНИХ ТЕРМІНАЛАХ
ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЙ**

K. Kryachko, R. Nesterenko, N. Kerimov

**ENERGY SAVING APPROACHES TO HANDLING FUNDS FOR CONTAINER
FREIGHT STATIONS**

На сьогодні понад 60 % вантажних станцій виконують роботу з контейнерами, в тому числі близько 50 % із середньотоннажними і понад 10 % із середньо- та великотоннажними. Робота з тридцятифутовими контейнерами практично зосереджена на ДЦНТС «Ліски», де використовуються нові технічні засоби. На 70 вантажних станціях запроєктовані невеликі контейнерні площадки, де робота здійснюється автомобільними кранами, але 20 % з них практично непридатні для експлуатації. Четверта частина перевантажувальних засобів різних видів вимагає капітального ремонту практично з повним відновленням, а 15 % підлягає списанню. Після виконання заходів щодо приведення технічного оснащення контейнерних терміналів до належного рівня нагальною проблемою стає організація оптимального управління перевантажувальними процесами. Цією проблемою займалися як вітчизняні, так і зарубіжні вчені [1, 2, 3], але в сучасних умовах виникає ряд вимог, які змінюють

підходи до розв'язання даної проблеми, особливо в умовах обмежених ресурсів на використання палива та електроенергії.

Дослідженнями встановлено, що довжина вантажного фронту для організації оптимального процесу управління краном має перебувати в межах від 30 до 50 м, тобто протяжністю 3-4 вагонів. На існуючих вантажних станціях довжина площадок для розміщення контейнерів складає від 100 м до 300 м і більше. Інтенсивність використання довжини вантажного фронту дуже незначна, що викликає великий обсяг маневрової роботи, а також міжопераційні простоя перевантажувальних засобів і рухомого складу. Якщо дану площадку обслуговує декілька кранів, то простій однієї групи вагонів залежить від простою інших груп, або викликає необхідність заміни подачі із зупинкою роботи інших кранів. Отже, впровадження оптимальної технології управління перевантажувальними засобами має відповідати такій конструкції станції і контейнерного терміналу, яка б дала

можливість у повній змозі реалізувати розрахункові параметри з мінімальними експлуатаційними витратами. По-перше, схема сортувального парку має забезпечувати безпосередню подачу накопичених вагонів на будь-який вантажний фронт контейнерного терміналу; по-друге, виставочну і вантажно-розвантажувальну колію слід поділити з'їздами на окремі секції довжиною від 45 м до 60 м з можливістю одночасної подачі та забирання вагонів із суміжних вантажних фронтів. Напроти з'їздів частина контейнерної площадки має призначатися для порожніх та несправних контейнерів, які слід накопичувати у декілька ярусів, при цьому геометричну ємність цієї частини площадки можна визначати за формулою

$$S_r = \frac{nlb}{F_{км} K_1 K_2}, \quad (1)$$

де n - число ярусів складування;

l - корисна довжина частини площадки, м;

b - ширина верхньої площадки складування, м;

$F_{км}$ - площа, яку займає один контейнер, м²;

K_1, K_2 - коефіцієнти, що враховують додаткову площу зазорів, проходів і поїздів по ширині та довжині площадки.

Так, при ширині прольоту крана 11,3 м і висоті від рівня головки рейки до захвату 8,5 м на довжині площадки 100 м геометрична ємність складає 480 м², якщо складування здійснюється у два яруси, а при прольоті 16 м – у півтора разу більше [4]. При секціюванні колій вантажного фронту слід розглядати різні варіанти взаємного розташування основних пристроїв у безпосередній ув'язці з конструкцією сортувального парку та числом маневрових локомотивів, що забезпечують обслуговування цих фронтів.

На більшості великих вантажних станцій запроєктовано чотири основних вантажних фронти: криті склади; площадки для важковагових, довгомірних, лісних вантажів та металовиробів, контейнерних терміналів, пристроїв для розвантажування сипучих вантажів (підвищена колія або естакада). У першу чергу слід виконувати компоновання взаємного розташування контейнерних терміналів. При наявності декількох площадок їх бажано проектувати у загальному комплексі з колійним розвитком. Запропоновані схеми дозволяють у 4–6 разів скоротити обсяг маневрової роботи при подачі-забиранні вагонів з окремих вантажних фронтів. Так, рухаючись від складу 1 до складу 3 локомотив одним переміщенням може проштовхнути оброблені вагони через з'їзд на ходову колію (від одного або декількох фронтів) і одночасно відчепити групу вагонів для нового обслуговування. Загальні пробіги рухомого складу і обсяг маневрової роботи може ще більше скоротитися при нових схемах вантажних станцій модульного типу, коли після розформування состава передаточного поїзда маневровий локомотив заїжджає на відповідну колію сортувального парку і осаджує групи вагонів на певні секції вантажних фронтів. При розташуванні вантажних фронтів з різних сторін станції, колії сортувального парку слід поділити на окремі секції з корисною довжиною колій на максимальну подачу. При цьому необхідно забезпечити паралельність подач вагонів на різні вантажні фронти. З цією метою запропонована нова схема вантажної станції, але для зменшення обсягу роботи з розформування передаточних поїздів слід розробити взаємоузгоджену технологію роботи вантажної і сортувальної станції, яка має при формуванні передаточного поїзда організувати дві групи на окремі секції сортувального парку. У цьому випадку состав поїзда можна розформувати окремими групами з одного сортувального пристрою або двома маневровими

локомотивами з протилежних сторін станції, при цьому схема має передбачати можливість перестановки вагонів на колії протилежної секції сортувального парку, а також подачу груп вагонів на окремі вантажні фронти при розформуванні на колії іншої секції.

Для скорочення тривалості обслуговування вантажних фронтів слід сконцентрувати розташування площадок, що обслуговуються кранами з можливістю забезпечення одночасної подачі-забирання вагонів не тільки на окремі фронти, але і на окремі їх секції. Така схема забезпечує незалежні переміщення автотранспорту в межах розташування певних груп вантажних фронтів з мінімальною кількістю точок перехрещення маршрутів.

Список використаних джерел

1. Смехов, А. А. Основы транспортной логистики [Текст] / А. А. Смехов. – М.: Транспорт, 1995. – 201 с.
2. Данько, М. І. Теоретичні основи оптимального функціонування системи вантажної станції [Текст] / М. І. Данько, К. В. Крячко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2003. – Вип. 53. – С. 5-12.
3. Котенко, А. М. Дослідження дальності переміщень перевантажувальних пристроїв на контейнерних терміналах [Текст] / А. М. Котенко, К. В. Крячко // Зб. наук. праць КУЕТТ. – 2003. – Вип. 3 – С. 46 – 50.
4. Yanshuo Sun, Paul Schonfeld. Holding decisions for correlated vehicle arrivals at intermodal freight transfer terminals [Text] / Pattern Recognition Letters. – 2016. – Vol. 90. – P. 218-240.

УДК 656.224:075.8

К. В. Крячко, М. В. Мазур

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ПАСАЖИРСЬКОГО КОМПЛЕКСУ В УМОВАХ ШВИДКІСНОГО РУХУ

К. Kryachko, M. Mazur

IMPROVING THE DESIGN AND TECHNOLOGY WORK PASSENGER TRANSPORT IN THE CONDITIONS OF HIGH-SPEED TRAFFIC

Однією з першочергових задач розвитку конкурентного ринку залізничних перевезень є перебудова пасажирського господарства, тому удосконалення конструктивних параметрів головних пасажирських станцій стає актуальною проблемою, направленою на забезпечення необхідної пропускної спроможності основних магістральних напрямків і стабільності їх роботи, особливо в умовах впровадження швидкісного руху. Серед 12 спеціалізованих пасажирських станцій сім запроєктовано за схемами наскрізного

типу, три – комбінованого і дві – тупикового. Основна частина з них має нераціональні конструкції горловин, що викликає значні затримки при виконанні основних технологічних операцій через виникнення ворожих маршрутів. Крім цього, це погіршує безпеку руху поїздів і маневрової роботи та викликає зменшення швидкості при прийманні та відправленні поїздів. Для забезпечення необхідної пропускної спроможності пасажирської станції залежно від обсягів роботи на розрахункові терміни експлуатації,

особливо в умовах впровадження швидкісного руху, актуальною проблемою стає дослідження питань удосконалення конструктивних параметрів горловин.

Основні вимоги до проектування пасажирських станцій викладені в Інструкції [1], але на сьогодні не розроблено типового технологічного процесу їх роботи, а також методичних вказівок з розрахунку пропускної спроможності горловин цих станцій у періоди згущеного надходження поїздів у літній період експлуатації. При коригуванні графіків руху поїздів такі розрахунки для існуючих станцій виконуються і надсилаються до Укрзалізниці згідно з чинною Інструкцією [2], що рекомендується для використання її при визначенні пропускної спроможності горловин дільничних станцій, де вплив паралельних переміщень по суміжних маршрутах визначається умовним емпіричним коефіцієнтом складності роботи в горловинах. Для великих головних пасажирських станцій пропускну спроможність горловин ($n_{гл}$) пропонується визначати за коефіцієнтом використання пропускної спроможності горловин ($g_{гл}$) залежно від їх конструктивних параметрів.

$$n_{гл} = n_{іф} * g_{гл}^{-1}, \quad (1)$$

де $n_{іф}$ – фактична кількість переміщень у горловині протягом розрахункового періоду.

За розрахунковий, як правило, слід приймати згущений період $T_{зг}$, протягом якого поїзди приймаються та відправляються з інтервалами, меншими за середній, протягом доби. Для кожної станції він визначається згідно з графіком руху поїздів на літній період, але в середньому коливається від 90 до 180 хв:

$$q_{гл} = \frac{T_{зв}}{\Delta T_{зг}}, \quad (2)$$

де $T_{зв}$ – сумарна тривалість завантаження горловини всіма маршрутами M з урахуванням переміщень на паралельних маршрутах, хв;

$\Delta T_{зг}$ – можлива тривалість використання елементів горловини протягом розрахункового періоду.

$$\Delta T_{зг} = T_{зг} - \Delta T_{по}, \quad (3)$$

де $\Delta T_{по}$ – тривалість зайняття елементів горловини постійними операціями протягом розрахункового періоду з поточного утримання верхньої будови колії плановими видами ремонту; прибирання снігу та сміття; утримання пристроїв контактної мережі та ін.

Протягом доби на виконання цих операцій $T_{по}$ виділяється 75 хв для електрифікованих дільниць та 25 хв для дільниць з тепловозною тягою [3]. Сумарна величина завантажень за кожним даним маршрутом складає загальне завантаження горловини протягом розрахункового періоду $T_{зв}$. Якщо $q_{гл} \geq 0,95$, то слід виконувати перебудову горловини зі збільшенням кількості основних колій, максимальне число яких може дорівнювати числу головних колій, що примикають до даної горловини з урахуванням також числа ходових колій, які ведуть до пасажирської технічної станції або моторвагонного депо чи ранжирного парку. З метою збільшення пропускної спроможності горловин [4] слід розробляти організаційно-технологічні заходи, які б давали можливість скорочення $T_{по}$ за рахунок винесення постійних операцій за межі згущених періодів роботи станції; скорочення тривалості використання маршрутів t_i та t_j за рахунок збільшення швидкості руху в межах допустимих значень; збільшення коефіцієнта C за рахунок розроблення додаткових таблиць варіантних маршрутів з опрацюванням їх на технічних зайняттях з причетним оперативним персоналом.

Запропонована методика розрахунку пропускної спроможності горловин головних пасажирських станцій дає змогу розроблення різних варіантів їх конструкції при удосконаленні схем станцій при зміні обсягів пасажирського руху в умовах впровадження швидкісного руху.

Список використаних джерел

1. Інструкція з проектування станцій та вузлів на залізницях України (Проект) [Текст]: ДСТУ – НБВ.2.3 – XX. – К., 2013. – 172 с.

2. Інструкція з розрахунку наявної пропускної спроможності залізниць України [Текст]: ЦД – 0036. – К.: Транспорт України, 2002. – 376 с.

3. Данько, М. І. Пасажирські станції України: проблеми розвитку та обслуговування у транспортному комплексі [Текст] / М. І. Данько, В. І. Крячко, К. В. Крячко: зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2007. – Вип. 11. – С. 5-16.

4. Corresponding author at: SNCF, Innovation and Research Direction. Rescheduling through stop-skipping in dense railway systems [Text] / Pattern Recognition Letters. – 2016. – Vol. 79. – P. 73-84.

УДК 005:656.072

В. В. Кулешов, А. В. Клименко, В. О. Рибалкін

УДОСКОНАЛЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗАЛІЗНИЦЬ РІЗНИМИ ВЛАСНИКАМИ ВАГОННОГО ПАРКУ В УМОВАХ РОЗВИТКУ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ

V. V. Kuleshov, A. V. Klimenko, V. A. Rybalkin

BETTER USE OF THE RAILWAY INFRASTRUCTURE OF DIFFERENT OWNERS OF ROLLING STOCK UNDER CONDITIONS OF INFORMATIZATION DEVELOPMENT

З початку 2003 р. в Україні намітилася тенденція до зростання кількості власних вагонів. В Україні власних вагонів на цей час більше 79 % від загального парку вагонів, на мережі держав СНД і Балтії – 86,5 %. В умовах функціонування Публічного акціонерного товариства «Українські залізниці» (ПАТ «Укрзалізниця») у 2017 р. вносяться зміни до існуючих нормативних документів та створюються нові. Концепція Державної програми реформування залізничного транспорту України та Транспортної стратегії України на період до 2020 року мають бути доопрацьовані у технічних, технологічних, організаційно-економічних напрямках. Тому задача удосконалення

використання інфраструктури залізниць різними власниками вагонного парку в умовах розвитку інформатизації є актуальною.

Інвентарний парк вантажних вагонів України – 36,2 тис. вагонів або 20,2 % від загального парку 179,1 тис. вагонів. Власний парк вантажних вагонів – 142,9 тис. вагонів і становить 79,8 % від загального парку. У тому числі парк власних вагонів від загального становить: піввагонів – 93,7 %, критих – 93,0 %, інших – 67,2 %, цистерн – 65,6 %, рефрижераторних – 55,5 %, платформ – 15,6 %.

Модель ефективного використання інфраструктури залізниць різними власниками вагонного парку базується на

оптимізації їх основних параметрів на основі використання технічних засобів станцій з оптимізацією їх основних параметрів за допомогою цільової функції $F(K)$, яка включає вартість часових і технічних складових

$$F(K) = f\left(\sum_{i=1}^d (E_1, E_2, E_3, E_4, E_5)\right) \rightarrow \min, \quad (1)$$

де E_1 – витрати, що пов'язані з простоем рухомого складу через виникнення міжопераційних перерв при перевезеннях парком різних власників;

E_2 – витрати, що пов'язані з простоем рухомого складу через невідповідність колійного розвитку інтенсивності надходження поїздів;

E_3 – витрати, що пов'язані з простоем вагонів через зайнятість сортувального пристрою;

E_4 – витрати, що пов'язані з простоем вагонів через зайнятість маневрових локомотивів;

E_5 – витрати, що пов'язані з простоем вагонів через зайнятість вантажних фронтів.

При обмеженнях:

$$\begin{cases} m_p^{\min} \leq m_p \leq m_p^{\max}; M_z^{\min} \leq M_z \leq M_z^{\max}; M_{cf}^{\min} \leq M_{cf} \leq M_{cf}^{\max}; Z_{\min} \leq Z \leq Z_{\max}; \\ N_p^{\min} \leq N_p \leq N_p^{\max}; N_{cf}^{\min} \leq N_{cf} \leq N_{cf}^{\max}; \rho_z^{\min} \leq \rho_z \leq 0,80; T_{mz}^{\min} \leq T_{mz} \leq 24,0 \end{cases} \quad (2)$$

Розподіл інтервалів надходження поїздопотоків на сортувальну станцію О на кожному одноколінному підході описується нормальним законом з від'ємним ексцесом і середньоквадратичним відхиленням $\sigma \geq 6$; на двоколієних підходах спостерігається ерланговий закон розподілу з додатною асимптотою і коефіцієнтом варіації від 0,45 до 0,65. Суперпозиція вхідних потоків для станції може бути апроксимована узагальненим законом Ерланга з коефіцієнтом варіації від 0,74 до 0,86. Згідно з коефіцієнтами варіації та методами розрахунків відповідні підсумки розрахунків числа колій у парках приймання, сортувальному, відправлення для сортувальної станції О, за рекомендованими емпіричними залежностями, наведені на рисунку.

У сфері організації керування, експлуатації та розвитку інфраструктури виявилось, що стан інфраструктурного комплексу повною мірою не відповідає сучасним вимогам; існують ділянки із обмеженою пропускною проможністю та об'єктів із високим рівнем зносу інфраструктури; планований поділ інфраструктури і перевезень вимагає організаційних перетворень, які мають бути науково обґрунтовані; недоліки керування парком вантажних вагонів негативно впливають на стан інфраструктури; визначилися диспропорції в рівнях рентабельності використання рухомого складу та інфраструктури, що не дає можливості знизити транспортну складову в ціні продукції для ключових галузей економіки.

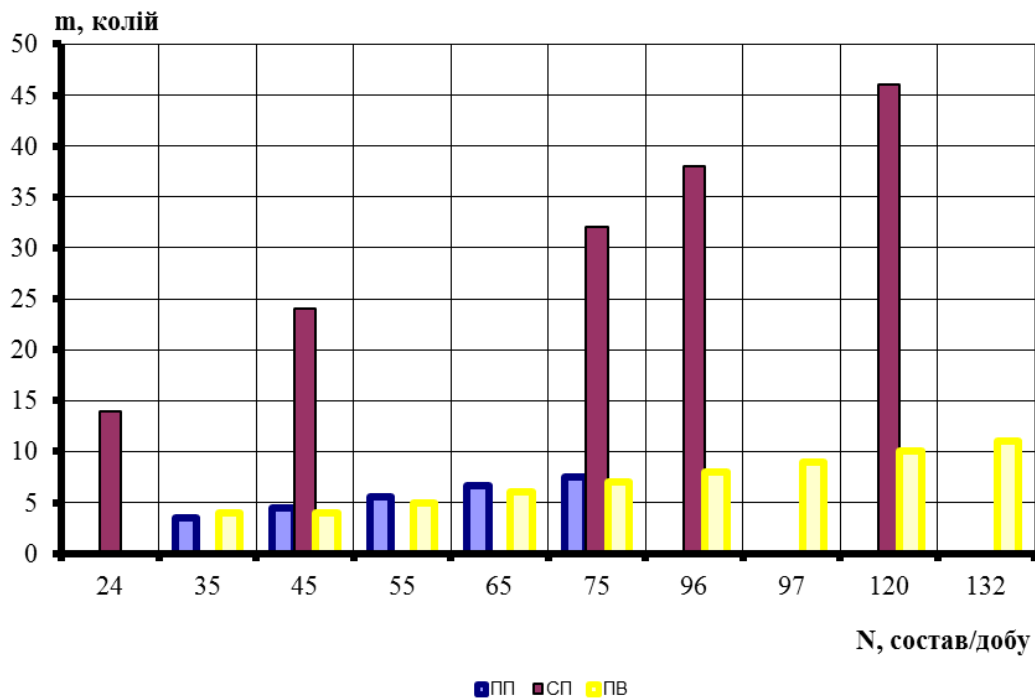


Рис. Залежність розрахункової кількості колій парку приймання від рівня завантаження сортувальної гірки, сортувального парку від обсягу переробки, парку відправлення від обсягу переробки (для ст. О)

Список використаних джерел

1. Данько, М. І. Визначення парку вагонів операторських компаній для забезпечення перевезень вантажів залізничним транспортом [Текст] / М. І. Данько, В. В. Кулешов // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – Вип. 57. – С. 121-128.

2. Крячко, В. І. Ресурсозберігаючі підходи до конструктивно-технологічних параметрів сортувальних станцій [Текст] /

В. І. Крячко, К. В. Крячко, М. П. Носенко // Зб. наук. праць ДонІЗТ. – Донецьк: ДонІЗТ. – 2007. – № 12. – С. 5 – 9.

3. Dewan Md Zahurul Islam, Ross Jackson, Mark Robinson. European freight rolling stock fleet size in 2050 in light of the Transport White Paper 2011 [Текст] // Journal of Rail Transport Planning & Management. Volume 5, Issue 4, December 2015, P. 195–210.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВАНТАЖНОЇ СТАНЦІЇ В УМОВАХ ПРОПУСКУ МІЖНАРОДНОГО ВАГОНОПОТОКУ

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE CARGO STATION IN TERMS OF CROSSING INTERNATIONAL TRAFFIC VOLUME

Унаслідок переорієнтації економіки України на сировинний експорт зросло завантаження напрямків на порти Одеського регіону, збільшилося навантаження на станції магістрального залізничного транспорту, підприємства і на промислові станції відповідних підприємств, що вимагає забезпечення їх сталої роботи. Понад 50 % обороту вагони перебувають на станціях виконання вантажних операцій і на під'їзних коліях. У цьому зв'язку підвищення ефективності роботи вантажних станцій магістрального та промислового залізничного транспорту шляхом удосконалення їх колійного розвитку являє собою важливе науково-практичне завдання. Стратегія зростання ЄС до 2020 року, Біла книга транспорту - політичні ініціативи, націлені на задоволення попиту в умовах підвищення мобільності парків, збереження та залучення нових обсягів перевезень,

забезпечення безпеки елементів транспортної інфраструктури, необхідність переходу на «зелені» види транспорту (з автомобільного транспорту на залізничний). Тому завдання підвищення ефективності роботи вантажної станції в умовах пропуску міжнародного вагонопотоку є актуальним.

На залізничній мережі нашої країни функціонує 245 (станом на 1.01.2013 р.) вантажних станцій (ВС), на яких виконується переважна кількість вантажних операцій (ВО). Більш ніж 1100 станцій мережі відкриті для виконання ВО, але переважний обсяг вантажної роботи виконують ВС. Розподіл станцій мережі за типами та обсягами навантаження-вивантаження наведено відповідно на рисунку. Із ВС мережі залізниць України позакласних – 9,0 %, 1 класу – 21,2 %, 2 класу – 39,2 %, 3 класу – 19,6 %, 4 класу – 11,0 %.

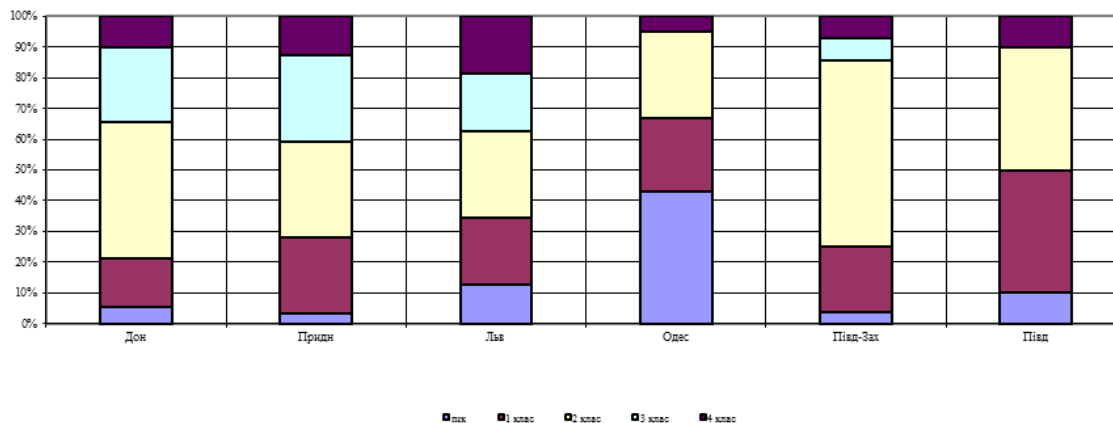


Рис. Структурна діаграма розподілу станцій мережі за типами станцій і обсягами роботи

Модель підвищення ефективності роботи вантажної станції в умовах пропуску міжнародного вагонопотоку у залізничному вузлі М враховує технологію роботи із вагонами різних власників, тип вагонів (універсальні, спеціалізовані) та собівартість вагоно-годин, локомотиво-годин, локомотиво-кілометрів та ін. Оптимальний варіант черговості розвезення

вагонів або подавання-забирання на вантажній станції визначається за мінімумом експлуатаційних витрат.

Модель визначення парку вагонів вантажної станції в умовах пропуску міжнародного вагонопотоку, якими оперує структурний підрозділ ПАТ «Укрзалізниця» - Державне підприємство «Український транспортно-логістичний центр» (ЦТЛ),

$$F(N_{\text{номп}}) = f(Q_{\text{ср}}^{\text{мес}}, Q_{\text{собст}}^{\text{доцт}}, P_{\text{ст}}, K_{\text{доцт}}, K_{\text{обсл}}) \rightarrow \min, \quad (1)$$

де $N_{\text{номп}}$ – парк вагонів в управлінні ТЛЦ, достатній для забезпечення запланованих обсягів перевезень вантажів, ваг; $K_{\text{доцт}}$ – коефіцієнт, що враховує додаткові витрати часу з причин недотримання нормативних (технологічних) термінів доставки вантажів і виконання обороту вагонів в управлінні ЦТЛ; $K_{\text{обсл}}$ – коефіцієнт, що враховує додаткові витрати часу на підготовку,

технічне обслуговування, ремонт вагонів в управлінні ЦТЛ; $Q_{\text{ср}}^{\text{мес}}$ – наявний запланований середньомісячний обсяг перевезень, т; $Q_{\text{собст}}^{\text{доцт}}$ – нормативний оборот вагонів в управлінні ЦТЛ, доб; $P_{\text{ст}}$ – середнє статичне навантаження вагона в управлінні ЦТЛ, т / ваг.

При обмеженнях

$$\{2 \leq Q_{\text{собст}}^{\text{доцт}} \leq 20; 20 \leq P_{\text{ст}} \leq 75; 1,05 \leq K_{\text{доцт}} \leq 1,10; 1,10 \leq K_{\text{обсл}} \leq 1,15. \quad (2)$$

Під величиною обороту вагона розуміємо тривалість виробничого циклу перевезень вантажів ЦТЛ або ОК у часі, тобто це інтервал календарного часу від початку першої виробничої операції – навантаження до закінчення останньої – прибуття зі станції вивантаження порожнього вагона під навантаження.

Величина обороту вагона може бути змодельована за допомогою мереж Петрі як для випадкової роботи, так і з урахуванням ритмічності перевезень і доставки вантажу за графіком «до визначеного терміну».

Завдання підвищення ефективності роботи вантажної станції при міжнародних перевезеннях парком різних власників, на прикладі станції М, що дозволить розробляти оптимальні організаційно-технічні заходи для удосконалення ефективності використання елементів інфраструктури вантажних станцій,

сприяючи ресурсозбереженню та скороченню загальних експлуатаційних витрат.

Парку ЦТЛ у даний момент досить для виконання перевезень. Однак знос вагонного парку складає близько 70 %, тому у випадку зростання обсягів перевезень і списання кількості вагонів парку ЦТЛ можливий їх дефіцит.

Список використаних джерел

1. Данько, Н. И. Разработка организационно-технологической модели управления парком грузовых вагонов разной формы собственности [Текст] / Н. И. Данько, Д. В. Ломотько, В. В. Кулешов // Инновационный транспорт: научно-публицистическое издание – 2012. – №4(5). – С. 8-13.

2. Кулешов, В. В. Удосконалення інформаційної технології роботи з вагонами різних форм власності з метою оптимізації пропускної спроможності залізничних транспортних систем [Текст] / В. В. Кулешов // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків:УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 124. – С. 83 – 90.

3. Tréfond S., Billionnet A., Elloumi S., Djellab H., Guyon O.. Optimization and simulation for robust railway rolling-stock planning // Journal of Rail Transport Planning & Management. In Press, Corrected Proof, Available online 17 March 2017.

УДК 005:656.072

В. В. Кулешов, В. О. Петровська

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СОРТУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ СТАНЦІЇ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ЇЇ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

V. V. Kuleshov, V. O. Petrovsky

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE SORTING PROCESS STATION BY IMPROVING ITS CONSTRUCTIVE-TECHNOLOGICAL PARAMETERS

Проблеми підвищення ефективності роботи інфраструктури залізниць України є об'єктивними факторами поточного стану галузі, які суттєво ускладнюють створення і впровадження нових технічних і технологічних рішень. До цих чинників можна віднести відсутність підтримки інноваційного розвитку залізниць України з боку держави, нестабільність і постійне зростання цін на енергоносії, ступінь зносу основних фондів інфраструктури залізниць України, що в даний час перевищує 70 %. Одним із завдань, що потребують вирішення, є обґрунтування раціональних конструктивно-технологічних параметрів сортувальних пристроїв на залізничних станціях України. Вибір конструктивно-технологічних параметрів сортувальних пристроїв, який проводиться за нормативами, на сьогодні є недосконалим, що підтверджується дослідженнями ряду вчених. Таким чином, для обґрунтування конструкції і технології роботи діючих сортувальних гірок доцільно використати

нові підходи, в основу яких покладено сучасні математичні апарати. Тому завдання підвищення ефективності сортувального процесу станції шляхом удосконалення її конструктивно-технологічних параметрів є актуальним.

За характером роботи станція є сортувальною двостороннього типу, за обсягом виконуваної роботи віднесена до позакласної. До станції примикають перегони: Ж - Браїлів – триколіїний, електрифікований; Ж - Ярошенка – двоколіїний, електрифікований; Ж - Сербинівці – двоколіїний, електрифікований; Ж - Матейкове – одноколіїний, неелектрифікований. В непарній сортувальній системі розташовані: Пасажи́рський приймально-відправний парк; Київський приймально-відправний парк; Брянський приймально-відправний парк; Волочи́ський приймально-відправний парк; Ранжи́рний приймально-відправний парк; Козя́тинський сортувально-відправний парк; колії сортувальної платформи;

головні, ходові та запобіжні колії. Парна сортувальна система станції складається з двох послідовно розташованих парків Могилівського приймально-відправного та Подільського сортувально-відправного. В парній сортувальній системі розташовані: Північний приймально-відправний парк; Південний приймально-відправний парк; Могилівський приймально-відправний парк; Подільський сортувально-відправний парк; колії вантажного району; головні, ходові та запобіжні колії. В непарній сортувальній системі розташована немеханізована сортувальна гірка малої потужності з однією колією насуву та однією колією розпуску. В парній сортувальній системі розташована механізована сортувальна гірка великої потужності з двома коліями насуву та однією колією розпуску.

Сортувальна гірка обладнана комплексом автоматичних пристроїв до складу яких входить: гіркова автоматична централізація блочного типу (ГАЦ); вагонні уповільнювачі кліщоподібно-вагового типу КВ-3; пристрої дистанційного, напівавтоматичного огороження колій сортувально-відправного парку; пристрої ув'язки ГАЦ з постом централізації ЕЦ-3; пристрої двостороннього паркового зв'язку; пристрої двостороннього маневрового радіозв'язку.

Діючий науковий підхід до розрахунку висоти сортувальної гірки дає у багатьох випадках завищений результат, що стає зрозумілим при натурних спостереженнях процесу розформування составів або в ході технологічних розрахунків шляхом моделювання скочування розрахункових бігунів у розрахункових сполученнях. Потрібна переробна спроможність сортувальної гірки визначається

$$N_{\text{потр}} = \frac{\alpha_{\text{нр}} (N_{\text{пр}} + N_{\text{місц}} + N_{\text{повт}})}{K},$$

де $N_{\text{пр}}$, $N_{\text{місц}}$, $N_{\text{повт}}$ – відповідно середньодобова кількість вагонів, які перебувають у переробку з суміжних станцій, місцевих, повторної і додаткової переробки; $\alpha_{\text{нр}}$ – коефіцієнт добової нерівномірності обсягів переробки; K – коефіцієнт використання переробної спроможності.

Висота сортувальної гірки повинна забезпечувати скочування відцепів до розрахункової точки (РТ) усіх колій в несприятливих для роботи гірки метеорологічних умовах. Висоту гірки за цією умовою належить визначати (перевіряти) для поганого бігуна (ПБ) – чотиривісного піввагона з характеристиками розрахункового повільного бігуна легкої категорії маси (ПЛ).

Оскільки аналітичний спосіб не дозволяє отримати точний результат розрахунку висоти гірки при прийнятих Правилами і нормами проектування сортувальних пристроїв припущеннях, пропонується висоту гірки визначати шляхом моделювання скочування розрахункового бігуна з урахуванням стохастичної природи окремих вихідних даних. Це дозволить максимально врахувати конструктивні особливості сортувального пристрою і метеорологічні умови.

Для використання на спускній частині гірки механізованої ГП доцільним є збереження елемента профілю вказаної позиції. З метою мінімізації обсягів робіт з реконструкції сортувальної гірки станції пропонується залишити без змін профіль за третім елементом профілю і розрахувати оптимальну кругість перших трьох елементів профілю за умовою мінімізації висоти гірки.

Є необхідним раціоналізувати процес розвитку маневрових районів на станціях з інтенсивною роботою за умови створення умов застосування сучасної гіркової технології на основі механізації та

автоматизації гіркових технологічних операцій. З цією метою колійний розвиток в таких районах, де вагони сортуються на чотирьох і більше коліях, необхідно проектувати без наявності приймання-відправлення поїздів.

Застосування механізованих або автоматизованих гіркових сортувальних пристроїв у працюючих маневрових районах із надмірно довгими горловинами (із звичайними стрілочними переводами марки 1/9 замість симетричних з марками 1/6) вимагає виділення двох маневрових районів і спорудження двох сортувальних пристроїв.

У такому випадку сортування вагонів виконується послідовно – спочатку на першому, а потім на другому сортувальному пристрої. На першому сортувальному пристрої передбачається відсівна колія для вагонів повторного сортування на другому пристрої.

Розробка типових альбомів ГАЦ і АРС для гірок малої потужності буде сприяти механізації та автоматизації

процесу сортування вагонів на багатьох станціях залізничної мережі України.

Список використаних джерел

1. Кулешов, В. В. Проблемы механизации и автоматизации горок малой мощности / В. В. Кулешов, А. П. Шипулин, Л. Б. Тишкин // Железнодорожный транспорт. – М.; 1992, – № 4. – С. 15 – 19.
2. Берестов, І. В. Математична модель для визначення оптимальних конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок [Текст] / І. В. Берестов, О. М. Огар, О. Б. Ахієзер, М. Ю. Куценко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2009. – № 1/6 (37). – С. 4–8.
3. Mojtaba Rajabi-Bahaabadi, Afshin Shariat-Mohaymany, Mohsen Babaei, Chang Wook Ahn. Multi-objective path finding in stochastic time-dependent road networks using non-dominated sorting genetic algorithm Expert Systems with Applications. Volume 42, Issue 12, 15 July 2015. – P. 5056–5064.

УДК 005:656.072

В. В. Кулешов, В. І. Ареф'єв, С. Ю. Кравченко

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МІСЦЕВОЇ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СТАНЦІЇ В УМОВАХ РОЗВИТКУ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ

V. V. Kuleshov, V. I. Aref'ev, S. Yu. Kravchenko

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE SORTING PROCESS STATION BY IMPROVING ITS CONSTRUCTIVE-TECHNOLOGICAL PARAMETERS

Транспортний ринок операторських компаній-власників рухомого складу (ОК) різної форми власності в Україні розвивається. В умовах жорсткої конкурентної боротьби на ринку транспортних послуг зростають вимоги до якості транспортного обслуговування як у внутрішньому, так і в міжнародному

сполученнях, що неможливо без використання сучасних інформаційних технологій. Нераціональний перерозподіл маневрової та сортувальної роботи між основними станціями у залізничних вузлах при формуванні передаточних та інших категорій поїздів також суттєво впливає на ефективність використання інфраструктури

залізниць України. В дослідженнях вчених [1-3] недостатньо приділено уваги обслуговуванню вантажовідправників і вантажоотримувачів на залізничних станціях з урахуванням стабільної доставки вантажів на основі використання жорсткого графіка руху поїздів в умовах розвитку інформатизації. Тому завдання удосконалення технології місцевої роботи залізничної станції в умовах розвитку інформатизації є актуальним.

У вагонах, якими оперує структурний підрозділ ПАТ «Укрзалізниця» - Державне підприємство «Український транспортно-логістичний центр» (ЦТЛ), в 2013 році було перевезено 141 млн т вантажів, що на 0,16 % більше, ніж в 2012 році. За станом на 01.04.2014 р. УТЛЦ оперував 58,1 тис. вагонів державних вагонних компаній Укрзалізниця, у т.ч.: ДП «Дарницький вагоноремонтний завод» (ДВРЗ) - 40,5 %, ДП «Український державний центр з експлуатації спеціалізованих вагонів» «Укрспецвагон» (УСВ) - 36,9 %, ДП «Український державний центр залізничних рефрижераторних перевезень» «Укррефтранс» (УРТ) - 15,6 %, ДП «Стрийський вагоноремонтний завод» (СВРЗ) - 6,4 %, ДП «Український державний центр транспортного сервісу Лиски» (Лиски) - 0,5 %. Для оптимізації перевізного процесу УТЛЦ здійснює експедирування перевезень вантажів у вагонах приватних власників у межах України.

Парк власних вагонів налічує ОК 41,7 тис. вагонів, у т.ч.: ТОВ «Лемтранс» - 49,3 %, ТОВ «Металургтранс» - 12,2 %, ДП «Трансгарант-Україна» - 9,5 %, ПАТ «Укренерготранс» - 8,7 %, ДП «Укрспецвагон» - 6,8 %, ТОВ «ЄвразТрансУкраїна» - 4,5 %, ТОВ «ЕКС ІМ ТРАНС» - 2,7 %, ТОВ «Металургійна транспортна компанія» - 2,3 %, ТОВ «Центротранс» - 1,3 %, ТОВ «Українська нова перевізна компанія» - 0,6 %, ТОВ «ТРАНС ЕНЕРДЖИ» - 0,6 %, ТОВ «Укрметалургтранс» - 0,6 %, ТОВ

«Інтерлізінвест» - 0,4 %, ТОВ «Днепркартранс» - 0,3 %, ТОВ «ТК-ЛОГІСТИК» - 0,2 %, ТОВ «ТЕК «Енерготранс» - 0,1 %.

Запропонована модель стохастичного програмування з цільовою функцією, яка в свою чергу є функціоналом. Розрахунки цільової функції мають відповідні обмеження: за кількістю колій, маневрових локомотивів, вагонів, маси поїздів, місткості вантажних районів.

Витрати під час знаходження місцевих вагонів i -того власника (в управлінні ЦТЛ або ОК) на сортувальному та вантажному комплексах, грн,

$$Z_1 = (t_{\text{сорт}} + t_{\text{вант}})(e_{\text{ЦТЛ}} P_{\text{ЦТЛ}} + e_{\text{ОК}} P_{\text{ОК}}) m_c, \quad (1)$$

де m_c – загальна кількість вагонів у подачі;

$t_{\text{сорт}}, t_{\text{вант}}$ – тривалість знаходження вагонів на сортувальних і вантажних станціях;

$e_{\text{ЗА}}, e_{\text{ОК}}$ – плата за користування вагонами відповідно: інвентарного парку в управлінні ЦТЛ, власного парку ОК, грн;

$P_{\text{ЗА}}, P_{\text{ОК}}$ – імовірності надходження на станцію вагонів відповідно: інвентарного парку ЗА, власного парку ОК за добу.

Всі вказані дані мають мінімальні та максимальні значення, згідно технологічним процесом роботи станції.

Витрати на пробіги вивізних і передаточних поїздів, грн,

$$Z_3 = Q_n L C_k 10^{-4}, \quad (2)$$

де Q_n - маса вивізного або передаточного поїзда, т; L - довжина дільниці прямування; C_k - витратна ставка локомотиво-кілометра, грн.

Витрати на інформаційне забезпечення станційних операцій сортувальної, вантажної роботи, маневрового руху на станції, грн,

$$Z_5 = 24 \cdot V_i \cdot C_{mg} , \quad (3)$$

де V_i – обсяг інформації, яка фіксується, обробляється та підлягає збереженню упродовж одиниці часу; C_{mg} – вартість машино-години функціонування серверу, АРМ та лінійної мережі вузла.

Модель організації відправницького маршруту із вагонів парку різних власників (ЦТЛ та ОК) виконується за умов використання сумісного плану формування та жорсткого графіка руху поїздів.

Вагонопотік (N), дільнична швидкість, тривалість очікування та розформування мають коливання. Організація відправницького маршруту із вагонів парку різних власників (ЦТЛ та ОК) проводиться за вищевказаними умовами, але враховуються витрати на заміну состава (на один або декілька рейсів, з поверненням або ні) на станції навантаження на інші вагони.

Аналіз використання елементів інфраструктури станції і під'їзних колій показав, що динаміка зміни обсягів загального навантаження по станції свідчить про їх погіршення, що пов'язано з недостатньо ефективною роботою з виконання поїзних та маневрових пересувань.

Модель розвезення місцевих вагонів передаточним локомотивом у залізничному

вузлі на вантажні станції при міжнародних перевезеннях власним рухомим складом побудована на принципах ресурсозбереження перевізних ресурсів, дасть зниження експлуатаційних витрат.

Оптимальна послідовність перевезень передаточним або маневровим локомотивом вагонів на станції дозволяє скоротити простої місцевих вагонів на вантажних станціях, знизити експлуатаційні витрати.

Список використаних джерел

1. Кулешов, В. В. Формування Єдиної технології процесу перевезень операторів рухомого складу на інфраструктурі залізниць [Текст] / В. В. Кулешов // Вагонный парк – 2014. – № 7(88). – С. 4-7.

2. Прохорченко, А. В. Удосконалення технології корегування плану формування поїздів на основі погодженої організації групових поїздів оперативного призначення [Текст] / А. В. Прохорченко, Л. В. Корженівський // Восточно-Европейський журнал передових технологій. – 2008. – Т. 6, № 6 (36). – С. 36-39.

3. Christoph Hansen, Tugrul Daim, Horst Ernst, Cornelius Herstatt. The future of rail automation: A scenario-based technology roadmap for the rail automation market// Technological Forecasting and Social Change. Volume 110, September 2016. – P. 196-212.

2010 MSC 39A70, 47B39, 34B07

В. І. Храбустовський

ПРО РІЗНИЦЕВІ ВІДНОШЕННЯ З ОПЕРАТОРНИМИ КОЕФІЦІЄНТАМИ

V. I. Khrabustovskyi

ON THE DIFFERENCE RELATIONS WITH OPERATOR COEFFICIENTS

It is known [1] that difference equations often arise in mathematical models of physical or technical processes. In particular such

equations plays an important role in the theory of impulse systems [3].

In this talk we consider in regular and singular cases various difference equations with operator coefficients containing spectral parameter in Nevanlinna manner. Usually a relations (but not an operators) correspond to such equations.

For this equations we introduce and examine:

2. Characteristic operator, which is an analogue of Weyl – Titchmarsh characteristic matrix;

3. Weyl type solutions;

4. Analogue of the generalized resolvent;

5. Various cases of eigenfunction expansions and conditions implying the fulfillment of the Parseval equality;

6. Inverse problems.

These results are analogous to results obtained in [4], [5], [6] for differential equations.

Let us notice that matrix difference equations studied in [1], [7] and difference equations generated by Jacobi matrix with operator elements [2] can be reduced to considered equations.

REFERENCES

[1] F. Atkinson. Discrete and Continuous Boundary Problems, Acad. Press, New York –

London, 1964. (Russian transl. Mir. Moscow, 1988).

[2] Ju. M. Berezanskiy, Expansions in Eigenfunctions of Selfadjoint Operators, Amer. Math. Soc., Providence, RI. 1968. (Russian edition: Naukova Dumka, Kiev. 1965).

[3] A. Halanay, D. Wexler. Teoria calitativa a sistemelor cu impulsuri. Editorica Academeici. Republicii Socialiste Romania Bucuresti, 1968 (Russian translation. Mir. Moskov 1971).

[4] V.I. Khrabustovskii. On the characteristic matrix of Weyl-Titchmarsh type for differential-operator equations which contains spectral parameter in linear or Nevanlinna's manner. Mat.Fiz. Anal. Geom/ 10 (2003), no. 2, 205-227. (Russian).

[5] V.I. Khrabustovskiy. Analogs of generalized resolvents for relations generated by pair of differential operator expressions one of which depends on spectral parameter in nonlinear manner. J. Math. Phys. Anal. Geom. 9 (2013), no. 4. 496-535.

[6] V.I. Khrabustovskiy. Eigenfunction expansions associated with operator differential equation depending on spectral parameter nonlinearly. Methods Funct. Anal. Topology 15, vol. 20, no. 1, 2014, pp. 68-91.

[7] L.A. Sakhnovich. Interpolation theory and I-ts Application Kluver Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London.

УДК 539.219; 539.219.3; 539.217

О. А. Осмаєв, Р. В. Шаповалов

ДЕЯКІ ПИТАННЯ ДИФУЗІЙНОГО РОЗПАДУ БІНАРНОГО ТВЕРДОГО РОЗЧИНУ

О. А. Osmayev, R. V. Shapovalov

SOME PROBLEMS OF THE DIFFUSION DECOMPOSITION OF A BINARY SOLID SOLUTION

Дифузійний розпад бінарного твердого розчину, який протікає по бінодальному механізму [1,2], приводить до утворення виділень нової фази в

матриці, збідненій однією з компонент. В умовах постійної температури й тиску кластери нової фази мають широкий розкид за розміром практично на всіх стадіях

процесу. Наслідком виникаючої неоднорідності в початково однорідному матеріалі є погіршення його механічних властивостей, а отже, і експлуатаційних характеристик. За відсутності градієнтів температури, тиску й зовнішніх полів двокомпонентний макроскопічно однорідний твердий розчин, наприклад бінарний сплав, є термодинамічною фазою. Це значить, що сплав, у якому концентрація однієї з компонент перевищує деяке граничне значення, не є в термодинамічній рівновазі, а перебуває в нестійкому стані. У цьому випадку найменше можливе значення енергії Гіббса бінарного сплаву відповідає суміші двох однорідних фаз із різною концентрацією компонент. Якщо концентрація вихідної нерівновагої фази не надто відрізняється від зазначеного граничного значення, то розпад на дві стійкі фази відбувається шляхом нуклеації, тобто зародки нової фази утворюються й ростуть за рахунок флуктуацій складу.

Будемо розглядати розпад бінарного твердого розчину (сплаву) як стохастичний процес [3]. Переміщення атомів домішки в розчині є випадковим, тобто таким самим є й зміна розмірів кластерів, оскільки вона обумовлена цим переміщенням. Отже, розмір кожного кластера, як і його місцезнаходження у сплаві, є випадковою величиною. Деталізація координатного положення кластерів в наближенні кластерного газу є надлишкова, оскільки термодинамічний потенціал залежить тільки від кластерного складу, тиску та температури. Отже, стохастичним процесом є також ТД потенціал, який і визначає стан сплаву. Зовнішні параметри –

тиск і температура можуть бути або заданими функціями часу, або постійними. В останньому випадку ТД потенціал є стаціонарним стохастичним процесом [3].

Виявлено, що при врахуванні стохастичної природи нуклеації у відомій системі рівнянь Фаркаша – Беккера – Дьорінга (ФБД), яка описує нуклеацію і зростання зародків, виникають додаткові члени. Показано, що система рівнянь ФБД є наслідком припущення про точковий розподіл ймовірностей кластерного складу. Узагальнене припущення – багатовимірний нормальний розподіл – дозволило одержати замкнуту систему рівнянь для перших і других моментів розподілу ймовірностей.

Розвинуто стохастичний погляд на процес нуклеації і показано, що при врахуванні випадкової природи зростання та зменшення зародків нової фази систему кінетичних рівнянь, що описують нуклеацію, треба доповнити.

Побудовано замкнену систему кінетичних рівнянь, яка описує спільну еволюцію перших та других моментів функції розподілу ймовірності кластерного складу бінарного сплаву в наближенні багатовимірної гауссоїди.

Список використаних джерел

1. Slezov, V. V. Kinetics of First-order Phase Transitions (Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.: 2009).
2. Kashchiev, D. Nucleation Basic Theory with Applications (Oxford: Butterworth Heinemann: 2000), P. 529.
3. Van Kampen, N. G. Stochastic Processes in Physics and Chemistry (Elsevier: 1992), P. 480.

ПРО МОЖЛИВОСТІ ЗНИЩЕННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Yu. V. Kulish, E. V. Rybachuk

ON POSSIBILITIES OF DESTRUCTION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

Захист об'єктів від атак безпілотних літальних апаратів (БЛА) став важливою проблемою [1]. Знешкодження таких безпілотників можна виконати у два етапи. На першому етапі необхідно виявити БЛА, а на другому етапі знищити. Труднощі виявлення БЛА пов'язані з їхніми малими розмірами і тим, що вони виготовляються з радіопрозорих матеріалів (пластиків), внаслідок чого їх важко спостерігати за допомогою існуючих радіолокаторів. Для виявлення БЛА можна скористатись такими їхніми властивостями: а) вони рухаються завдяки двигунам (які породжують звукові сигнали і які мають підвищену температуру); б) вони видимі в оптичному та інфрачервоному діапазонах електромагнітних хвиль.

Реєстрацію акустичних сигналів, породжених БЛА, можна здійснити за допомогою потрібним чином доопрацьованих шумопеленгаторів, а також звукоуловлювачів (таких, які були в 30-х роках ХХ-го століття). Випромінювання інфрачервоних променів двигунами БЛА на фоні неба може бути виявлене тепловізорами. Для спостереження БЛА в оптичному діапазоні можна застосувати прожектори (в тому числі ліхтарі, наприклад такі, як на залізничних локомотивах). При цьому для зменшення фонових сигналів можна використати світлові промені з деякими частотами (наприклад, за допомогою світлофільтрів). Усі ці засоби спостереження БЛА мають бути однаково орієнтовані у просторі і працювати на збіг сигналів, виданих різними приладами спостереження.

Зазначимо, що не обов'язково безпосередньо знищувати БЛА. Для захисту від атак БЛА можуть виявитись достатніми виникнення збоїв у системі управління БЛА або у системі зв'язку з командним пунктом БЛА.

Після виявлення БЛА можна знищити різними методами, як традиційними, так і новими. Наприклад, підсвічені БЛА можна знищити за допомогою зенітних гармат або ракет з головками самонаведення в оптичному або/ та інфрачервоному діапазонах. Окрім таких традиційних методів знищення БЛА [1], можна застосувати: 1) прискорювачі елементарних частинок (електронів та протонів); 2) лазери на вільних електронах; 3) лазери для різання матеріалів.

Розглянемо ці методи боротьби з БЛА.

1. Прискорювачі електронів можуть мати подвійну дію на БЛА: а) при проходженні електронів через повітря утворюються промені електромагнітних хвиль, у тому числі і Х-промені (рентгенівські промені). Х-промені призводять до іонізації повітря і матеріалів у БЛА. Це може викликати пробої в електричних колах і вихід з ладу систем управління БЛА та систем зв'язку з командним пунктом БЛА; б) накопичення електричних зарядів на поверхні БЛА призведе до утворення різниці потенціалів та пробоїв у системах управління БЛА і зв'язку з командним пунктом БЛА. Пучки електронів та окремо пучки протонів мають приводити до іонізації і накопичення електричних зарядів на поверхні БЛА.

Можна використовувати лінійні прискорювачі та циклічні прискорювачі. Лінійні прискорювачі дають змогу прискорювати частинки до відносно невеликих енергій, але дозволяють одержувати неперервні пучки частинок. Циклічні прискорювачі можуть прискорювати частинки до досить високих енергій, але випромінюють частинки у вигляді згустків через проміжки часу приблизно в одну секунду. Прискорювачі електронів можуть бути також джерелами синхротронного випромінення. Для цього

пучок електронів на виході з прискорювача має проходити через магнітне поле.

2. Лазери на вільних електронах можна розглядати як джерело X-променів.

3. Оскільки багато БЛА виготовлені з пластиків, то вони повинні досить легко руйнуватись (або навіть розрізатись) відповідними лазерами.

Список використаних джерел

1. Титов, О. Как уничтожить беспилотник [Текст] / О. Титов // Популярная механика. – 2014. – № 138.

УДК 517.928:534.1

А. О. Клименко, Ю. В. Михлін

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ ФОРМ КОЛИВАНЬ МАЯТНИКОВИХ СИСТЕМ

А. О. Klymenko, Yu. V. Mikhlin

MATHEMATICAL MODELING OF NONLINEAR OSCILLATIONS OF PENDULUM SYSTEMS

Маятникові системи описуються класичними моделями математики, прикладної механіки і теоретичної фізики, дослідження яких дозволяє виділити багато важливих нелінійних динамічних ефектів. Відомі численні застосування таких систем в техніці, зокрема, в задачах віброгасіння. Маятникові гасителі коливань використовуються для зниження рівня коливань різних інженерних споруд, апаратів і механізмів: висотних будівель, технічного обладнання та апаратів машинобудування, димових труб, телевізійних веж, антен та ін. Зазначимо також, що багато інженерних систем взаємодіють з джерелом енергії обмеженої потужності. Резонанс в таких системах призводить до значних коливань відповідних пружних підсистем (так званий

ефект Зомерфельда), коли значна частина енергії коливань переходить з джерела енергії до пружних підсистем. Для гасіння резонансних коливань також можуть бути використані маятники як гасителі коливань.

Динаміка маятникових систем моделюється нелінійними диференціальними рівняннями, знаходження точного аналітичного розв'язку яких неможливо. Це приводить до необхідності виділення найбільш важливих динамічних режимів, насамперед нелінійних нормальних форм коливань (ННФ), які є узагальненням нормальних коливань лінійних систем. В останні роки ННФ активно використовуються в теоретичних та прикладних задачах. Моделювання ННФ у маятникових системах приводить до необхідності розвитку відповідного

чисельно-аналітичного методу аналізу, який об'єднує як асимптотичні, так і ефективні сучасні обчислювані процедури.

Для моделювання форм коливань розроблено чисельно-аналітичний метод, що базується насамперед на побудові траєкторій розв'язків в конфігураційному просторі у вигляді степеневих рядів за малим параметром і за одною з координат [1, 2, 4-7]. Розроблений метод містить також аналіз стійкості нелінійних форм коливань [1, 2, 4-7]. Для аналізу параметричних та вимушених коливань маятникових систем використовувалася ітераційна процедура побудови нелінійних форм коливань. Запропонований метод використано для моделювання нелінійних форм коливань системи з обмеженим збудженням і з маятниковим гасителем коливань. Отримано умови, за яких можна суттєво зменшити амплітуди коливань пружних підсистем [2, 6].

Список використаних джерел

1. Klimenko A. A., Mikhlin Yu. V., Awrejcewicz J. Nonlinear normal modes in pendulum systems // *Nonlinear Dynamics*. – 2012. – Vol. 70. – Issue 1. – P. 797-813.

2. Клименко, А. А. Нелинейная динамика пружинного маятника [Текст] / А. А. Клименко, Ю. В. Михлин // *Динамические системы*. – 2009. – Вып. 27. – С. 51-66.

3. Клименко, А. А. Нелинейные формы колебаний механической системы с маятниковым гасителем колебаний [Текст] / А. А. Клименко, Ю. В. Михлин // *Механика твердого тела*. – 2010. – Вып. 40. – С. 162-171.

4. Клименко, А. А. Нелинейные нормальные формы колебаний маятниковых систем [Текст] / А. А. Клименко, Ю. В. Михлин // *Методы розв'язування прикладних задач механіки деформівного твердого тіла*. – 2012. – Вип. 13. – С. 204-211.

5. Клименко, А. А. Нормальные формы колебаний в нелинейной системе, содержащей маятниковый гаситель колебаний [Текст] / А. А. Клименко, Ю. В. Михлин // *Проблемы машиностроения*. – 2014. – Т. 17, № 3. – С. 38-44.

6. Klimenko A.A., Mikhlin Yu.V., Awrejcewicz J. Nonlinear normal modes in pendulum systems // *The 4th Int. Conference on Localization, Transfer of Energy and Nonlinear Normal Modes in Mechanics and Physics. Booklet of Abstracts*. – Haifa (Israel), 2012. – P. 32-34.

7. Mikhlin Yu.V., Klimenko A.A., Plakhsy K.Yu. Nonlinear normal modes and their interaction in non-ideal systems with vibration absorber // *The 8th European Nonlinear Dynamics Conference (ENOC 2014): Proceedings*. – Vienna (Austria), 2014. – 2 p.

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ УКРАЇНСЬКОГО
ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ**

**COLLECTED SCIENTIFIC WORKS OF UKRAINIAN
STATE UNIVERSITY OF RAILWAY**

Випуск 169 (додаток)

«Збірник наукових праць УкрДУЗТ» включено до списку друкованих (електронних) періодичних видань, що включаються до Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (Наказ МОН України від 21.12.2015 р. № 1328 (додаток 8)).

Тези друкуються в авторській редакції мовою оригіналу

Відповідальний за випуск Янченко Л.В.

Редактори Буранова Н.В., Еткало О.О., Решетилова В.В.

КВ № 21515 - 11415ПР від 27.07.2015 р. Підписано до друку 25.04.2017 р.
Формат паперу А4. Папір писальний.
Умовн.друк. арк. 16,0. Тираж 105. Замовлення № .

Видавець Український державний університет залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.