



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

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

Випуск 143

Харків 2014

УДК 656.2.004.18

У збірнику 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 залізнична колія, автоматики, телемеханіки та зв'язку.

Збірник 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 Української державної академії залізничного транспорту включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus (Польща). Реєстрацією збірника можна ознайомитися на сайті <http://jml2012.indexcopernicus.com/masterlist.php?page=127>

ISSN 1994-7852

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 8617 видане 06.04.2004р. Друкується за рішенням Вченої ради академії, протокол № 2 від 25 лютого 2014р.

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

РЕДАКЦІЙНО-ВИДАВНИЧА РАДА:

Члени Ради:

д.т.н., професор С.В. Панченко – голова Ради
д.т.н., професор Д.В. Ломотько – заступник голови
к.т.н., професор А.О. Каграманян – заступник голови
завідуючий НДЧ – заступник голови
д.т.н., професор - А.Б. Бойнік
д.т.н., професор – Т.В. Бутько
д.е.н., професор – В.Л. Дикань
д.т.н., професор – А.М. Котенко
д.т.н., професор – С.В. Лістровий

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

Рухомий склад залізниць

д.т.н., професор Е.Д. Тартаковський – головний редактор
д.т.н., професор В.І. Кисельов МДУШС (Росія)
д.т.н., професор О.М. Грищенко ПДУШС (Росія)
д.т.н., професор А.П. Фалендиш
д.т.н., професор О.Б. Бабанін
д.т.н., професор Я.В. Щербак
д.т.н., професор В.Г. Пузир
д.т.н., професор І.Е. Мартинов
д.т.н., професор Ю.С. Калабухін

Експлуатація залізниць

д.т.н., професор Т.В. Бутько – головний редактор
д.т.н., професор В.Я. Негрей БелДУТ (Білорусь)
д.т.н., професор Д.Г. Неволін УрДУШС (Росія)
д.т.н., професор М.М. Бабаєв
д.т.н., професор А.Б. Бойнік
д.т.н., професор А.М. Котенко
д.т.н., професор О.Г. Шибасєв
д.т.н., професор В.Н. Бобровський
д.т.н., професор І.В. Жуковицький
д.т.н., професор Є.С. Альошинський

Теплові двигуни

д.т.н., професор А.П. Фалендиш – головний редактор
д.т.н., професор О.Є. Пудовиков МДУШС (Росія)
д.т.н., професор В.І. Мороз
д.т.н., професор В.М. Зайончковський
д.т.н., професор А.П. Марченко
к.т.н., професор А.О. Каграманян
д.т.н., професор С.А. Єроценков
д.т.н., професор Д.С. Жалкін
к.т.н., доцент В.В. Савенко

Будівельні матеріали, конструкції та споруди

д.т.н., професор А.А. Пługін – головний редактор
д-інженер, професор Х.-Б.Фішер, Веймарський будівельний університет (Німеччина)
д.т.н., професор В.С. Лесовик, Белгородський державний технологічний університет ім. В.Г. Шухова (Росія)
д.т.н., професор А.Д. Омаров, Гуманітарний університет транспорту і права ім. Д.А.Кунаєва (Республіка Казахстан)
д.х.н., професор А.М. Пługін
д.т.н., професор М.Ю. Ізбаш
д.т.н., професор В.С. Софронов
д.т.н., професор Г.М. Шабанова
д.т.н., професор О.М. Даренський
д.т.н., професор Ю.О. Ландау
к.т.н., доцент Г.Л. Ватуля

Технологія металів та матеріалознавство

д.т.н., професор Л.А. Тимофєєва - головний редактор
д.т.н., професор Л.М. Акулович, Білоруський державний аграрний технічний університет (Білорусь)
д.т.н., професор Мілорад Мілованшевич, Белградський університет машинобудувальний факультет (Сербія)
д.т.н., професор В.А. Власовець
д.т.н., професор Е.С. Геворкян
д.т.н., професор С.А. Клименко
д.т.н., професор В.І. Мороз
д.т.н., професор В.М. Остапчук

Автоматизовані системи електричного транспорту

д.т.н., професор Я.В. Щербак – головний редактор
д.т.н., професор Мирослав Люфт, Радомський технологічно-гуманітарний університет ім. К.Пуласького (УН)
д.т.н., професор Ю.І. Гусєвський
д.т.н., професор Г.Г. Жемеров
д.т.н., професор В.Б. Клепиков
д.т.н., професор В.І. Омеляненко
д.т.н., професор В.Г. Ягуп
к.т.н., доцент С.І. Яцько

За загальною редакцією к.т.н., доцента С.В. Михалківа

ISSN 1994-7852

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

©Українська державна академія
залізничного транспорту, 2014

ЗМІСТ

Експлуатація залізниць

<i>Запара В.М., Запара Я.В., Обухова А.Л.</i> Обґрунтування пропозицій щодо забезпечення якісної технології охорони вантажів	5
<i>Кулешов В.В., Дощечкін О.Р., Бурмагіна Ю.М.</i> Проблеми оцінки інвестицій у визначення експлуатаційних параметрів горловин станцій	9
<i>Огар О.М.</i> Розрахунок координат осей вагона при скочуванні відчепів з гірки	16
<i>Запара Я.В.</i> Оцінка заходів, спрямованих на удосконалення технології охорони вантажів та елементів інфраструктури залізниць	21
<i>Таратушка К.В.</i> Визначення раціональних режимів регулювання швидкості скочування відчепів з гірки	28
<i>Онищенко Н.Г., Епштейн С.І., Нікулін С.Ю.</i> Дослідження та розроблення математичної моделі очищення нафтовмісних стічних вод залізниці	32

Рухомий склад залізниць

<i>Братченко О.В.</i> Блочно-ієрархічне описання конструкції енергетичних установок сучасних тепловозів	47
<i>Ловська А.О.</i> Визначення зусиль розпору насипного вантажу на стіни кузова напіввагона при перевезенні залізничним поромом	54
<i>Фалендиш А.П., Сумцов А.Л., Трубіхін О.В.</i> Досвід технічної експлуатації тягового рухомого складу на залізницях Північної Америки	58
<i>Фомін О.В.</i> Впровадження напівтруб як елементів несучих систем напіввагонів з глухим кузовом	63
<i>Мартинов І.Е., Труфанова А.В., Ільчишин В.М.</i> До питання оцінки надійності буксових вузлів критих універсальних вагонів	69
<i>Грищенко Ю.М.</i> Визначення зміни забрудненості оливи тепловозних дизелів в експлуатації	75

Теплові двигуни

<i>Бабіченко Ю.А.</i> Підвищення ефективності процесу вторинної конденсації аміачного виробництва	81
---	----

Будівельні матеріали, конструкції та споруди

<i>Плугин А.А., Винниченко В.И., Борзяк О.С., Рязанов А.Н.</i> Долomitовый цемент, затворяемый водой	87
<i>Баранова А.А.</i> Обоснование фракционного состава частиц сырьевого гипса для получения α -формы гипсового вяжущего с использованием двухстадийной технологии	97
<i>Плугин А.А., Костюк Т.А., Арутюнов В.А., Партала Н.Н., Суханова Ю.А.</i> Рулонный композиционный материал для ремонта и гидроизоляции бетонных, железобетонных и каменных конструкций и сооружений	103
<i>Вандоловский А.Г., Юнис Башир Н.</i> Определение прочности при растяжении бетонных цилиндров с полым сечением, изготовленных вибровакуумированием	110
<i>Плугин А.Н., Плугин А.А., Плугин Д.А., Трикоз Л.В., Плугин Ал.А.</i> Разработка схем протекания постоянных токов утечки через бетонные и железобетонные конструкции	115

<i>Китов Ю.П., Ватуля Г.Л., Вєревичєва М.А.</i> Некоторые соображения о критериях оптимальности	124
<i>Глазунов Ю.В.</i> Несуча здатність сталєбетонних колон при навантаженні на центральний стиск	131
<i>Гончаренко Д.Ф., Алейникова А.И., Паболков В.В., Старкова О.В.</i> Санация водопроводных магистралей с использованием стеклопластиковых труб большого диаметра	136
<i>Гончаренко Д.Ф., Галушко П.Г., Сорокин Б.С., Бондаренко Д.А.</i> Расчет несущих элементов крепи для производства ремонтно-восстановительных работ на сетях водоотведения в сложных геологических условиях	145
<i>Телекомунікаційні системи та управління ними</i>	
<i>Гребенюк В.Ю.</i> Ефективність розроблення та впровадження інноваційного продукту залізничного транспорту. Ч. 1	155
<i>Собчак А.П., Цымбал В.О.</i> Метод повышения эффективности экспертных систем с применением информационных спутников	161
<i>Автоматизовані системи електричного транспорту</i>	
<i>Ягуп В.Г., Ивакина Е.Я., Ягуп Е.В.</i> Анализ энергетических показателей тягового выпрямителя с широтно импульсным регулированием	169
<i>Карпенко В.В.</i> Совершенствование норм безопасности компрессорных агрегатов подвижного состава железных дорог	176
<i>Акімов О.І., Акімова Ю.О.</i> Можливість прогнозу відмов кабельних ліній електропередачі	184
<i>Щербак Я.В., Плахтий А.А.</i> Исследование режима рекуперации активного трехфазного выпрямителя с коррекцией коэффициента мощности	188
<i>Яцько С.І., Ващенко Я.В.</i> Діагностика порушень у роботі тягового електропривода	195
<i>Карзова О.О.</i> Вплив динамічної індуктивності на швидкість зростання струму короткого замикання в колах електрорухомого складу постійного струму	198
<i>Куриленко О.Я.</i> Аналіз показників експлуатаційної роботи кіл живлення пристроїв залізничної автоматики	205
<i>Краснов Р.В.</i> Інженерні методи визначення еквівалентного струму електродвигуна компресора за час пуску	211
<i>Технологія металів та матеріалознавство</i>	
<i>Тимофєєв С.С., Демин А.Ю.</i> Выбор технологии восстановления деталей транспортного назначения	216
Тези доповідей 76-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті»	222

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЗАЛІЗНИЦЬ

УДК 656.073

ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКІСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОХОРОНИ ВАНТАЖІВ

Кандидати техн. наук В.М. Запара, Я.В. Запара, А.Л. Обухова

ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОХРАНЫ ГРУЗОВ

Кандидаты техн. наук В.М. Запара, Я.В. Запара, А.Л. Обухова

RATIONALE FOR PROPOSALS FOR THE QUALITY OF GOODS TECHNOLOGY

Candidates of techn. sciences V. Zapara, Y. Zapara, A. Obukhova

Відповідно до проведеного аналізу технології охорони вантажів, даних за оперативними обставинами та проведеної роботи на Південній залізниці запропоновано ряд заходів щодо технічного і технологічного аспектів здійснення охорони вантажів, заходи щодо покращення організації праці працівників і проведення взаємної роботи працівників служби воєнізованої охорони та клієнтів залізниці.

Ключові слова: *схоронність вантажу, технологія охорони вантажів, відеоспостереження, розкрадання, навігація, графік руху.*

Согласно проведенному анализу технологии охраны грузов, данных по оперативным обстоятельствам и проведенной работы на Южной железной дороге предложен ряд мероприятий по техническому и технологическому аспектам осуществления охраны грузов, мероприятия по улучшению организации труда работников и проведения взаимной работы работников службы военизированной охраны и клиентов железной дороги.

Ключевые слова: *сохранность груза, технология охраны грузов, видеонаблюдение, хищение, навигация, график движения.*

To prevent cases of unlawful interference in rail transport and timeliness of response, if any, are considered possible modern measures aimed at ensuring quality protection technologies against theft of goods during transportation by railways of Ukraine. Given the specific factors contributing to commit theft on transport.

According to the analysis of cargo security technology, data on operational circumstances and the work carried out by the Southern Pacific Railroad, offers a number of technical and technological aspects of the implementation of cargo security, measures to improve the organization of the workers and of the mutual work of paramilitary security service workers and customers of the railway.

Keywords: *safety of goods, cargo protection technology, video surveillance, theft, navigation, schedule.*

Вступ. Для покращення роботи транспорту необхідно рухатись у «ногу з часом». Використання сучасних технічних засобів, таких як відеоспостереження, супутникова навігація, дозволить підвищити

якість охорони вантажів і покращити і спростити роботу працівників воєнізованої охорони. Технологія виконання охорони вантажів працівниками воєнізованої охорони в ув'язці з іншими учасниками організації та

забезпечення перевізного процесу (поїзними диспетчерами дільниць і вузлів) дозволить забезпечити оперативне реагування та встановлення причин незапланованих затримок ще в процесі прямування вантажів до місця призначення. Робота з вантажовідправниками вимагає більшої докладності, оскільки найчастіше саме в роботі власників вантажу закладається якість і схоронність перевезення.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.

Одним із основних завдань реформування галузі є підвищення якості виробничої діяльності та раціонального використання матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів. План заходів Укрзалізниці на 2013-2014 рр. з реалізації Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010-2019 рр. передбачає удосконалення систем керування процесом управління вантажними перевезеннями та комерційною роботою із застосуванням новітніх інформаційних технологій. У цьому контексті важливим є забезпечення якісної технології охорони вантажів при перевезенні залізницями України, у першу чергу, від розкрадань, у т. ч. з використанням сучасних інноваційних технологічних рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для запобігання випадків незаконного втручання в роботу залізничного транспорту та своєчасності реагування у разі їх виникнення країнами Європи та СНД використовуються сучасні заходи. Так, наприклад, ефективно ведеться спостереження за збереженням майна ВАТ «РЖД» і вантажів, що при перевезенні перебувають у парках залізничних станцій. У Німеччині, Бельгії та інших країнах Європи для запобігання крадіжок на залізницях поряд з відеонаглядом застосовується загородження парків станцій, складів, перегонів тощо.

Організація комерційної роботи, включаючи заходи, спрямовані на схоронність перевезень, завжди була пріоритетним напрямком у роботі залізниць. Цим займалися відомі науковці Данько М.І., Кірпа Г.М., Котенко А.М., Ломотько Д.В., Мироненко В.К., Смехов А.О. та інші вітчизняні та закордонні вчені [1, 2].

Визначення мети та задач дослідження. Метою роботи є проведення

досліджень і розроблення пропозицій щодо забезпечення якісної технології охорони вантажів проти розкрадань при перевезенні залізницями України. Задачі дослідження полягають у проведенні аналізу технічних засобів, що можуть бути запроваджені для підсилення заходів проти розкрадання при перевезенні та в парках станцій, а також розроблення технологічних заходів у роботі воєнізованої охорони спільно з власниками вантажу, використання яких дозволить удосконалити процес охорони вантажів і попередити спроби несанкціонованого потрапляння сторонніх осіб до вагона.

Основна частина дослідження. Для залізничного транспорту характерна наявність специфічних факторів, які сприяють вчиненню розкрадань на об'єктах транспорту. Серед них:

- розміщення товарно-матеріальних цінностей і вільний доступ до об'єктів переробки вантажів;
- цілодобовий цикл роботи, що обумовлює підвищений рівень злочинних посягань;
- висока динаміка руху составів і дальність пересування вантажів;
- інтенсифікація вантажних перевезень;
- розподіл відповідальності між різними підвідомчими структурами при проходженні вантажами значних відстаней.

Напередодні здійснення крадіжки злочинці нерідко ретельно вивчають особливості місця здійснення злочину. Цьому сприяє вільний доступ до рухомого складу та об'єктів, що перевозяться залізничним транспортом. Надалі цей фактор допомагає і проникненню в парки відстою поїздів осіб, які володіють інформацією про місце зберігання та режими охорони вантажу, що знаходяться як на під'їзних коліях, так і на технічних станціях прибуття та відправлення.

Крім того, крадіжки вантажів на залізницях здійснюються переважно пізно ввечері та вночі або в поганих погодних умовах при погіршенні умов видимості, коли контроль за збереженням вантажів з боку працівників транспорту і охорони значно слабшає; саме ці тимчасові інтервали найбільш типові для крадіжок вантажів, скоєних на великих залізничних станціях [3, 4].

Дані згідно з проведеною роботою на Південній залізниці за період 2009 – 2012 рр. показують, що на оперативний облік служби воєнізованої охорони Південної залізниці у

Експлуатація залізниць

2009 р. поставлено 87 крадіжок; у 2010 р. – 88; у 2011 р. – 80; у 2012 р. – 57. По видах майна

крадіжки, поставлені на оперативний облік, за період 2009 – 2012 рр. наведені на рисунку.

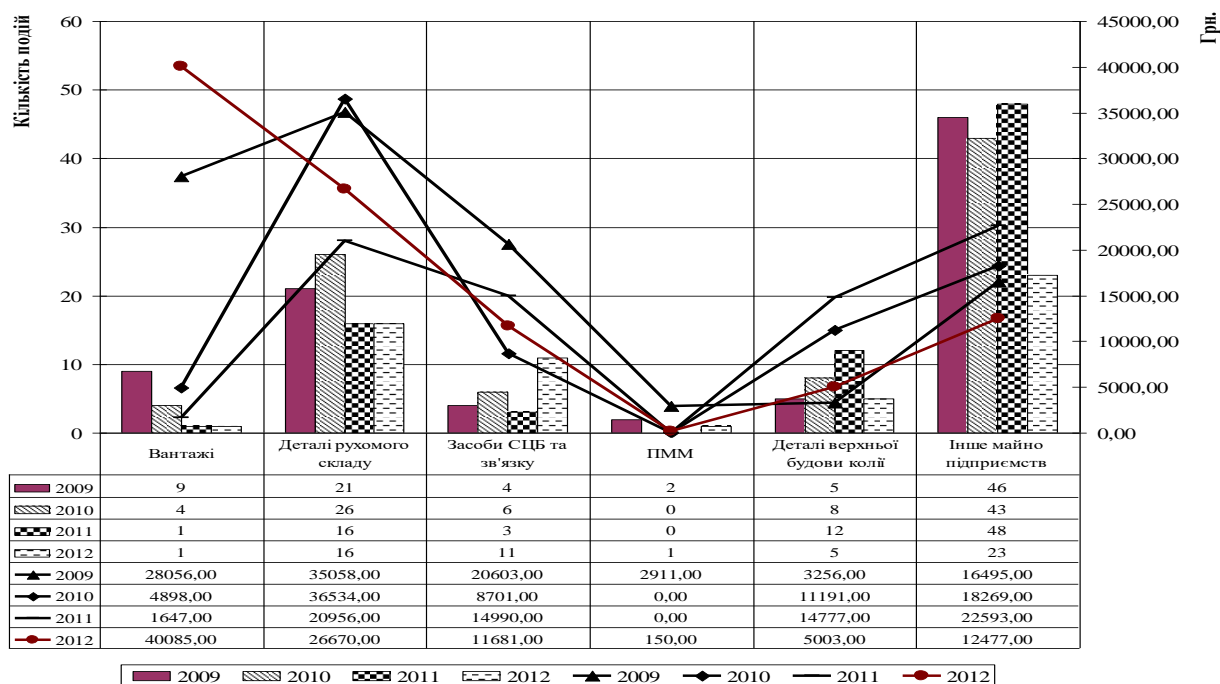


Рис. Графік і діаграма розподілу крадіжок і обсягів збитків від їх скоєння по видах майна за період 2009 – 2012 рр.

Дослідження та аналіз наведених даних вимагає розроблення пропозицій для зменшення негативних наслідків щодо забезпечення якісної технології охорони вантажів проти розкрадань при перевезенні. Лише проведення комплексних заходів в усіх організаційних ланках функціонування охорони перевезень дозволить суттєво знизити існуючі випадки небережності вантажів і майна залізниць. Обґрунтовані такі технічні, технологічні та організаційні пропозиції.

До технічних заходів слід віднести:

- огороження території парку або станції в цілому;
- оснащення сортувальних і приймально-відправних парків відеоспостереженням з механізмом повороту на 180° (360°) з розміщенням моніторів у караульному приміщенні;
- застосування запірно-пломбувальних пристроїв (ЗПП) з чіпом, що дає можливість при несанкціонованому знятті зчитування інформації про час зняття;
- застосування ЗПП з GPS-навігацією для простеження знаходження вагонів і

контейнерів у період доставки та з датчиком на розрив з передачею даних;

- GPS-навігація вагонів для «on-line» відстеження місцезнаходження вагонів і виключення можливостей їх несанкціонованого переміщення в межах станції;
- виділення власного парку критих вагонів для забезпечення, при виникненні необхідності супроводження вантажів, постійної можливості постановки їх до складу поїзда та оснащення цих вагонів всім необхідним для проїзду працівників ВОХР.

Заходи щодо технології здійснення охорони вантажів:

- коригування часу виходу працівників воєнізованої охорони на зміну з урахуванням ниток графіка руху вантажних поїздів;
- аналіз ниток графіка руху вантажних поїздів, що найчастіше часто використовуються з метою передбачення наявності працівників ВОХР для забезпечення необхідності супроводження вантажів;
- диспетчерський контроль за дотриманням графікового часу руху поїзда по

дільниці з метою виявлення незапланованих затримувачів і причин їх виникнення;

- аналіз маршрутів прямування вантажних поїздів, виявлення дільниць і перегонів залізниці з підвищеною криміногенною обстановкою та процедура встановлення альтернативних маршрутів з метою відхилення вантажопотоків з цих дільниць;

- аналіз маршрутів прямування вантажних поїздів, виявлення дільниць і перегонів залізниці з підвищеною криміногенною обстановкою та, за можливістю, накопичення вантажів, що мають бути відправлені в цьому напрямку, формування маршрутів і відправлення їх під посиленою охороною;

- використання у якості допоміжного засобу при охороні вантажів або переслідуванні осіб, що намагалися несанкціоновано заволодіти вантажем, службових собак. Для реалізації цього заходу необхідне створення спеціальних умов, у т. ч. для утримання тварин та їх дресирування.

Також пропонуються заходи щодо покращення організації праці працівників: ротация кадрів, що передбачає ретельне вивчення кандидатур при прийманні на роботу до служби ВОХР. Для цього необхідно вимагати характеристику з попереднього місця роботи; проводити опитування колишніх колег, сусідів і дільничного працівника міліції з місця проживання; контрактна форма працевлаштування із повною матеріальною відповідальністю працівника; введення обмежень щодо віку працівників ВОХР не тільки за рекомендаціями медичного обстеження, а і відповідно до складності виконуваних обов'язків (охорона вантажів у парку; супроводження вантажів; перебування в складі загону посиленої охорони для супроводження вантажів по дільницях або перегонах залізниці з підвищеною криміногенною ситуацією).

Надані пропозиції щодо взаємодії служб ВОХР з клієнтами залізниць:

- присутність працівника ВОХР при виконанні завантаження вантажу в критий вагон на місцях незагального користування з метою особистого спостереження за процесом;

- вимагати від відправників використання в якості способу визначення маси тільки зважування тари вагона та брутто як найбільш точний і достовірний спосіб;

- вимагати від вантажовідправників фотографування вантажів після закінчення завантаження та підкладання фотографій до супровідних документів на вантаж;

- вимагати від вантажовідправників нанесення шару вапна або суцільних смуг фарби на поверхні вантажу після закінчення його завантаження у відкритий рухомий склад;

- інформування клієнтів про можливість складання договору на охорону вантажу працівниками одного загону ВОХР без передачі відповідальності в міждорожніх змінних пунктах – наскрізне супроводження одним загonom з метою зменшення кількості відповідальних сторін.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Проведений аналіз крадіжок і обсягів збитків за останні чотири роки на залізницях України дозволить обґрунтувати технічні, технологічні та організаційні пропозиції щодо забезпечення якісної технології охорони вантажів проти розкрадань при перевезенні залізничним транспортом. Запропоновані заходи можуть бути запроваджені для підсилення заходів проти розкрадання при перевезенні та в парках станцій. Розглянуто технологічні заходи в роботі воєнізованої охорони при роботі з власниками вантажу, які дозволять удосконалити процес охорони вантажів і попередити спроби несанкціонованого потрапляння сторонніх осіб до вагона.

Список використаних джерел

1. Ломотько, Д.В. Підвищення рівня схоронності вантажів, що перевозять по залізницях України [Текст] / Д.В. Ломотько, М.М. Кузнецов, О.М. Пилипейко // Наука в транспортном измерении.–К.: ДНДЦ УЗ, 2006. – С. 67.

2. Кузнецов, М.М. Забезпечення безпеки руху і схоронності вантажів на залізницях [Текст] / М.М. Кузнецов // Залізничний транспорт України. – 2005. – № 3/1. – С. 19.

3. Крицкая, Ю.В. Криминологические особенности хищений, совершаемых преступными группами на железнодорожном транспорте [Электронный ресурс] / Ю.В. Крицкая. – Режим доступа: <http://www.teoria-practica.ru/-1-2009/law/kritskaya.pdf>.

4. Прадед, Н.Н. Причины и условия, способствующие совершению хищений специальным субъектом на объектах железнодорожного транспорта [Электронный ресурс] / Н.Н. Прадед // Сб. статей IV Междунар. заочной науч.-практ. конф. «Наука вчера, сегодня, завтра» (Россия, г. Новосибирск, 18 сентября 2013 г.). – Режим доступа: <http://sibac.info/sibac.info/10259>.

Рецензент д-р техн. наук, профессор Д.В. Ломотько

Запара Віктор Мефодійович, канд. техн. наук, професор кафедри управління вантажною та комерційною роботою Української державної академії залізничного транспорту, тел.: (057) 730-10-85. E-mail: v.zapara@gmail.com.

Запара Ярослав Вікторович, канд. техн. наук, доцент кафедри управління вантажною та комерційною роботою Української державної академії залізничного транспорту, тел.: (057) 730-10-85. E-mail: y.zapara@gmail.com.

Обухова Анна Леонідівна, канд. техн. наук, доцент кафедри управління вантажною та комерційною роботою Української державної академії залізничного транспорту, тел.: (057) 730-10-85. E-mail: anya.obukhova@gmail.com.

Zapara Viktor, Ph.D., professor of management of freight and commercial work, Ukrainian State Academy of Railway Transport, tel.: (057) 730-10-85. E-mail: v.zapara@gmail.com.

Zapara Yaroslav, Ph.D., lecturer of management of freight and commercial work, Ukrainian State Academy of Railway Transport, tel.: (057) 730-10-85. E-mail: y.zapara@gmail.com.

Obukhova Anna, Ph.D., lecturer of management of freight and commercial work, Ukrainian State Academy of Railway Transport, tel.: (057) 730-10-85. E-mail: anya.obukhova@gmail.com.

УДК 656.212:656.225

ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ ІНВЕСТИЦІЙ У ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ГОРЛОВИН СТАНЦІЙ

Канд. техн. наук В.В. Кулешов, магістри О.Р. Дощечкін, Ю.М. Бурмагіна

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИЙ В ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ГОРЛОВИН СТАНЦИЙ

Канд. техн. наук В.В. Кулешов, магистры А.Р. Дощечкин, Ю.М. Бурмагина

PROBLEM ASSESSMENT OF INVESTMENT IN DETERMINING OPERATIONAL PARAMETERS OF THROAT STATIONS

Cand. of techn. sciences V. Kuleshov, O. Doschekhin, U. Burmagina

Виконано аналіз кількості та розміщення роздільних пунктів (сортувальних, дільничних, вантажних, пасажирських, проміжних станцій, роз'їздів, об'їзних пунктів, колійних і постів примикання) на залізницях України станом на 01.01.2013 р. Показана модель парку приймання сортувальної станції як двофазної системи масового обслуговування. В залежності від конструкції горловин тривалість знаходження вагонів з переробкою від прибуття до розформування повинна враховувати можливу теоретичну частку затримок рухомого складу. Наведені формули розрахунку кількості колій та доцільності перебудови.

Ключові слова: горловина, роздільний пункт, станція, система масового обслуговування.

Выполнен анализ количества и размещения отдельных пунктов (сортировочных, участковых, грузовых, пассажирских, промежуточных станций, разъездов, обгонных пунктов, путевых и постов примыкания) на железных дорогах Украины по состоянию на 01.01.2013 г. Показана модель парка приема сортировочной станции как двухфазной системы массового обслуживания. В зависимости от конструкции горловин продолжительность нахождения вагонов с переработкой от прибытия до расформирования должна учитывать возможную теоретическую часть задержек подвижного состава. Приведены формулы расчета количества путей и целесообразности переустройства.

Ключевые слова: горловина, отдельный пункт, станция, система массового обслуживания.

The analysis of the number and placement of separate items (sorting, district, trucks, pasazhyrskyyh intermediate stations, sidings, obhonnyyh points, track and landfall positions) on the railways of Ukraine as of 01.01.2013. Station should be considered as a queuing system that consists of several phases. Show the park reception yard as a two-phase queuing system. Depending on the design of the neck, the length of the cars to the processing of arrival to disband should take into account possible delays theoretical share of rolling stock. These formulas calculate the number of tracks and feasibility of restructuring.

Keywords: mouth station, separate point, station, queuing system.

Вступ. Інвестиції в інфраструктурні об'єкти на залізницях України перш за все були спрямовані на обладнання вокзалів. У 2013 р. підрозділами будівельно-монтажних робіт і цивільних споруд залізниць здійснена реконструкція 12 вокзалів та вокзальних комплексів, на 116 вокзалах було проведено ремонт. Внаслідок цих обставин недостатньо виділено коштів на об'єкти станційного господарства.

На залізницях інших держав, де пасажиропотік зростає на 60 %, а вантажоперевезення – на 70 %, були схвалені закони, які впроваджують програму довгострокового розвитку інфраструктури та відкритого інвестиційного фонду залізничного фінансування та накопичення коштів, що надходять з різних джерел з метою підвищення пропускної спроможності мережі на її ключових ділянках, перегонах, горловинах, парках станцій.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. При незначних інвестиціях з боку Укрзалізниці у станційне господарство в 2013 р. Одеською залізницею і ТОВ «Трансінвестсервіс» (ТОВ «ТІС») по станції Хімічна виконуються проекти державно-приватного партнерства із будівництва. Наприклад, реалізований проект введення в експлуатацію другої колії та роз'їзду 12 км на дільниці Чорноморська – Берегова, терміналу рослинної олії, для чого головний інвестор проекту ТОВ «ТІС» вклав у будівництво колії 24 млн грн, що збільшило пропускну спроможність ділянки з 33 до 44 пар

поїздів на добу. Але державний механізм розрахунків до цього не узгоджений, наступним масштабним проектом, що здійснюватиметься за участі ТОВ «ТІС», стане будівництво залізничної сортувальної станції Южна, що займатиме 70 га землі.

Такі інвестиції в умовах коливання обсягів вантажоперевезень найбільш важливі для співтовариства незалежних компаній-операторів рухомого складу, у т.ч. питання про дерегулювання вагонної складової в тарифі на вантажні залізничні перевезення. Величина вагонної складової є базисною величиною для ціноутворення як у відправників вантажу, так і у компаній-операторів.

Закордонний досвід показує, що у розвинених країнах метою стратегічного плану розвитку Національної мережі залізниць є економічна стабільність всіх регіонів за рахунок надійної роботи магістралей і їх інтеграції з європейськими та євразійськими країнами за принципами інтероперабельності мережі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В нормативних документах [1 - 3] при організації перевезень докладно не враховані застосування методів моделювання для моніторингу інвестицій у перевезення парком вагонів різних власників. У попередніх дослідженнях [4 - 8] були розглянуті сучасні підходи до удосконалення технології перевезень тільки парком вагонів операторських компаній. Але потребують розв'язання питання застосування методів моделювання для транспортного моніторингу всіх перевезень, заміни неефективних

технологій перевезень на перспективні з наявністю необхідних програмних комплексів.

Визначення мети та задачі дослідження. Мета та задачі дослідження – оцінка інвестицій у визначення експлуатаційних параметрів горловин станцій з урахуванням обсягів перевезень.

Основна частина дослідження. У дійсний час залізниці України налічують 29 сортувальних станцій (СС), у тому числі: позакласних – 28, або 96,6 %; 1 класу – 1 або 3,4 %. 85 дільничних станцій (ДС), у тому числі: позакласних – 7 або 8,2 %; 1 класу – 31 або 36,5 %; 2 класу – 39 або 45,9 %; 3 класу – 6

або 7,1 %; 4 класу – 2 або 2,4 %. 245 вантажних станцій (ВС), у тому числі: позакласних – 22 або 9,0 %; 1 класу 52 або 21,2 %; 2 класу – 96 або 39,2 %; 3 класу – 48 або 19,6 % та 4 класу – 27 або 11,0 %. 18 пасажирських станцій (ПС), у тому числі: позакласних – 5 або 27,8 %; 1 класу 4 або 22,2 %; 2 класу – 3 або 16,7 %; 3 класу – 6 або 33,3 %. Аналіз розміщення роздільних пунктів на залізницях України станом на 01.01.2013 р. наведений у таблиці. Також на всіх станціях діють 125 залізничних вокзалів, із них 19 – позакласних, 12 – першого класу, 36 – другого класу, 58 – третього класу.

Таблиця

Аналіз розміщення роздільних пунктів на залізницях України станом на 01.01.2013 р.

Залізниця Станції	Дон.	Придн.	Львів.	Одес.	Півд-Зах.	Півд.	Загалом	%
СС	7	4	4	5	6	3	29	1,7
ДС	8	19	12	19	16	11	85	4,9
ВС	90	64	32	21	28	10	245	14,0
ПС	3	7	2	2	1	3	18	1,0
ПрС	110	130	269	189	238	174	1110	63,5
Роз'їзди	3	24	12	32	14	27	112	6,4
Обгінні пункти	0	0	0	2	1	0	3	0,2
Колійні пости	15	27	9	45	25	24	145	8,3
Всього	236	275	340	315	329	252	1747	100,0
%	13,5	15,7	19,5	18,0	18,8	14,4	100,0	

Відповідно до ПТЕ станції повинні забезпечувати приймання поїздів зі всіх прилежних ділянок без затримок біля вхідних сигналів, для чого повинні мати розрахункову пропускну спроможність стрілочних горловин і парків станції. Станцію слід розглядати як систему масового обслуговування (СМО), яка складається з декількох фаз, що висвітлено в технічній літературі [3]. Тому при розробленні програмного комплексу АС ТРА станцій слід визначати у кожній фазі суму середньої кількості составів, які перебувають у процесі обслуговування $L_{фаз}$, і середньої кількості составів $L_{оч}$, що перебувають у черзі, чекаючи на обслуговування,

$$L_{фаз} = L_{обсл} + L_{оч} \quad (1)$$

Середню довжину черги составів до обслуговуючих пристроїв (бригад ПТО, ПКО, маневрового локомотива (Млок), гірки) можна з достатнім ступенем точності визначити [5 - 7]

$$L_{оч} = \frac{\rho(v_{вх}^2 + v_{обсл}^2)}{2(1-\rho)}, \quad (2)$$

де ρ – завантаження системи, обумовлене відношенням інтенсивності λ вхідного потоку вимог до інтенсивності обслуговування μ :

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (3)$$

$v_{вх}$ – коефіцієнт варіації інтервалів вхідного потоку;

$v_{обсл}$ – коефіцієнт варіації інтервалів обслуговування.

Під інтенсивністю вхідного потоку λ варто розуміти кількість вимог, що надходять у систему в середньому за годину. Інтенсивність обслуговування μ можна визначити як величину, обернену середній тривалості обслуговування $t_{обсл}$, хв,

$$\mu = \frac{60}{t_{обсл}}. \quad (4)$$

Завантаження для станційних систем не повинно становити більше 1. Кількість колій у

парках приймання визначається за правилами двофазової системи масового обслуговування (див. рисунок). Крім прикордонних передавальних станцій (ППС), обмежувальним елементом СМО є технічний огляд (ТО) (перша фаза), а другої фази – розформування на гірці. При недостатній пропускній спроможності елемента СМО на кожному з підходів до парку приймання здійснюється черга заявок на приймання поїздів – $m_{оч}^{пто}$, на гірці – черга заявок (составів на розформування – $m_{оч}^{гір}$).

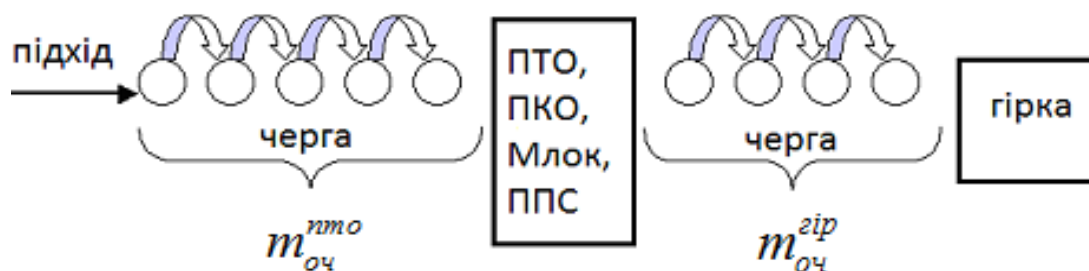


Рис. Модель парку приймання сортувальної станції як двофазової системи масового обслуговування

Таким чином, на загальну кількість колій у парку прибуття впливають такі чинники:

$$m_{III} = m_{тех} + m_{оч} + m_{доп}, \quad (5)$$

де $m_{тех}$ – середня кількість колій у парку, зайнятих складами, які перебувають у стані виконання з ними операцій технологічного процесу;

$m_{оч}$ – середня кількість колій у парку, зайнятих складами, що перебувають в очікуванні обслуговування;

$m_{доп}$ – додаткова кількість колій у парку, що враховує потребу в ходових коліях для гіркових і поїзних локомотивів.

Потреба в ходових коліях визначається схемою станції, технологією роботи парку і звичайно становить 1-2 колії. Кількість колій, на яких состави перебувають під технологічними операціями, можна визначити за інтервалом прибуття

$$m_{тех} = \frac{t_{зан}}{I_{пр}}, \quad (6)$$

де $t_{зан}$ – середня тривалість заняття колії поїздом, хв;

$I_{пр}$ – середній інтервал прибуття поїздів у розформування, хв.

Середній інтервал прибуття поїздів $I_{пр}$ у розформування визначається за формулою (3), а щільність потоку – кількість поїздів, що надходять у парк для розформування, встановлюють за тривалістю максимального інтервалу прибуття.

Середня тривалість заняття колії поїздом для внутрішніх потоків

$$t_{зан}^{ек} = t_{приб} + t_{ПТО} + t_{насув} + t_{росп}, \quad (7)$$

де $t_{приб}$ – тривалість заняття колії поїздом, що прибуває, хв;

$t_{ПТО}$ – тривалість обробки составів бригадами ПТО, хв;

$t_{насув}$ – тривалість насування состава на гірку, хв;

$t_{росп}$ – тривалість розпуску, хв.

Середня тривалість технічного огляду для внутрішніх потоків може бути визначена з умови раціонального завантаження бригад ПТО, а для передавальних потоків – за умови завантаження бригади ППС

$$t_{\text{ПТО}} = \frac{I_{\text{нр}}}{\rho_{\text{ПТО}}}, \quad (8)$$

$$t_{\text{ППС}} = \frac{I_{\text{нр}}}{\rho_{\text{ППС}}}, \quad (9)$$

де $\rho_{\text{ПТО}}$, $\rho_{\text{ППС}}$ – відповідно раціональний рівень завантаження бригад ПТО або ППС (0,75–0,85).

Якщо отримане значення $t_{\text{ПТО}}$ складе менш 15 хв, варто $t_{\text{ПТО}}$ прийняти за типовим технологічним процесом рівним 15 хв, а для $t_{\text{ППС}}$ не менше 70-150 хв залежно від технологічного процесу ППС.

Тривалість насування можна визначити за формулою

$$t_{\text{ПТО}} = \frac{l_{\text{вих}}^n + l_{\text{нас}}}{16,7v_{\text{нас}}} + t_{\text{мн}}, \quad (10)$$

де $l_{\text{вих}}^n$ – довжина вихідної горловини парку приймання (у межах 300–400 м);

$l_{\text{нас}}$ – довжина колії насування (у межах 150–250 м);

$v_{\text{нас}}$ – середня швидкість насування состава на гірку, км/год (5–10 км/год);

16,7 – коефіцієнт переведення розмірностей швидкості (кілометр на годину у метрах за хвилину).

Тривалість розпуску можна визначити за формулою

$$t_{\text{росп}} = \frac{0,8l_{\text{сост}}(1+\gamma)}{16,7v_{\text{росп}}} + t'_{\text{мн}}, \quad (11)$$

де $l_{\text{сост}}$ – середня довжина состава, м;

$v_{\text{росп}}$ – швидкість розпуску состава, км/год (приймається за моделюванням гірки, але не менше 5 км/год);

γ – коефіцієнт, що враховує вагони, які не підлягають розпуску з гірки та осаджуються маневровим локомотивом;

$t_{\text{мн}}$, $t'_{\text{мн}}$ – відповідно тривалість перерв для насування і розпуску у горловині парку приймання.

Середня кількість колій, зайнятих складами, що очікують обслуговування,

$$m_{\text{оч}} = m_{\text{оч}}^{\text{ПТО}} + m_{\text{оч}}^{\text{гірка}}, \quad (12)$$

де $m_{\text{оч}}^{\text{ПТО}}$ – середня кількість колій, зайнятих складами, що очікують технічного огляду;

$m_{\text{оч}}^{\text{гірка}}$ – середня кількість колій, зайнятих складами, що очікують розформування на гірці.

Середня кількість колій, зайнятих складами, що очікують технічного огляду

$$m_{\text{оч}}^{\text{ПТО}} = \frac{\rho_{\text{ПТО}}^2 (v_{\text{вх.ПТО}}^2 + v_{\text{обсл.ПТО}}^2)}{2(1-\rho_{\text{ПТО}})}, \quad (13)$$

де $v_{\text{вх.ПТО}}$, $v_{\text{обсл.ПТО}}$ – відповідно коефіцієнти варіації інтервалів вхідного потоку та обслуговування бригадами ПТО.

Коефіцієнти варіації інтервалів вхідного потоку $v_{\text{вх.ПТО}}$, $v_{\text{вх.ППС}}$ для парку приймання можна прийняти: при прийманні поїздів з одноколіїної лінії 0,6-0,7; при прийманні поїздів із двоколіїної лінії 0,7-0,9; при прийманні поїздів у парк із двох і більше підходів 0,75-0,80. Коефіцієнт варіації інтервалів обслуговування бригадами ПТО $v_{\text{обсл.ПТО}}$ приймається 0,34-0,44.

Середня кількість колій, зайнятих складами, що очікують на гірці, визначається за формулою

$$m_{\text{оч}}^{\text{гірка}} = \frac{\rho_{\text{гірка}}^2 (v_{\text{вх.гірка}}^2 + v_{\text{обсл.гірка}}^2)}{2(1-\rho_{\text{гірка}})}, \quad (14)$$

де $\rho_{\text{гірка}}$ – раціональний рівень завантаження гірки (для нових гірок 0,7);

$v_{\text{обсл.гірка}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів обслуговування на гірці (0,34 - 0,44);

$U_{\text{вх.гірка}}$ – коефіцієнт варіації інтервалів вхідного на гірку потоку составів можна приблизно визначити за формулою

$$U_{\text{вх.гірка}} = \rho_{\text{ПГО}} U_{\text{обсл.ПГО}} + (1 - \rho_{\text{ПГО}}) U_{\text{вх.ПГО}}. \quad (15)$$

Розрахована формулою (5) кількість колій округляється у більший бік. Залежність роботи передгіркової та центральної горловин сортувальної, дільничної, вантажної станції повинна враховувати наявність як ворожих, так і паралельних маршрутів [4, 5]. Так, у загальному вигляді тривалість перерв t_{mn} може визначатися за формулою

$$t_{mn} = \sum_{i=1}^{n_c} P(t_{on})_i \cdot \lambda_p \cdot \lambda_{on} \cdot t_{ep_i}, \quad (16)$$

де n_c – кількість секцій на приготованому маршруті приймання-відправлення;

$P(t_{on})_i$ – імовірність появи перерв при виконанні окремих операцій на i -тій секції горловини парку станції;

t_{on} – тривалість виконання поточної операції, хв;

t_{ep_i} – тривалість використання ворожого маршруту з i -тої секції парку, хв;

λ_p, λ_{on} – відповідно коефіцієнти, що враховують коливання тривалості розпуску або інших операцій.

При розрахунку переробної спроможності гірки тривалість t_{mn} додається до величини гіркового технічного інтервалу. При визначенні пропускної спроможності парку приймання або відправлення поїздів величина t_{mn} додається до тривалості зайняття колій одним составом.

Як видно, в залежності від конструкції горловин, тривалість знаходження вагонів з переробкою від прибуття до розформування повинна враховувати можливу теоретичну частку затримок рухомого складу, але

інструктивними документами не передбачено методики її визначення, а існуючі теоретичні дослідження різних вчених, які досліджували ці питання [5-7], не дають можливості їх застосування в інженерних розрахунках з урахуванням особливостей різних конструкцій.

Аналіз схем основних парків реальних сортувальних станцій показав, що на величину затримок в першу чергу впливає кількість основних колій у горловинах (m_i), які визначають відповідну кількість паралельних переміщень.

При середньогодинній інтенсивності (λ_{zn}) надходження поїздів з переробкою тривалість затримок (t_{3T}) у передгіркових горловинах парків приймання можна визначити в залежності від конструктивних параметрів [9]

$$t_{3T} = \sum_{i=1}^{n_c} \lambda_{zni} \cdot \exp\left(\frac{m_2 + n_c}{m_n} t_p \sum_{i=1}^n \lambda_{zni}\right), \quad (17)$$

де m_n – кількість колій у парку приймання;

m_2 – кількість паралельних ходів у передгірковій горловині;

n_c – кількість секцій, які об'єднують декілька колій;

t_p – тривалість розпуску состава, хв.

Удосконалюючи конструкцію горловин за рахунок зміни основних параметрів, можна досягти збільшення переробної спроможності сортувальної гірки, не збільшуючи загальної кількості колій у парку, але при цьому зростуть приведені щорічні витрати на укладання і утримання додаткових стрілочних переводів та з'єднувальних колій у горловинах ($K_{\text{ПР}}$).

При цьому слід визначити t_{3T} при новій конструкції горловини та різницю Δt_{3T} між попереднім і запропонованим варіантами. Доцільність інвестицій на перебудову може, враховуючи рекомендації [10, 11], визначатися за формулою

$$K_{\text{ПР}} \leq 365 T_{\text{ОК}} m_c \frac{\Delta t_{3T}}{t_{\text{ГФ}}} \left(\frac{\rho_{\text{Г}} \cdot c_{\text{Г}}}{t_{\text{ГФ}} - \Delta t_{3T}} + c_{\text{ВГ}} \right) (24 - T_{\text{ПОСТ}}), \quad (18)$$

де $T_{ок}$ – термін окупності капіталовкладень на перебудову, р.;

m_C – середня кількість вагонів у складах поїздів з переробкою;

$t_{ГФ}$ – фактична розрахункова тривалість технологічного інтервалу, год;

$\rho_{Г}$ – рівень навантаження сортувальної гірки;

$c_{вГ}$ – вартість однієї вагоно-години простою у парку приймання, грн;

$T_{П}$ – тривалість виконання постійних операцій у парку приймання, що безпосередньо не пов'язані з виконанням сортувального процесу.

Інші чинники подано раніше у формулах (16, 17). З метою найкращого обслуговування користувачів залізничних перевезень, які мають або не мають під'їзних колій, слід на сортувальній станції (СС) враховувати раціональну схему підбирання місцевих вагонів у групи (в т.ч. порожніх) для подавання вантажовідправникам та вантажоотримувачам або дозволяти оренду станційних колій для цих потреб.

Колії в об'єднаних парках прибуття односторонніх СС розділяються на парну і непарну секції пропорційно кількості поїздів, що надходять із парного і непарного напрямку. Парна (непарна) секція парку повинна бути додатково секціонована в тому випадку, коли парні (непарні) поїзди прибувають у парк із двох або більше підходів для того, щоб забезпечити їх одночасне приймання. При роздільному розташуванні парного й непарного парків двосторонніх СС розрахунок інтервалу прибуття виконується для кожного парку окремо.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. При створенні конкурентних ринків залізничних перевезень з чіткими межами повноважень, потрібна відповідальність

користувачів залізничних послуг, залізниць, приватних операторів перевезень.

При поділі інфраструктурної і перевізної частин на залізницях необхідно дотримуватися нижчезазначених вимог:

- ресурсозбереження в оптимальному потрібному для цього парку вагонів ТЛЩ або операторських компаній при спільному використанні інфраструктури залізниць;

- системи контролю перевезень вантажів у термін доставки у вагонах на базі сучасної інформаційної підтримки прийняття рішень на залізницях і у користувачів залізничних послуг;

- розробки доповнень до типових технологічних процесів роботи станцій, вагонних депо з розрахунками часу знаходження вагонів за принципом «норма - право»;

- розробки на мережі залізниць України технології «Доставка в термін» на підставі наскрізного графіка з метою наближення нормативних термінів доставки до оптимальних потреб клієнтів та операторських компаній з оцінкою вартості «нитки» твердого графіка руху поїздів;

- розробки технології «Доставка в термін» користувачам залізничного транспорту відповідно до оптимальних логістичних циклів підприємств і організацій, що обслуговуються;

- підвищення надійності роботи технічних засобів і технології, що забезпечується виконанням необхідних та достатніх умов функціонування операторської компанії; тому до технічних норм експлуатаційної роботи операторської компанії слід додати розрахунки економічних еквівалентів при укладенні договорів на перевезення та при добовому аналізі перевезень;

- при моделюванні роботи парків і горловин станції слід враховувати станційні операції із урахуванням ППС.

Список використаних джерел

1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року. Схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. №1555-р.: [Електронний ресурс]. – 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 екрану.

2. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки. В редакції Постанови Кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2011 р. N 1106 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/URL: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1106-2011-p](http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1106-2011-p). – Загол. з екрану.

3. Практичні рекомендації щодо складання технологічного процесу роботи сортувальної станції, затверджені Наказом Укрзалізниці від 22.12.2009 № 715-Ц (ЦД-0081): [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/URL: http://scbist.com/dokumenty-ukrzal-znic/21676-cd-0081-praktichn-rekomendac-schodo-skladannya-tehnolog-chnogo-procesu-roboti-sortuvalno-stanc.html](http://scbist.com/dokumenty-ukrzal-znic/21676-cd-0081-praktichn-rekomendac-schodo-skladannya-tehnolog-chnogo-procesu-roboti-sortuvalno-stanc.html). – Загол. з екрану.

4. Алешинский, Е.С. Разработка модели транспортного комплекса «сортировочная станция - прилегающие участки» для выбора рациональной технологии его функционирования [Текст]: дис. ... канд.техн.наук: 05.22.20 / Е.С. Алешинский. – Харьков, 2001. – 204 с.
5. Архангельский, Е.В. Определение мощности и загрузки сортировочных станций [Текст] / Е.В. Архангельский // Сб.науч.трудов ЦНИИ МПС. – 1975. – Вып. 544. - 136 с.
6. Архангельский, Е.В. Требуемое количество приемо-отправочных путей на станциях [Текст] / Е.В. Архангельский // Вестник ВНИИЖТ. – 1974. – № 6. – С. 61-67.
7. Грунтов, П.С. Эксплуатационная надежность станций [Текст] / П.С. Грунтов. – М.: Транспорт, 1986. – 247 с.
8. Данько, М.І. Побудова моделі оцінки інвестицій у залізничну інфраструктуру при взаємодії залізничних адміністрацій та операторів перевезень [Текст] / М.І. Данько, Д.В. Ломотько, В.В. Кулешов // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 134. – С. 7-13.
9. Крячко, В.І. Розрахунки і проектування основних пристроїв на залізничних станціях [Текст]: навч. посібник / В.І. Крячко. – Харків: УкрДАЗТ, 2000. – 120 с.
10. 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. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 124. – С. 83-90.
11. Кулешов, В.В. Аналіз перспектив розвитку сортувальних станцій за кордоном та на залізницях України в умовах реформування транспорту [Текст] / В.В. Кулешов // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 136. – С. 13-20.

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

Кулешов Валерій В'ячеславович, канд. техн. наук, доцент кафедри залізничних станцій та вузлів Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-42. E-mail: kharkov-kuleshov@yandex.ua
Дощечкін Олександр Романович, Бурмагіна Юлія Михайлівна, слухачі групи 13-VI-УППм Української державної академії залізничного транспорту.

Kuleshov Valery Vyacheslavovich, candidate of technical sciences, associate professor, the department of railway stations and units Ukrainian state Academy of railway transport. Tel.: (057) 730-10-42. E-mail: kharkov-kuleshov@yandex.ua

Doshchekhin Alexander Romanovich, Burmagina Julia Michailivna students group 13-VI-UPPm. Ukrainian state Academy of railway transport.

УДК 656.212.5

РОЗРАХУНОК КООРДИНАТ ОСЕЙ ВАГОНА ПРИ СКОЧУВАННІ ВІДЧЕПІВ З ГІРКИ

Д-р техн. наук О.М. Огар

РАСЧЕТ КООРДИНАТ ОСЕЙ ВАГОНА ПРИ СКАТЫВАНИИ ОТЦЕПОВ С ГОРКИ

Д-р техн. наук А.Н. Огарь

COORDINATE CALCULATION OF CAR AXES AT THE CUT MOTION FROM HUMPS

Doct. of techn. sciences O. Ogar

Проаналізовано наукові підходи до форми подання маршруту скочування відчепів і розрахунку координат осей вагонів при їх скочуванні з гірки. Розроблено процедуру розрахунку вказаних координат для випадку, коли маршрут скочування зображується на координатній площині.

***Ключові слова:** сортувальна гірка, скочування відчепів, вісь вагона, імітаційне моделювання, розрахунок координат.*

Проанализированы научные подходы к форме представления маршрута скатывания отцепов и расчета координат осей вагонов при их скатывании с горки. Разработана процедура расчета указанных координат для случая, когда маршрут скатывания представляется на координатной плоскости.

Ключевые слова: сортировочная горка, скатывание отцепов, ось вагона, имитационное моделирование, расчет координат.

Scientific approaches to presentation of rout form of cut motion and coordinate calculation of car axes at their motion from a hump are analysed. Calculation procedure of the indicated coordinates for a case is developed, when the route of motion appears on a coordinate plane. For the decision of this task separate calculation schemes which reflect characteristic situations on a ground are considered, and the methods of analytical geometry are used.

Key words: sorting hump, cut motion, car axis, imitation modeling, coordinate calculation.

Вступ. Одним із ефективних способів оцінки якості конструкцій сортувальних пристроїв і управління процесами в сортувальному комплексі є спосіб, що базується на результатах моделювання скочування відцепів з гірки. Формалізація цього скочування передбачає урахування великої кількості параметрів, що мають стохастичну, а іноді не до кінця вивчену природу. Не меншу роль в отриманні достовірних результатів моделювання відіграють також форма подання маршруту скочування відчепа і підходи щодо розрахунку координат осей вагонів на вказаному маршруті.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Отримання достовірних результатів моделювання процесу розформування составів є однією з головних проблем при розробленні процедур розрахунку конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок. В умовах автоматизації сортувального процесу ця проблема набуває особливої актуальності, що в першу чергу пов'язано з необхідністю виконання вимог безпеки при формуванні керуючих дій. Рух відцепів, як відомо, здійснюється у тримірному просторі. Це суттєво ускладнює процедуру розрахунку координат осей вагонів на маршруті скочування відчепа. Виходять з цього положення, як правило, шляхом зображення вказаного маршруту розгорнутим, тобто переходять від тримірного простору до двомірного. У результаті окремі види опору руху відцепів розраховуються з певною похибкою. При цьому слід зазначити, що удосконалення процедур розрахунку

параметрів скочування відцепів є одним із основних завдань Укрзалізниці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На даний момент існує велика кількість імітаційних моделей процесу розформування составів. Розробниками цих моделей є Бобровський В.І., Іванченко В.М., Лебединська О.М., Муха Ю.А., Смирнов В.І., Шабельников О.М., Шепілова О.Г. та інші [1-6]. Як зазначалося вище, загальним недоліком відомих імітаційних моделей є недосконала форма подання маршруту скочування відчепа. При цьому застосовувались спрощені процедури розрахунку координат осей вагонів на маршруті скочування відцепів. В окремих імітаційних моделях осьова модель вагона взагалі не застосовувалась (вагон було зображено у вигляді матеріальної точки).

Визначення мети і завдання дослідження. Метою даної роботи є підвищення достовірності результатів імітаційного моделювання скочування відцепів з гірки шляхом застосування нового підходу до розрахунку додаткового питомого опору від середовища і вітру [7], який вимагає зображення маршруту скочування відцепів не розгорнутим, а на площині, і, відповідно, розроблення процедури розрахунку координат осей вагонів при скочуванні їх з гірки, що є основним завданням дослідження.

Основна частина дослідження. Для вирішення завдання розрахунку координат осей вагона при скочуванні відцепів з гірки слід розглянути окремі розрахункові схеми, що відображають характерні ситуації на полігоні.

Перший випадок. Від точки з координатами (x_0, y_0) здійснюється крок ΔS до точки з координатами (x_1, y_1) (рис. 1).

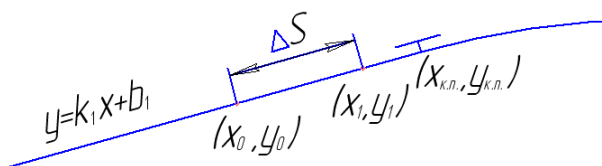


Рис. 1. Переміщення осі вагона (розрахункова схема № 1)

Припустимо, що точка (x_1, y_1) знаходиться на прямій, тоді

$$x_1 = x_0 + \Delta S \cdot \cos(\arctg k_1).$$

Якщо $x_1 \leq x_{к.п.}$, то припущення є правильним і обчислюємо y_1 :

$$y_1 = y_0 + \Delta S \cdot \sin(\arctg k_1).$$

Якщо $x_1 > x_{к.п.}$, то обчислюємо пройдений шлях по кривій S_{k_1} (рис. 2):

$$S_{K_1} = \Delta S - S_{n_1},$$

$$\text{де } S_{n_1} = \sqrt{(x_{к.п.} - x_0)^2 + (y_{к.п.} - y_1)^2}.$$

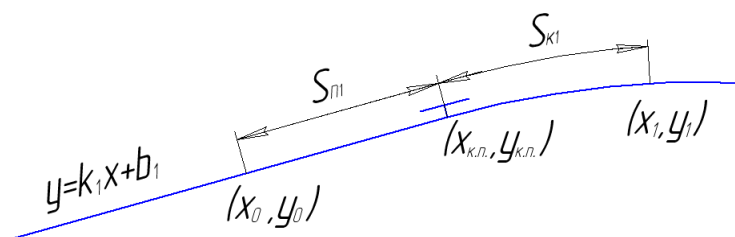


Рис. 2. Переміщення осі вагона (розрахункова схема № 2)

При русі за годинниковою стрілкою

$$x_1 = x_{к.п.} + \Delta x' = x_{к.п.} + \frac{R \cdot \sin \alpha \cdot \cos(\arctg k_1 - \frac{\alpha}{2})}{\sin(90 - \frac{\alpha}{2})};$$

$$y_1 = y_{к.п.} + \Delta y' = y_{к.п.} + \frac{R \cdot \sin \alpha \cdot \sin(\arctg k_1 - \frac{\alpha}{2})}{\sin(90 - \frac{\alpha}{2})},$$

$$\text{де } \alpha = \frac{180 \cdot S_{K_1}}{\pi R}.$$

При русі проти годинникової стрілки

$$x_1 = x_{к.п.} + \Delta x' = x_{к.п.} + \frac{R \cdot \sin \alpha \cdot \cos(\arctg k_1 + \frac{\alpha}{2})}{\sin(90 - \frac{\alpha}{2})};$$

$$y_1 = y_{к.п.} + \Delta y' = y_{к.п.} + \frac{R \cdot \sin \alpha \cdot \sin(\arctg k_1 + \frac{\alpha}{2})}{\sin(90 - \frac{\alpha}{2})}.$$

Другий випадок. Від точки (x_1, y_1) здійснюємо крок ΔS до точки (x_2, y_2) , яка може знаходитися або в межах цієї кривої, або на прямій $y = k_2 x + b_2$ (рис. 3).

Обчислюємо x_2 при припущенні, що точка (x_2, y_2) знаходиться у кривій:

– при русі за годинниковою стрілкою

$$x_2 = x_1 + \frac{R \cdot \sin \alpha \cdot \cos(\arctg k - \frac{\alpha}{2})}{\sin(90 - \frac{\alpha}{2})},$$

$$\text{де } \alpha = \frac{180 \cdot \Delta S}{\pi R};$$

– при русі проти годинникової стрілки

$$x_2 = x_1 + \frac{R \cdot \sin \alpha \cdot \cos(\arctg k + \frac{\alpha}{2})}{\sin(90 - \frac{\alpha}{2})}.$$

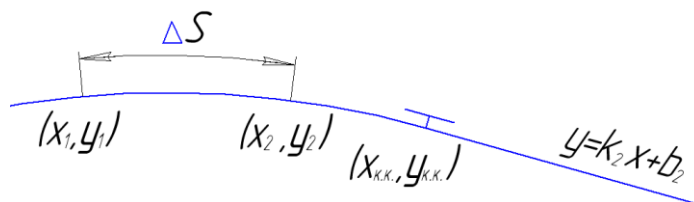


Рис. 3. Переміщення осі вагона (розрахункова схема № 3)

Якщо $x_2 \leq x_{к.к.}$, то обчислюємо y_2 (точка (x_2, y_2) у кривій):

– при русі за годинниковою стрілкою

$$y_2 = y_1 + \frac{R \cdot \sin \alpha \cdot \cos(\arctg k - \frac{\alpha}{2})}{\sin(90 - \frac{\alpha}{2})};$$

– при русі проти годинникової стрілки

$$y_2 = y_1 + \frac{R \cdot \sin \alpha \cdot \cos(\arctg k + \frac{\alpha}{2})}{\sin(90 - \frac{\alpha}{2})}.$$

Якщо $x_2 > x_{к.к.}$, то обчислюємо
 пройдений шлях по кривій S_{k_2} (рис. 4):

$$S_{k_2} = \frac{\pi \cdot R \cdot \arcsin\left(\frac{\sqrt{(x_{к.к.} - x_1)^2 + (y_{к.к.} - y_1)^2}}{2 \cdot R}\right)}{90};$$

$$S_{n_2} = \Delta S - S_{K_2};$$

$$x_2 = x_{к.к.} + S_{n_2} \cdot \cos(\arctg k_2);$$

$$y_2 = y_{к.к.} + S_{n_2} \cdot \sin(\arctg k_2).$$

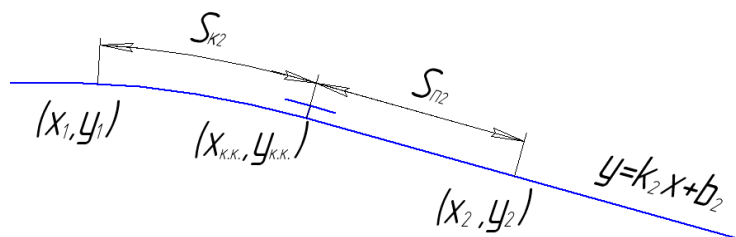


Рис. 4. Переміщення осі вагона (розрахункова схема № 4)

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Запропонована процедура розрахунку координат осей вагона при скочуванні відчепів з гірки дозволить підвищити достовірність результатів імітаційного моделювання за рахунок можливості урахування у будь-якій точці маршруту скочування кута між напрямком вітру і напрямком руху вагона, який у відомих моделях приймається постійним, і

реального неупорядкованого хаотичного характеру пульсацій швидкості і напрямку вітру.

Даний науковий підхід може бути використаний у сучасних автоматизованих комплексах гіркових технологічних процесів з метою забезпечення безпеки і економічної ефективності насуву та розпуску составів з гірки.

Список використаних джерел

1. Бобровский, В.И. Оптимизация режимов торможения отцепов на сортировочных горках [Текст]: монография / В.И. Бобровский, Д.Н. Козаченко, Н.П. Божко [и др.]. – Днепропетровск: Изд-во Маковецкий, 2010. – 260 с.
2. Муха, Ю.А. Имитационное моделирование процесса скатывания отцепов при выполнении горочных расчетов [Текст] / Ю.А. Муха, А.А. Муратов // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях: межвуз. сб. науч. трудов. – Днепропетровск, 1990. – С. 11-20.
3. Иванченко, В.Н. Новый подход к управлению процессом роспуска составов на сортировочной горке [Текст] / В.Н. Иванченко, Н.Н. Лябах, А.А. Сепетый // Труды РИИЖТа. – Ростов-на-Дону, 1984. – С. 34-41.
4. Шабельников, А.Н. Системы автоматизированных сортировочных горок на базе промышленных компьютеров [Текст] / А.Н. Шабельников // Автоматика, связь, информатика. – 2001. – № 11. – С. 13–16.
5. Лебединская, Е.Н. Математическая модель программы роспуска составов с сортировочной горки [Текст] / Е.Н. Лебединская, Е.Г. Шепилова // Междунар. сб. науч. трудов. – Ростов-на-Дону, 1998. – С. 31-37.

6. Смирнов, В.И. Динамика скатывания одновагонных отцепов с сортировочной горки [Текст] / В.И. Смирнов // Транспорт: наука, техника, управление. – 1993. – № 10. – С. 29–34.

7. Огар, О.М. Розвиток теорії експлуатації та методів розрахунку конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.20 / О.М. Огар. – Харків, 2011. – 368 с.

Огар Александр Николаевич, д-р техн. наук, профессор кафедры залізничних станцій та вузлів Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-42.

E-mail: ogar-07@yandex.ru.

Ogar Alexander, doct. of techn. sciences, professor of Ukrainian state academy of railway transport chair “Railway stations and junctions“. Tel.: (057) 730-10-42.

E-mail: ogar-07@yandex.ru.

УДК 656.073

ОЦІНКА ЗАХОДІВ, СПРЯМОВАНИХ НА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОХОРОНИ ВАНТАЖІВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗАЛІЗНИЦЬ

Канд. техн. наук Я.В. Запара

ОЦЕНКА МЕРОПРИЯТИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОХРАНЫ ГРУЗОВ И ЭЛЕМЕНТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Канд. техн. наук Я.В. Запара

ASSESSMENT MEASURES, AIMED AT IMPROVING TECHNOLOGY PUBLIC TRANSPORTATION AND INFRASTRUCTURE ELEMENTS RAILROADS

Cand. of techn. sciences Y. Zapara

Проведено визначення економічного ефекту від впровадження нових технічних заходів у технологію охорони вантажів та елементів інфраструктури залізниць за трьома різними варіантами. Заходи, які пропонуються, можуть бути запроваджені для підсилення дій проти розкрадання при перевезенні та в парках станцій, що дасть можливість усунути та попередити спроби несанкціонованого втручання у роботу залізничного транспорту.

Ключові слова: елемент інфраструктури, економічний ефект, схоронність вантажу, технологія охорони вантажів, відеоспостереження, технічне рішення.

Произведено определение экономического эффекта от внедрения новых технических мероприятий в технологию охраны грузов и объектов инфраструктуры железных дорог по трем различным вариантам. Предлагаемые мероприятия могут быть введены для усиления действий против хищения при перевозке и в парках станций, что позволит устранить и предупредить попытки несанкционированного вмешательства в работу железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: элемент инфраструктуры, экономический эффект, сохранность груза, технология охраны грузов, видеонаблюдение, техническое решение.

Past studies of losses and consequences of tampering by unauthorized persons in railways. Outlined some measures that can be aimed at introducing new technical solutions in accordance with modern

observation capabilities of an object , especially in the field of protection of cargo and during their transportation. Each innovation is justified given the economic evaluation. Conducted to determine the economic effect of the introduction of new technical measures in health technology and transport infrastructure of railways in three different variants . The measures proposed could be implemented to enhance the action against theft during transportation and in parks stations that will provide an opportunity to eliminate and prevent unauthorized interference in rail transport. To assess the effectiveness of projects identified annual energy losses from theft of goods and property of the railway during the settlement period , the method of predictive extrapolation.

Keywords: *infrastructure, economic impact, safety of cargo, cargo protection technology, video surveillance, technical solution.*

Вступ. Вантажні перевезення на залізничному транспорті традиційно є сферою найбільшого кримінального ураження. Незбереження вантажів під час транспортування та пошкодження елементів інфраструктури, у свою чергу, тягне за собою порушення певних виробничих циклів, переривання ланцюжка господарських зв'язків між виробником і споживачем продукції, що в кінцевому підсумку призводить до ще більшої нестабільності в здатності залізничного транспорту до забезпечення нормальних і стабільних умов конкуренції з іншими видами транспорту.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Безпека руху та дотримання строку доставки вантажів є основними принципами діяльності залізниць. У 2013 році значно зросла кількість крадіжок та пошкоджень елементів рухомого складу та інфраструктури, що призвели до перерви у русі поїздів понад 30 хв чи відчеплення рухомого складу від поїздів на шляху прямування – 98 випадків проти 48 у 2012 році [1]. Негативна тенденція, що має місце, потребує введення додаткових заходів, які спрямовані на підвищення якості охорони вантажів та елементів залізничної інфраструктури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Забезпеченню схоронності перевезень та нормальному функціонуванню залізниць приділена значна увага працівників залізничного транспорту різних країн світу. Укрзалізницею проводиться постійна робота з підвищення якості технології охорони вантажів та майна залізниці [2]. Однак збільшення несанкціонованих випадків втручання у діяльність залізничного транспорту, які обумовлені криміногенними особливостями розкрадання вантажів та майна залізниць [3,4],

вимагає розробки та впровадження нових ефективних технічних рішень, спрямованих на запобігання розкраданню вантажів і елементів інфраструктури. Існує певний досвід країн СНД та Європи щодо застосування комплексу заходів для підвищення якості технології охорони об'єктів залізниць [5].

Останнім часом дослідженнями сфери схоронності вантажів займалися такі вчені, як Данько М.І., Запара В.М., Котенко А.М., Кузнецов М.М., Ломотько Д.В., Мироненко В.К. та ін., однак недостатньо було приділено уваги економічному обґрунтуванню запропонованих заходів [6-8].

Визначення мети та задачі дослідження. Метою роботи є оцінка заходів, які спрямовані на посилення охорони вантажів та елементів залізничної інфраструктури. Задачі дослідження полягають у проведенні економічного обґрунтування впровадження технічних засобів для підсилення заходів проти розкрадання при перевезенні та в парках станцій, що дасть можливість усунути та попередити спроби несанкціонованого втручання у роботу залізничного транспорту.

Основна частина дослідження. Впродовж 2013 року зареєстровано 260 випадків несанкціонованих втручань у роботу залізничного транспорту проти 192 випадків за 2012 рік. Внаслідок незаконних дій громадян затримано 484 поїзди на 411 годин. При цьому нанесено збитків на суму 750,56 тис. грн. Така кількість порушень є рекордною за п'ять останніх років [1] (рис. 1).

Серед можливих пропозицій є заходи, що спрямовані на впровадження нових технічних рішень відповідно до сучасних можливостей спостереження за об'єктом, особливо охорони вантажів на місцях та під час їх транспортування. Кожне таке нововведення потребує обґрунтованої економічної оцінки.

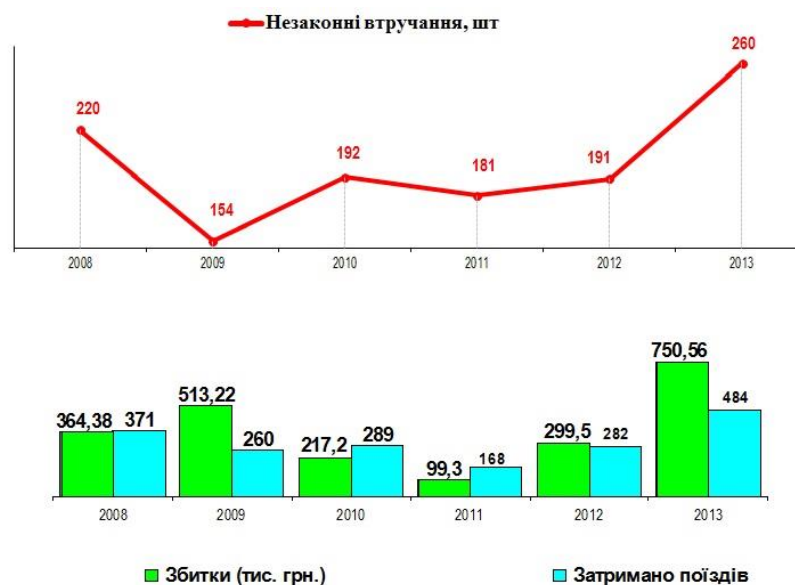


Рис. 1. Графік та діаграма розподілу збитків та затримок поїздів від незаконних втручань сторонніх осіб в період 2008-2013 рр.

Єдиним узагальнюючим показником економічної ефективності будь-якої групи технічних нововведень є економічний ефект, що характеризує абсолютну величину перевищення вартісної оцінки очікуваних (фактичних) результатів над сумарними витратами ресурсів за певний період [9].

Для вартісної оцінки очікуваних (фактичних) результатів будемо використовувати підприємницький підхід, який полягає у визначенні економічного ефекту, що окремо отримується розробником, виробником та споживачем нововведення. Крім того, даний підхід застосовується на стадії реалізації проекту, коли відома ціна нововведення, обсяг її запровадження, умови і терміни застосування.

Загалом розрахунок економічного ефекту буде полягати у різниці між результатами проекту і витратами на їх досягнення з урахуванням змін вартості впродовж часу реалізації проекту та можливими ризиками.

При обчисленні економічного ефекту використовуємо єдиний для всіх варіантів моменту часу – розрахунковий рік, приведення до якого різночасових витрат і результатів виконуємо за допомогою коефіцієнта приведення (α_t).

Із врахуванням фактора часу економічний ефект може бути поданий виразом

$$E_T = \sum_{t=1}^T (P_t - B_t) \cdot \alpha_t, \quad (1)$$

де P_t , B_t – вартісна оцінка відповідно результатів і витрат у t -му році розрахункового періоду, грн.

Необхідність приведення результатів і витрат різних років до розрахункового року пояснюється тим, що номінально однакова сума грошей, отримана в різні роки, має різну вартість.

Приведення результатів і витрат економічного ефекту різних років розрахункового періоду до останнього року здійснюється шляхом множення їх величини за кожний рік на коефіцієнт приведення α_t , що визначається для кожного року розрахункового періоду [9] за формулою

$$\alpha_t^K = \left(\frac{1 + E_H}{1 + I + R} \right)^{t_p - t}, \quad (2)$$

де α_t^K – коефіцієнт приведення результатів і витрат (ефекту) року t життєвого циклу проекту до останнього року розрахункового періоду;

E_H – середня річна ставка комерційних банків за депозитними внесками (дисконтна ставка), в частках одиниці, $E_H = 18\%$;

t_p – порядковий номер останнього року розрахункового періоду;

t – порядковий номер року t життєвого циклу проекту, що приводиться до розрахункового (останнього) року;

I – очікуваний середньорічний темп інфляції протягом життєвого циклу продукту в частках одиниці, $I = 6\%$;

R – ставка, що враховує ступінь ризику здійснення проекту в частках одиниці. При високому ступені ризику ставка приймається від 0,04 до 0,06; при середньому ступені ризику – від 0,01 до 0,03; при відсутності ризику – 0.

Приведення результатів і витрат (економічного ефекту) різних років розрахункового періоду до першого року (дисконтування) здійснюється за формулою

$$\alpha_t^g = \frac{1}{[(1 + E_H)(1 + I + R)]^{t-t_p}} \quad (3)$$

Для оцінки ефективності проектів є необхідність визначення щорічних обсягів збитків від розкрадання вантажів та майна залізниці впродовж розрахункового періоду, оскільки умови ринкової економіки унеможливають довгострокове планування, то єдиним способом визначення очікуваних обсягів збитків є прогнозування. У даному випадку застосовано метод прогнозування екстраполяції [9].

На першому етапі екстраполяційного прогнозування визначаємо характеристику основної закономірності зміни об'єкта (обсягів збитків) у часі в минулому. Ця характеристика подана у вигляді більш-менш гладкої траєкторії, тренда, що наведено на рис. 2.

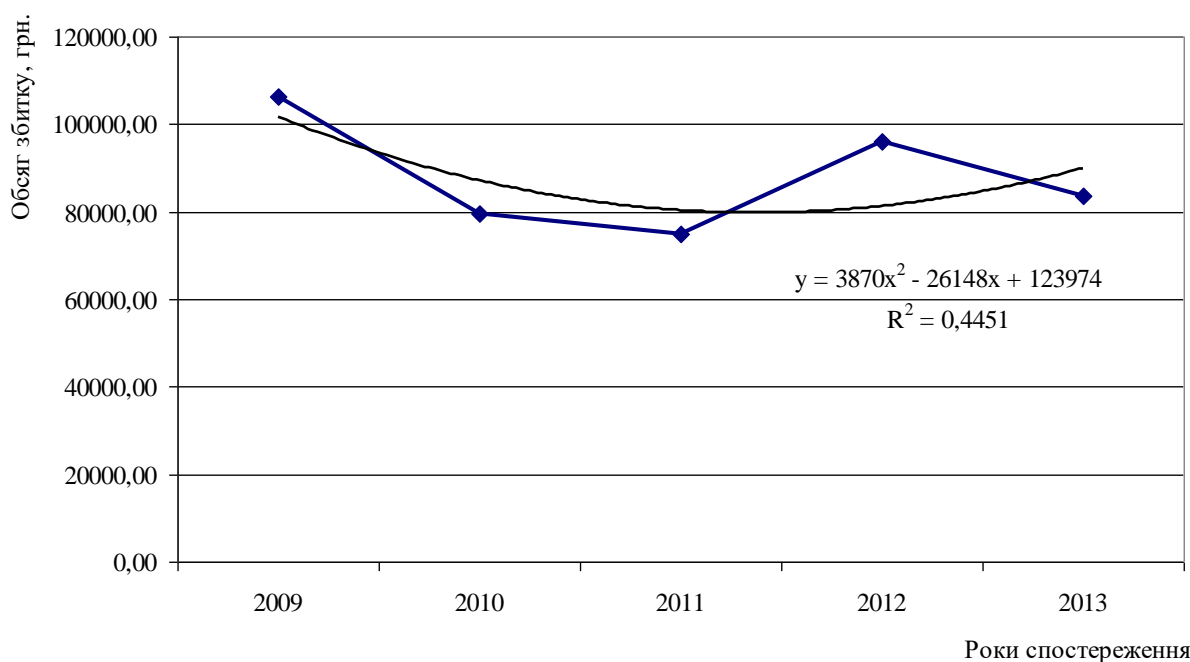


Рис. 2. Графік фактичного ряду статистичних даних обсягів збитку за період 2009 – 2013 рр.

Відповідно до графіка змін обсягів збитків від крадіжок майна залізниці та лінії тренда встановлено функцію, що характеризує темпи зростання показника та значення його параметрів, оцінену за кореляційним відношенням (R^2). Тренд розвитку об'єкта

відображає поліноміальну функцію, яка описується математичною моделлю

$$y = 3870x^2 - 26148x + 123974 \quad (4)$$

На другому етапі прогнозування виконуємо розрахунок параметрів

Експлуатація залізниць

математичної моделі (функції), що відображає тренд розвитку об'єкта.

$$y^{2014} = 3870 \cdot 6^2 - 26148 \cdot 6 + 123974 = 106406 \text{ грн};$$

$$y^{2015} = 3870 \cdot 7^2 - 26148 \cdot 7 + 123974 = 130568 \text{ грн};$$

$$y^{2016} = 3870 \cdot 8^2 - 26148 \cdot 8 + 123974 = 162470 \text{ грн};$$

$$y^{2017} = 3870 \cdot 9^2 - 26148 \cdot 9 + 123974 = 202112 \text{ грн};$$

$$y^{2018} = 3870 \cdot 10^2 - 26148 \cdot 10 + 123974 = 327938 \text{ грн}.$$

Однією із низки технічних рішень, які розглядаються, є система відеонагляду за рухомим складом і елементами інфраструктури. Маркетингові дослідження показали, що потреба в відеокамерах в парку довжиною 1250 м однієї станції становить вісім одиниць.

Розрахунок річних витрат при впровадженні системи відеонагляду такий: загальна вартість ПЕОМ з програмним забезпеченням складає близько 4220 грн; витрати на електроенергію на рік (використання додаткового ПЕОМ) становлять 2460 грн; витрати на навчання персоналу (чотири особи) – 4544 грн; витрати на камери відеоспостереження та їх монтаж – 22400 грн.

Коефіцієнт приведення результатів і витрат різних років до розрахункового року згідно з формулою (3) у 2013 році – 1; у 2014 році – 0,78; у 2015 році – 0,62; у 2016 році – 0,48; у 2017 році – 0,38.

Результати розрахунків на прикладі одного сортувального парку технічної станції Південної залізниці наведено в таблиці.

Таблиця

Розрахунок економічного ефекту при впровадженні системи відеонагляду

Показник	Роки				
	2014	2015	2016	2017	2018
1	2	3	4	5	6
Витрати до впровадження системи відеонагляду					
Збитки від незбереження вантажів, тис. грн	106,4	130,6	162,5	202,1	327,9
Усього витрат, тис. грн	106,4	130,6	162,5	202,1	327,9
Витрати після впровадження системи відеонагляду					
Одноразові витрати:					
Вартість ПЕОМ та програмного забезпечення, тис. грн	4,22	-	-	-	-
Навчання персоналу, тис. грн	4,544	-	-	-	-
Витрати на електроенергію, тис. грн	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46
Витрати на відеокамери та їх монтаж, тис. грн	22,4	-	-	-	-
Збитки від незбереження вантажів (оптимістичний), тис. грн	85,12	104,48	130	161,68	262,32
Збитки від незбереження вантажів (середній), тис. грн	90,44	111,01	138,125	171,785	278,715
Збитки від незбереження вантажів (песимістичний), тис. грн	95,76	117,54	146,25	181,89	295,11
Витрати після впровадження з урахуванням одноразових витрат (оптимістичний), тис. грн	118,744	106,94	132,46	164,14	264,78
Витрати після впровадження з урахуванням одноразових витрат (середній), тис. грн	124,064	113,47	140,585	174,245	281,175
Витрати після впровадження з урахуванням одноразових витрат (песимістичний), тис. грн	129,384	120	148,71	184,35	297,57
Економічний ефект (ЕЕ) витрат (оптимістичний), тис. грн	-12,344	23,66	30,04	37,96	63,12
Економічний ефект (ЕЕ) витрат (середній), тис. грн	-17,664	17,13	21,915	27,855	46,725
Економічний ефект (ЕЕ) витрат (песимістичний), тис. грн	-22,984	10,6	13,79	17,75	30,33
Коефіцієнт приведення до розрахункового року	1	0,78	0,62	0,48	0,38

Експлуатація залізниць

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6
ЕЕ витрат з урахуванням одноразових витрат з приведенням до розрахункового року (оптимістичний), тис. грн	-12,344	18,455	18,62	18,22	23,99
ЕЕ витрат з урахуванням одноразових витрат з приведенням до розрахункового року (середній), тис. грн	-17,664	13,36	13,587	13,37	17,76
ЕЕ витрат з урахуванням одноразових витрат з приведенням до розрахункового року (песимістичний), тис. грн	-22,984	8,268	8,55	8,52	11,53
ЕЕ наростаючим підсумком (оптимістичний), тис. грн	-12,344	6,111	24,731	42,951	66,941
ЕЕ наростаючим підсумком (середній), тис. грн	-17,664	-4,3	9,287	22,657	40,417
ЕЕ наростаючим підсумком (песимістичний), тис. грн	-22,984	-14,716	-6,166	2,354	13,884

За проведеними розрахунками економічний ефект від впровадження відеонагляду на п'ятий рік його експлуатації становить: песимістичний – 13 884 грн; середній – 40 417 грн; оптимістичний – 66 941 грн. Термін окупності даного заходу, за оптимістичним прогнозом, становить два роки.

Аналогічно розраховано економічний ефект від здійснення огороження території в парку станції, де розміщують вагони з вантажами, що знаходяться під охороною. На п'ятий рік ефект від його експлуатації становитиме: песимістичний – 23 560 грн; середній – 12 930 грн; оптимістичний – 2 360 грн. Термін окупності даного заходу, за оптимістичним прогнозом, становить – шість років при терміні експлуатації більше 20 років.

Додатковим елементом, який дозволить підвищити якість технології охорони вантажів, є встановлення на території станції зчитувальних пристроїв RFID-системи для отримання інформації з RFID-міток, що додаються до конструкції ЗПП, з метою фіксації даних про їх цілісність або час, коли їх цілісність була порушена [10].

Економічний ефект від впровадження RFID-системи на п'ятий рік її використання становить: песимістичний – 31 880 грн; середній – 21 270 грн; оптимістичний – 10 680 грн. Термін окупності даного заходу, за оптимістичним прогнозом, становить – сім років при терміні експлуатації 10 років.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Таким чином, розглянуті з економічної точки зору заходи за критеріями раціональності якості використання та доцільності впровадження з метою зниження обсягів розкрадань та покращення технології охорони вантажів можна ранжувати у такій послідовності:

1. Відеоспостереження за вагонами з вантажами, що перебувають під охороною;

2. Встановлення паркану огороження з метою обмеження переміщень сторонніх осіб в парку станції;

3. Встановлення на території станції зчитувальних пристроїв RFID-системи для отримання інформації з RFID-міток, що додаються до конструкції ЗПП, з метою фіксації даних про їх цілісність або час, коли їх цілісність була порушена.

Однак, відштовхуючись від різноманіття можливих посягань на майно, що перевозиться залізничним транспортом, необхідно пам'ятати про різноманіття детермінант, які призводять до скоєння злочинів. Необхідно підвищувати якість охорони вантажів на станціях та під час перевезення з урахуванням різноманітних факторів, які відтворюють різні аспекти організації даної технології, а також можливості всіх учасників, що спрямовані на прагнення до забезпечення доставки вантажу у цілості та схоронності.

Список використаних джерел

1. У 2013 році зафіксовано рекордну кількість незаконних втручань у роботу залізничного транспорту [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/372533/. – Загол. з екрану.
2. На Придніпровській залізниці збитки від не збережених перевезень вантажів торік зменшилися в 1,6 рази [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://uz.gov.ua/press_center/latest_news/372585/. – Загол. з екрану.
3. Крицкая, Ю.В. Криминологические особенности хищений, совершаемых преступными группами на железнодорожном транспорте [Электронный ресурс] / Ю.В. Крицкая. – Режим доступа: <http://www.teoria-practica.ru/-1-2009/law/kritskaya.pdf>.
4. Прадед, Н.Н. Причины и условия, способствующие совершению хищений специальным субъектом на объектах железнодорожного транспорта [Электронный ресурс] / Н.Н. Прадед // Сб. статей IV Междунар. заочной науч.-практ. конф. «Наука вчера, сегодня, завтра» (Россия, г. Новосибирск, 18 сентября 2013 г.). – Режим доступа: <http://sibac.info/sibac.info/10259>.
5. Ограждения вдоль железнодорожного полотна установили на двух станциях в Удмуртии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://izvestiaur.ru/news/view/6422501.html>. – Загл. с екрану.
6. Ломотько, Д.В. Підвищення рівня схоронності вантажів, що перевозять по залізницях України [Текст] / Д.В. Ломотько, М.М. Кузнецов, О.М. Пилипейко // Наука в транспортном измерении. – К.: ДНДЦ УЗ, 2006. – С.67.
7. Кузнецов, М.М. Забезпечення безпеки руху і схоронності вантажів на залізницях [Текст] / М.М. Кузнецов // Залізничний транспорт України. – 2005. – №3/1. – С.19.
8. Запара, Я.В. Аналіз стану технології охорони вантажів на залізницях України [Текст] / Я.В. Запара // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – № 142. – С. 32-37.
9. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті [Текст]: навч. посібник / Є.І. Балака, О.І. Зоріна, Н.М. Колесникова, І.М. Писаревський. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – 210 с.
10. Финкенцеллер, К. Справочник по RFID [Текст] / К. Финкенцеллер. — М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2008. — 496 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор О.В. Лаврухін

Запара Ярослав Вікторович, канд. техн. наук, доцент кафедри управління вантажною та комерційною роботою Української державної академії залізничного транспорту, тел.: (057) 730-10-85. E-mail: y.zapara@gmail.com

Zapara Yaroslav, Ph.D., cand. of techn. sciences, lecturer of management of freight and commercial work, Ukrainian State Academy of Railway Transport, tel.: (057) 730-10-85. E-mail: y.zapara@gmail.com

УДК 656.212.5

**ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ
СКОЧУВАННЯ ВІДЧЕПІВ З ГІРКИ**

Асист. К.В. Таратушка

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ
СКАТЫВАНИЯ ОТЦЕПОВ С ГОРКИ**

Ассист. К.В. Таратушка

**DETERMINATION OF THE RATIONAL REGULATE MODES OF CUTS MOVEMENT SPEED
FROM HUMP**

Assist. K. Taratushka

Проаналізовано наукові підходи до регулювання швидкості скочування відчепів на спускній частині гірки. Визначено раціональні швидкості виходу відчепів з гальмових позицій в заданих умовах експлуатації.

***Ключові слова:** гірка, гальмова позиція, сортувальний процес, регулювання швидкості, автоматизація.*

Проанализированы научные подходы к регулированию скорости скатывания отцепов на спускной части горки. Определены рациональные скорости выхода отцепов с тормозных позиций в заданных условиях эксплуатации.

***Ключевые слова:** горка, тормозная позиция, сортировочный процесс, регулирование скорости, автоматизация.*

Scientific approaches to speed regulating of cuts movement on drain part of sorting hump are analysed. For research of the brake modes scientific approach which more fully takes into account influence of the modes on operating costs is chosen. Rational output speeds of cuts from brake positions in the set external environments are set. The lacks of the set brake modes are indicated.

Considered article concerns relevant to the problem - speed control slide to Unhook the drain of the hills. The aim of the paper is the definition of rational speed Unhook the release of brake position in the given conditions. The author examined the improvements in trains disbandment by defining rational speed Unhook the release of brake position drain of the hills. The main aim of the study is to evaluate the efficacy of different modes of inhibition in Unhook the set conditions. Addressing issues considered in the article shows that this model can be adapted to automated systems hills in order to improve not only safety, but also the efficiency of the sorting process.

***Key words:** hump, brake position, sorting process, regulating of speed, automation.*

Вступ. На даний момент існує декілька підходів до регулювання швидкості скочування відчепів на спускній частині гірки. Більшість з них знайшла своє призначення в технологічних алгоритмах гальмування відчепів у системах комплексної автоматизації сортувального процесу. Розроблялись вказані підходи в першу чергу для забезпечення безпеки розформування составів – створення достатніх інтервалів на розділових елементах, виключення перевищення допустимих швидкостей входу

відчепів на вагонні уповільнювачі, виключення зіткнення вагонів на підгіркових коліях зі швидкостями, що перевищують допустиму, тощо.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. В сучасних умовах поряд із проблемою забезпечення безпеки сортувального процесу важливою проблемою є підвищення економічної ефективності варіантів

регулювання швидкості скочування відчепів. Задача підвищення економічної ефективності режимів регулювання шляхом оптимізації швидкостей виходу відчепів з гальмових позицій, як правило, не ставилась. А в тих випадках, коли ставилась, вказана оптимізація здійснювалась за критеріями, в ролі яких виступали окремими показниками сортувального процесу (наприклад, витрати електроенергії, що необхідна для гальмування відчепів). Таким чином, комплексний підхід до вирішення вказаної задачі в повній мірі не відображено.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Створенням та удосконаленням наукових підходів до розрахунку швидкостей виходу відчепів з гальмових позицій займалися такі вчені, як Бобровський В.І., Божко М.П., Жуковицький І.В., Загарій Г.І., Козаченко Д.М., Лебединська О.М., Огар О.М., Шабельніков О.М., Шепілова О.Г. та ін. [1-6].

Серед наукових підходів, що запропоновано вказаними вченими, більш

повно враховано вплив режимів гальмування відчепів на експлуатаційні витрати в праці [1]. У праці [2] запропоновано метод, який дозволяє скоротити лише витрати електроенергії на гальмування відчепів. В інших працях взагалі не розглядається вплив розрахункових швидкостей виходу відчепів з гальмових позицій на експлуатаційні витрати.

Визначення мети та задачі дослідження. Метою даної роботи є підвищення ефективності процесу розформування составів шляхом визначення раціональних швидкостей виходу відчепів з гальмових позицій спускної частини гірки. Основною задачею дослідження є оцінка ефективності застосування різних режимів гальмування відчепів у заданих умовах експлуатації.

Основна частина дослідження. Для отримання об'єктивної оцінки ефективності тієї чи іншої швидкості виходу відчепів з I і II гальмових позицій (ГП) пропонується використати модель, що наведена у [1],

$$E = E_{уик}(V_{вих1}, V_{вих2}) + E_{ел}^p(V_{вих1}, V_{вих2}) + \Delta E_{nn}(V_{вих1}, V_{вих2}) \rightarrow E_{min}, \quad (1)$$

де $V_{вих1}, V_{вих2}$ – допустима швидкість виходу відчепів відповідно з I і II ГП, м/с;

$E_{уик}(V_{вих1}, V_{вих2})$ – експлуатаційні витрати на відшкодування втрат від ушкодження вагонів і вантажів, тис. грн;

$E_{ел}^p(V_{вих1}, V_{вих2})$ – експлуатаційні витрати на електроенергію, необхідну для регулювання швидкості скочування відчепів, тис. грн;

$\Delta E_{nn}(V_{вих1}, V_{вих2})$ – додаткові експлуатаційні витрати, пов'язані з простоем составів у парку приймання в очікуванні розформування, тис. грн.

Задача вирішується при таких обмеженнях:

$$V_{вих1}^{PB} \leq V_{вих1} \leq V_{вих1}^{XB};$$

$$V_{вих2} \leq V_{вих2}^{XB},$$

де $V_{вих1}^{PB}, V_{вих1}^{XB}$ – швидкість виходу з I ГП відповідно РБ і ХБ при вільному скочуванні, м/с;

$V_{вих2}^{XB}$ – швидкість виходу ХБ з II ГП при вільному скочуванні, м/с.

Вказані експлуатаційні витрати в явному вигляді не залежать від швидкості виходу відчепів з I і II ГП. У зв'язку з цим має місце екстремальна задача, яка може бути вирішена тільки прямими методами [1].

Як вихідні дані для оптимізаційних розрахунків режимів регулювання швидкості скочування відчепів обрано такі дані:

- 1) розташування I ГП – за першою розділовою стрілкою;
- 2) швидкість розпуску составів – 1,4 м/с;
- 3) середньодобові обсяги переробки – 1575 вагонів;
- 4) температура зовнішнього повітря – 0°C;
- 5) швидкість зустрічного вітру – 5 м/с;
- 6) кут між базисом гіркової горловини і напрямком вітру – 20°С;
- 7) середнє число вагонів у составі – 50;
- 8) засоби регулювання швидкості скочування відчепів на спускній частині НК-114, на підгіркових коліях – РНЗ-2.

Експлуатація залізниць

Результати імітаційного моделювання наведено у табл. 1-4.

Результати оптимізаційних розрахунків довели, що мінімальні експлуатаційні витрати для прийнятих вихідних даних забезпечуються при випусканні відцепів з І ГП без гальмування, а з ІІ ГП – зі швидкостями, що не перевищують 6,7 м/с з урахуванням вимог безпеки щодо

співударання вагонів. Вказана швидкість відповідає швидкості виходу з даних позицій бігунів легко-середньої вагової категорії при їх вільному скочуванні. Недоліком застосування такого режиму випуску відцепів з гальмових позицій спускної частини є збільшення імовірності ушкодження вагонів.

Таблиця 1

Результати моделювання розформування потоку составів при гальмуванні відцепів на І ГП за умовою $V_{вих1} \leq 6,6$ м/с

Швидкість виходу відцепів з ІІ ГП, м/с	Швидкість співударання вагонів на підгіркових коліях, м/с	Довжина «вікна» з розрахунку на один вагон, м	Число увімкнень			Число ушкоджених вагонів	Експлуатаційні витрати, тис. грн
			І ГП	ІІ ГП	ІІІ ГП		
5,1	0,85	4,01	1,20	1,21	0,17	1	918,13
5,4	0,99	3,65	1,20	1,18	0,19	1	727,84
5,7	1,06	3,49	1,20	1,12	0,24	2	650,52
6,0	1,13	3,37	1,20	1,08	0,28	2	587,45
6,3	1,21	3,20	1,20	1,01	0,31	2	497,10
6,6	1,35	2,80	1,20	0,71	0,34	3	287,84
6,9	1,48	2,60	1,20	0,00	0,37	4	176,76
7,2	1,48	2,60	1,20	0,00	0,37	4	176,76
7,5	1,48	2,60	1,20	0,00	0,37	4	176,76
7,8	1,48	2,60	1,20	0,00	0,37	4	176,76

Таблиця 2

Результати моделювання розформування потоку составів при гальмуванні відцепів на І ГП за умовою $V_{вих1} \leq 6,9$ м/с

Швидкість виходу відцепів з ІІ ГП, м/с	Швидкість співударання вагонів на підгіркових коліях, м/с	Довжина «вікна» з розрахунку на один вагон, м	Число увімкнень			Число ушкоджених вагонів	Експлуатаційні витрати, тис. грн
			І ГП	ІІ ГП	ІІІ ГП		
5,1	0,68	3,94	0,67	1,18	0,18	1	871,06
5,4	0,96	3,67	0,67	1,16	0,20	1	728,53
5,7	1,06	3,37	0,67	1,11	0,25	2	577,38
6,0	1,12	3,29	0,67	1,08	0,28	2	535,36
6,3	1,18	3,18	0,67	1,01	0,31	2	476,73
6,6	1,35	2,86	0,67	0,87	0,34	3	312,74
6,9	1,51	2,53	0,67	0,48	0,36	5	145,52
7,2	1,62	2,48	0,67	0,05	0,40	6	119,22
7,5	1,62	2,48	0,67	0,00	0,40	6	118,30
7,8	1,62	2,48	0,67	0,00	0,40	6	118,30

Експлуатація залізниць

Таблиця 3

Результати моделювання розформування потоку составів при гальмуванні відцепів на І ГП за умовою $V_{вих1} \leq 7,2$ м/с

Швидкість виходу відцепів з ІІ ГП, м/с	Швидкість співударяння вагонів на підгіркових коліях, м/с	Довжина «вікна» з розрахунку на один вагон, м	Число увімкнень			Число ушкоджених вагонів	Експлуатаційні витрати, тис. грн
			І ГП	ІІ ГП	ІІІ ГП		
5,1	0,69	3,99	0,29	1,18	0,17	1	890,19
5,4	0,97	3,64	0,29	1,14	0,20	1	705,28
5,7	1,12	3,31	0,29	1,11	0,25	2	538,64
6,0	1,20	3,22	0,29	1,08	0,28	2	491,33
6,3	1,28	3,08	0,29	1,01	0,30	3	423,55
6,6	1,36	2,86	0,29	0,87	0,34	3	305,72
6,9	1,50	2,53	0,29	0,67	0,37	4	135,29
7,2	1,62	2,38	0,29	0,45	0,41	6	66,96
7,5	1,73	2,41	0,29	0,05	0,44	7	83,27
7,8	1,73	2,41	0,29	0,00	0,44	7	82,34

Таблиця 4

Результати моделювання розформування потоку составів при гальмуванні відцепів на І ГП за умовою $V_{вих1} \leq 7,5$ м/с

Швидкість виходу відцепів з ІІ ГП, м/с	Швидкість співударяння вагонів на підгіркових коліях, м/с	Довжина «вікна» з розрахунку на один вагон, м	Число увімкнень			Число ушкоджених вагонів	Експлуатаційні витрати, тис. грн
			І ГП	ІІ ГП	ІІІ ГП		
5,1	0,69	3,99	0	1,15	0,17	1	884,28
5,4	0,99	3,66	0	1,14	0,20	1	710,50
5,7	1,14	3,31	0	1,11	0,25	2	533,28
6,0	1,21	3,23	0	1,08	0,28	2	491,26
6,3	1,27	3,09	0	1,01	0,31	3	423,75
6,6	1,35	2,85	0	0,87	0,33	3	294,80
6,9	1,49	2,50	0	0,67	0,38	4	114,34
7,2	1,63	2,41	0	0,50	0,41	6	78,40
7,5	1,71	2,41	0	0,19	0,43	7	80,22
7,8	1,76	2,41	0	0,02	0,44	8	84,34

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. На підставі отриманих результатів можна зробити висновок, що дана математична модель може бути використана для визначення раціональних конструктивно-технологічних параметрів і стратегії експлуатації сортувальних гірок. Отримання більш достовірних результатів можливе шляхом урахування закономірностей

зміни температури повітря упродовж доби, законів і параметрів розподілу швидкості і напрямку вітру, що найбільш імовірні для місяця, який обрано для імітаційного моделювання сортувального процесу.

Слід також відзначити, що дана модель може бути адаптована в гіркові автоматизовані комплекси з метою підвищення не тільки безпеки, а й ефективності сортувального процесу.

Список використаних джерел

1. Огар, О.М. Розвиток теорії експлуатації та методів розрахунку конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.20 / О.М. Огар. – Харків, 2011. – 368 с.
2. Оптимизация режимов торможения отцепов на сортировочных горках [Текст]: монография / В.И. Бобровский, Д.Н. Козаченко, Н.П. Божко [и др.]. – Днепропетровск: Изд-во Маковецкий, 2010. – 260 с.
3. Лебединская, Е.Н. Разработка адаптивной автоматической системы управления работой сортировочной горки [Текст] / Е.Н. Лебединская, Н.Н. Новгородов, Л.В. Пальчик, Е.Г. Шепилова // Вестник ВНИИЖТа. – 1999. – №3. – С. 32-34.
4. Жуковицкий, И.В. Управление замедлителями тормозной позиции сортировочной горки. Часть 1. Модель системы [Текст] / И.В. Жуковицкий, Г.И. Загарий, Н.И. Луханин // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2000. – № 5. – С. 19–25.
5. Жуковицкий, И.В. Управление замедлителями тормозной позиции сортировочной горки. Часть 2. Модель системы [Текст] / И.В. Жуковицкий, Г.И. Загарий, Н.И. Луханин // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2002. – № 4. – С. 17–20.
6. Шабельников, А.Н. Разработка теории и методов автоматизации управления сложными процессами на сортировочной станции [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.06 / А.Н. Шабельников. – Москва, 2005. – 344 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор О.М. Огар

Таратушка Костянтин Володимирович, асистент кафедри залізничних станцій та вузлів Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-42. E-mail: kostiktar@rambler.ru.

Taratushka Konstantin Vladimirovich, assistant of the department zheleznodorozhnih stations and nodes Ukrainian State Academy Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-42. E-mail: kostiktar@rambler.ru

УДК 628.32

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОЧИЩЕННЯ НАФТОВІСНИХ СТИЧНИХ ВОД ЗАЛІЗНИЦІ

Асист. Н.Г. Онищенко, кандидати техн. наук С.І. Епштейн, С.Ю. Нікулін

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Асист. Н.Г. Онищенко, кандидати техн. наук С.И. Эпштейн, С.Е. Никулин

RESEARCHES AND DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL OIL CONTAINING SEWERS WATERS TREATMENTS RAILWAY

Assist. N.G. Onischenko, candidates of techn. sciences S.I. Epstein, S.E. Nikulin

Наведено аналіз лабораторних досліджень і промислових технологічних випробувань як окремо удосконаленого модульного пристрою, так і в комбінації з модернізованим електричним апаратом. Виконано технологічні випробування комбінованого методу очищення стічних вод миття цистерн вагонного депо та оцінку отриманих результатів. Розроблено математичну модель на базі гіпотези про укрупнення краплинок у коагулюєму звантажженні в основному за рахунок градієнтної коагуляції. Результати розрахунків підтверджують справедливість прийнятих у моделі припущень.

Ключові слова: нафтові забруднення, завислі частинки, комбінований метод, очищення, електроапарат, модульний пристрій.

Приведен анализ лабораторных исследований и промышленных технологических испытаний как отдельно усовершенствованного модульного устройства, так и в комбинации с модернизированным электрическим аппаратом. Выполнены технологические испытания комбинированного метода очистки сточных вод мойки цистерн вагонного депо и оценка полученных результатов. Разработана математическая модель на базе гипотезы об укрупнении капель в коагулирующей загрузке в основном за счет градиентной коагуляции. Результаты расчетов подтверждают справедливость принятых в модели предположений.

Ключевые слова: нефтяные загрязнения, взвешенные частицы, комбинированный метод, очистка, электроаппарат, модульное устройство.

The ground of necessity of further improvement of equipment is carried out for sewers waters treatment from rough-, finelydisperse oil contaminations and weighed particles. For areas steaming and washing tanks railway from oil, washing vehicles, database storage of fuels and lubricants. Sewage water from steaming railroad tank to the parameters that would allow re-use of treated water is an urgent task of improving the operational efficiency of treatment facilities on the railway by reducing the unit cost of water for this workflow. The analysis of laboratory researches and industrial technological tests of the separately improved module device is resulted, so in combination with the modernized electric vehicle. The technological tests of the combined method of sewers waters treatment are executed washings of cisterns of carriage depot and estimation of the got results. A mathematical model based on the hypothesis of widening the load drops in the coagulating mainly due to the gradient of coagulation. The calculation results confirm the validity of the assumptions made in the model.

Keywords: oil pollution, suspended particles, combined method, treatment, Electric modular unit.

Вступ. Існує велика кількість джерел утворення стічних вод, які містять грубо-, дрібнодисперговані нафтові забруднення та завислі речовини. Наприклад, ділянки пропарювання та миття цистерн залізниці від нафтопродуктів; миття автотранспорту; бази зберігання паливно-мастильних матеріалів; замазучені стоки ТЕС тощо. Тому розроблення і впровадження ефективних компактних установок невеликої (1-25 м³/год) продуктивності є актуальною проблемою. Так, очищення стічної води від пропарювання цистерн залізниці до параметрів, які б дозволяли використовувати очищену воду повторно, є актуальним завданням підвищення ефективності експлуатації очисних споруд на залізниці за рахунок зменшення питомих витрат води на цей технологічний процес.

Аналіз публікацій. Найбільш ефективними пристроями для очищення стічних вод від тяжких мінеральних завислих часток і грубодиспергованих нафтопродуктів є тонкошарові нафтоуловлювачі різних модифікацій [1, 2]. У найбільш досконалій конструкції двосекційного тонкошарового нафтоуловлювача застосовуються нерухомі металеві або пластикові тонкошарові модулі [3]. Застосування у схемі очищення додаткових коалесцентних фільтрів з зернистим

завантаженням дозволяє підвищити ефект очищення від дрібно- і середньодиспергованих, а також частини емульсованих нафтозабруднень [3, 4]. Найбільш досконалими спорудами для глибокого доочищення стічних вод після нафтовловлювачів можуть слугувати коалесцентні фільтри вертикального та горизонтального типу французької фірми “Дегремон” [5]. Як коалесцентне завантаження застосовуються поліетилен, поліпропілен, поліуретан та інші полімерні матеріали у вигляді гранул, зерен і т. д.

Загальним недоліком відомих схем при очищенні нафтовмісних стічних вод з нафтовловлювачами та фільтрами, у тому числі і коалесцентними, є проблема біозростань на всіх стадіях очищення, які суттєво погіршують поточні технологічні показники роботи очисного обладнання, зокрема напірних фільтрів. Відомим є апарат для електрохімічного очищення води та засіб стабілізаційного очищення води, основним призначенням яких є пом'якшення води та попередження утворення щільних солевих відкладень [6, 7]. Але звісно, що при використанні електричної обробки води (електрокоагуляція, гальванокоагуляція, електростабілізаційна обробка води) з розчинними або нерозчинними електродами

спостерігається побічний ефект зменшення швидкості біозростань [8-13]. Крім того, загалом відомо, що в результаті дії електричного розряду малої потужності вода практично очищується від бактеріального забруднення [14]. Відомі різні математичні моделі процесу фільтрації. Фундаментальний вклад у теорію фільтрування пористими матеріалами внесли вітчизняні науковці Мінц Д.М. [15, 16], Жужіков В.М. [17], Романков П.Г. [18] та ін. Процес моделювання фільтрування зокрема з застосуванням плаваючого завантаження (ФПЗ) докладно вивчений Журбою М.Г., Гиролем Н.Н. та ін. [19, 20, 21, 22, 23]. ФПЗ на підприємствах чорної металургії займалися Мороз С.І. і Мягкий Д.Д. [24, 25].

Відомими є роботи, де автори дослідили вплив таких параметрів, як швидкість фільтрування, діаметр та висота завантаження з гранульованого полістиролу і поліетилену, на величину коалесценції дрібно- і середньодиспергованих (20-30 мкм) краплинок нафтових забруднень [26, 27]. Однак отримані результати збільшення розмірів краплинок у 2-2,5 разу до 40-55 мкм недостатні для забезпечення потрібної якості очищеної води. У наведених прикладах напрямок фільтрації через ФПЗ – знизу догори. У роботах [28, 29] наведено результати досліджень і розроблено математичну модель очищення нафтовмісних стічних вод у коалесцентному фільтрі з напрямком фільтрації згори-вниз з застосуванням кварцового гідрофобізованого піску з медіанним діаметром 1,0 мм. Наведена в роботі модель отримана в результаті статистичної обробки даних експериментів для таких умов: наявність завислих речовин – менше 100 мг/л; концентрація нафтопродуктів ~ 1000 млн⁻¹; тиск у фільтрі 0,2-0,8 м; швидкість фільтрування – 1-4 м/год. На жаль, наведена модель не дозволяє скласти теоретичну уяву з впливу різних факторів на процес коалесценції. Проте дозволяє розрахувати раціональні значення експлуатаційних і конструктивних параметрів фільтроелементів з кварцовим піском. Аналіз указаних та інших робіт, наприклад Шеренкова І.А., Архипова О.В. [30, 31], показує, що якщо технологічні аспекти та математичне моделювання процесу фільтрування через ФПЗ в основному набуло статусу вивченої проблеми і потребує лише уточнення для різних умов

застосування, то для процесу коалесцентної контактної фільтрації через ФПЗ та інші матеріали вирішення цих завдань залишається актуальним до цього часу.

Мета і постановка завдання. Мета підвищення ефективності очищення води в основному від нафтозабруднень можна вирішити за допомогою комбінованого методу очищення нафтовмісних стічних вод, який передбачає послідовну обробку стічних вод в електричному апараті та модернізованому модульному пристрої, а саме попередження біозростань за допомогою електрообробки, а потім доочищення в модульному пристрої, де суміщаються процеси тонкошарового відстоювання більш великих нафтових краплинок у тонкому шарі і сепарації з ефектом коалесценції більш дрібних, у тому числі частини емульгованих, нафтових умовних краплинок при фільтрації води через плаваюче завантаження.

Мета повинна була бути досягнута за рахунок вирішення таких завдань: проведенням лабораторних експериментів і досліджень на установці очищення в промислових умовах; теоретичне осмислення процесу коалесценції, а саме розроблення математичної моделі процесу коалесценції для запропонованих умов, яка дозволить узагальнити результати досліджень і спрогнозувати ефективність очищення при зміні основних параметрів процесу.

Лабораторні та промислові дослідження. Авторами раніше були виконані дослідження в лабораторних і промислових умовах впливу електричної обробки на інтенсивність біозростань як окремо, так і в комбінації з модульним пристроєм [32, 33, 34]. У дослідженнях використано модернізований електричний апарат з нерозчинними сталевими і графітовими електродами. Позитивні результати отримано виключно при застосуванні комбінації удосконалених пристроїв [35]. Найбільша ефективність очищення від нафтопродуктів і завислих твердих часток 75-95 % та 83-98 % відповідно отримано при таких показниках: щільність струму на електродах - 4-25 А/м², імпульсний принцип дії електрообробки, а саме питома тривалість переривання подачі напруги на пластини електродів 250-350 мс/с; швидкість фільтрування в модулях до 10-15 м/год. Виконані в промислових умовах випробування модульного пристрою здійснювалося в умовах

напірної подачі води з тиском у діапазоні 0,1-0,25 МПа. Комбінація пристроїв дозволила отримати воду II і III (небіогенна і допустимо біогенна) груп при 2 і 3 балах біогенності відповідно згідно зі стандартною методикою [36]. Тобто отримана вода зі слабким і середнім ступенем біогенності.

Останні позитивні результати лабораторних експериментів отримано при застосуванні в якості плаваючого завантаження коалесцентного фільтра модульного апарата зернистого матеріалу – підготовленого антрациту-фільтранта (ПАФ) крупністю зернин 0,8-1,2 мм, який вироблено за допомогою сучасної технології [37].

Конструкція апарата (модульного пристрою), яка випробувалася в промисловодослідній установці, розроблена авторами і співавторами і захищена патентом України на винахід [38].

Таким чином, проведені раніше дослідження стали основою для проведення досліджень комбінованого методу очищення стічних вод на промисловодослідній установці очищення стічної води вагонного депо – очищення цистерн від нафтопродуктів (пропарювання цистерн і гідрозмивання) з метою визначення оптимальних технологічних параметрів роботи останньої [39].

Останні результати досліджень у промислових умовах отримано виключно для оптимальних діапазонів параметрів: переривання дії електростатичного поля 250 мс/с і питома навантаження на електроди 4 і 10 А/м², при яких спостерігаються мінімальні питомі витрати електроенергії, і достатня ефективність (95,9-97,5 %) зменшення біозростання порівняно з випробуваннями без електрообробки. Отримані результати підтвердили ефективність запропонованої установки при застосуванні в якості плаваючого завантаження коалесцентного фільтра модульного апарата зернистого матеріалу – підготовленого антрациту-фільтранта (ПАФ) крупністю зернин 0,8-1,2 мм (медіанний діаметр ~ 1 мм, пористість ~ 28 %) для витрат стічної води в діапазоні 1,5-18 м³/год, середньої тривалості фільтроциклу між промивками модулів – 30-32 год, швидкості фільтрування 0,95-13 м/год [8].

Нижче на рис. 1-3 наведено усереднені результати аналізу експериментів у промислових умовах у вигляді графіків залежності ефективності очищення стічних вод

від нафтопродуктів, завислих речовин та швидкості фільтрування від тривалості випробувань, яка в сумі складала 48 діб (1152 год) при різних витратах стічної води.

Аналіз приведених графіків свідчить про таке:

1. Ефективність очищення стічних вод від нафтопродуктів при витратах стічної води 1,5; 10 та 18 м³/год є стабільною при електричній обробці (питома навантаження 4 і 10 А/м²) стічної води і становить 88-94 % протягом всього періоду випробувань – 48 діб (1152 год). За відсутності електрообробки ефективність очищення постійно зменшується від 88-90 до 43-56 % наприкінці періоду випробувань.

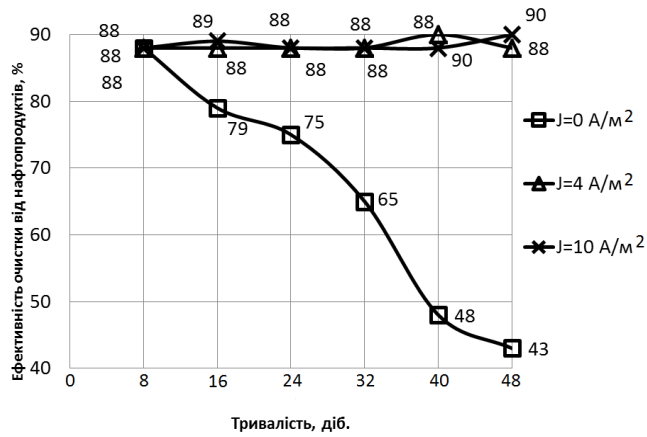
2. Ефективність очищення стічних вод від завислих речовин при витратах стічної води 1,5; 10 та 18 м³/год є стабільною при електричній обробці (питома навантаження 4 і 10 А/м²) стічної води і становить 71-86 % протягом всього періоду випробувань – 48 діб (1152 год). За відсутності електрообробки ефективність очищення постійно зменшується від 71-82 до 47-56 % наприкінці періоду випробувань.

3. Швидкість фільтрування при витратах стічної води 1,5; 10 та 18 м³/год є стабільною при електричній обробці (питома навантаження 4 і 10 А/м²) стічної води і становить 0,95-1,0; 6,0-7,0 та 11-13 м/год відповідно протягом всього періоду випробувань – 48 діб (1152 год). За відсутності електрообробки швидкість фільтрування постійно зменшується від 0,95; 7,0 та 12 м/год відповідно до 0,4; 4,0; 5,0 м/год наприкінці періоду випробувань.

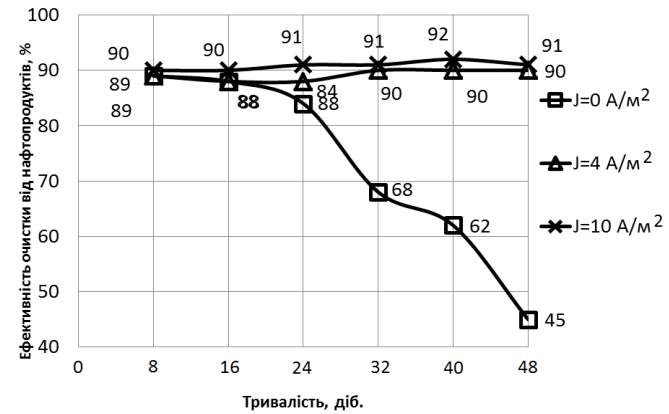
Розроблення математичної моделі.

Розглянемо загальні умови процесу коалесценції. Передбачається, що при пропусканні води, що очищається, через коалесціююче завантаження краплинки мастила, що знаходяться у воді, укрупнюються і потім з достатньо високою ефективністю можуть бути виділені за допомогою відстоювання, фільтрування або флотації.

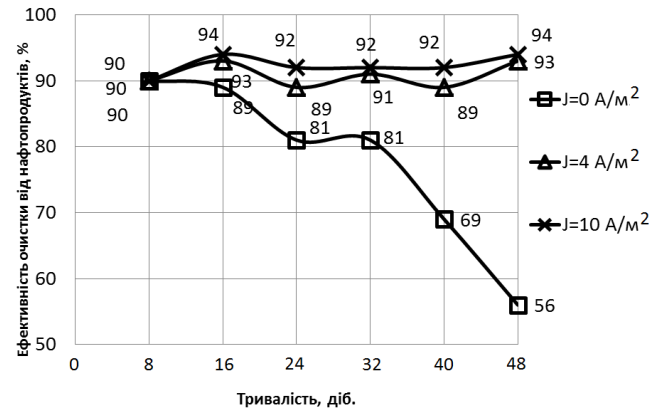
Слід, проте, зазначити, що фізична картина цього процесу не цілком зрозуміла, що ускладнює побудову його математичної моделі. Можна подати декілька фізичних моделей даного явища. Не виключено, що в реальності всі вони мають місце, і описувані ними фізичні процеси відбуваються одночасно.



(а)

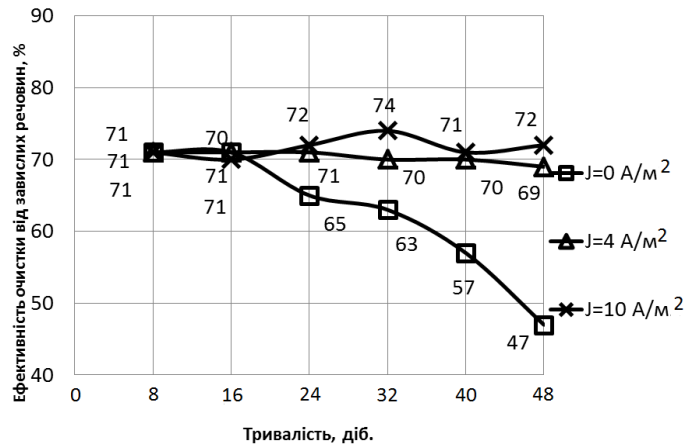


(б)

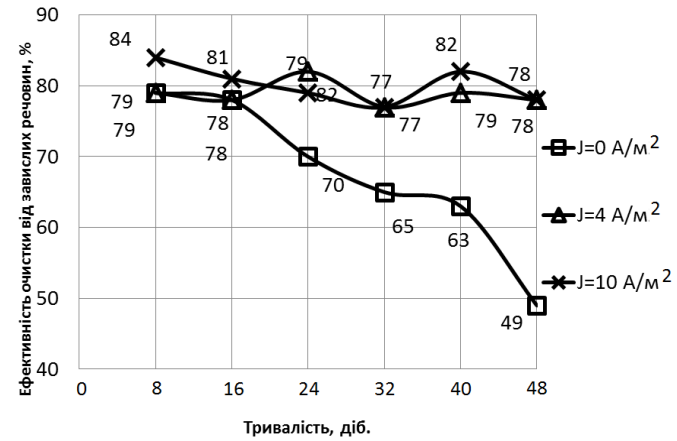


(в)

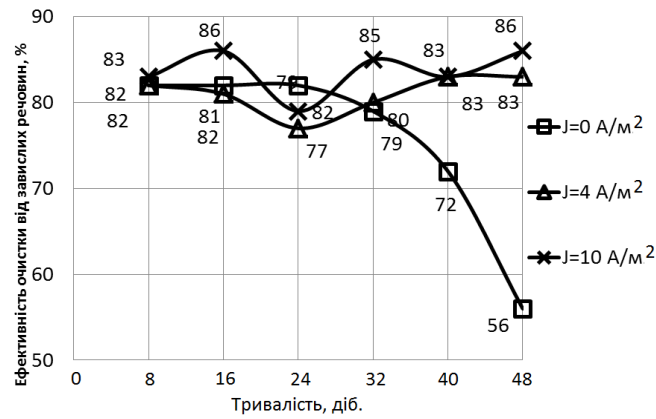
Рис. 1. Ефективність очищення стічних вод від нафтопродуктів при витраті:
а – 18 м³/год; б – 10 м³/год; в – 1,5 м³/год



(а)

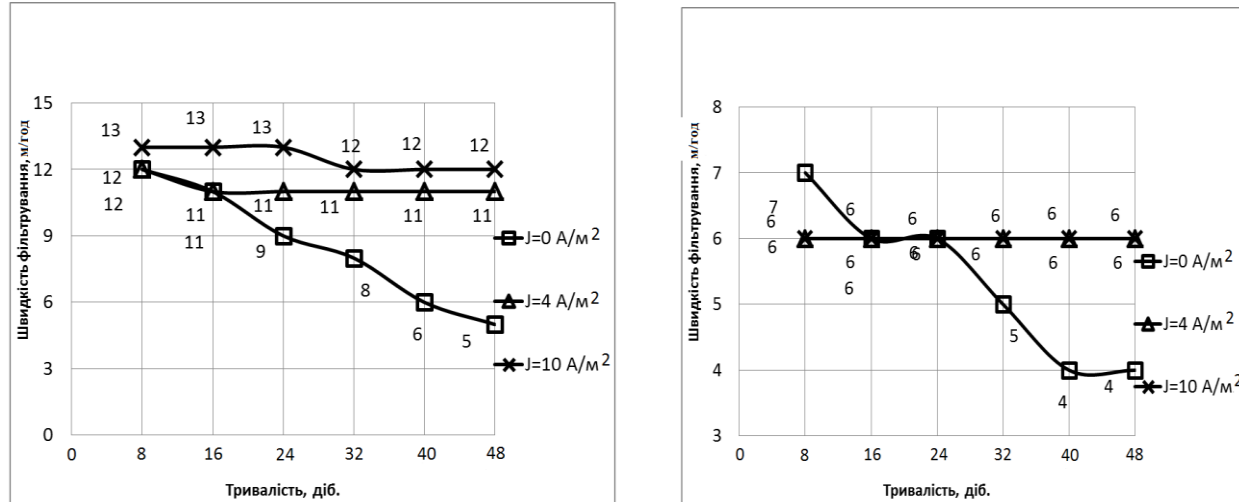


(б)



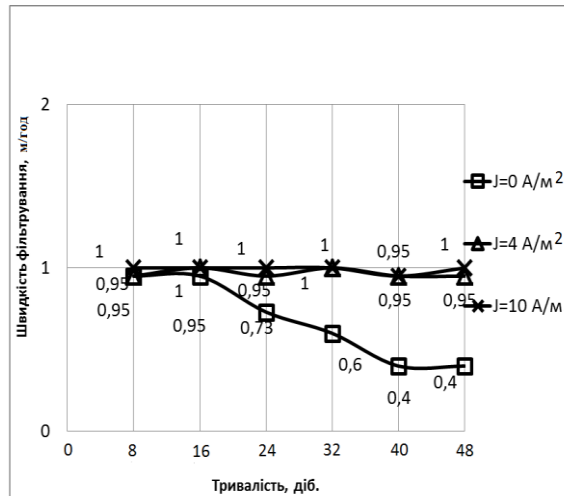
(в)

Рис. 2. Ефективність очищення стічних вод від завислих речовин при витраті:
а – 18 м³/год; б – 10 м³/год; в – 1,5 м³/год



(a)

(б)



(в)

Рис. 3. Швидкість фільтрування стічних вод при витраті: а – 18 м³/год; б – 10 м³/год; в – 1,5 м³/год

Нижче ми розглянемо один з можливих фізичних процесів укрупнення краплинок у коагулісциуючому завантаженні – градієнтну коагуляцію, який, на наш погляд, повинен домінувати, і подамо його математичний опис.

При протіканні рідини через зернисте завантаження мають місце втрати тиску по ходу руху рідини, тобто втрати енергії. Як відомо з курсів гідравліки і гідродинаміки, тиск, під яким знаходиться рідина, можна розглядати як запас потенційної енергії одиниці об'єму рідини.

Розглянемо елемент об'єму коалесціуючого завантаження, що має форму кубика зі стороною, що дорівнює одиниці. Об'єм пор у цьому кубіку називається порізністю завантаження (позначимо його через ε). Хай через кубик пропускається рідина, і при цьому мають місце втрати тиску ΔP . Отже, втрати енергії E_1 одиниці об'єму рідини, що протікає, віднесені до одиниці вільного об'єму цього кубика,

$$E_1 = \frac{\Delta P_1}{\varepsilon}. \quad (1)$$

Але в одиницю часу через кубик проходить W об'ємів рідини,

$$Q = W \cdot S,$$

де W – середня швидкість рідини через кубик;

S – поверхня грані, через яку входить рідина і яка для даного кубика дорівнює одиниці.

Таким чином, повні втрати енергії при протіканні рідини через кубик, віднесені до одиниці вільного об'єму (тобто об'єму пор)

$$E = \frac{\Delta P_1 \cdot W}{\varepsilon}. \quad (2)$$

Величина E називається дисипацією енергії в одиниці об'єму. Ця енергія витрачається на подолання сил в'язкості при деформації елементів об'єму рідини (деформації, яка майже завжди має місце при русі рідини). У спрощеному вигляді це можна подати так. Розглянемо елементарний об'єм рідини – кубик зі сторонами, що дорівнюють h (рис. 4). Якщо по верхній грані кубика діє дотична напруга τ , вона викликає деформацію кубика.

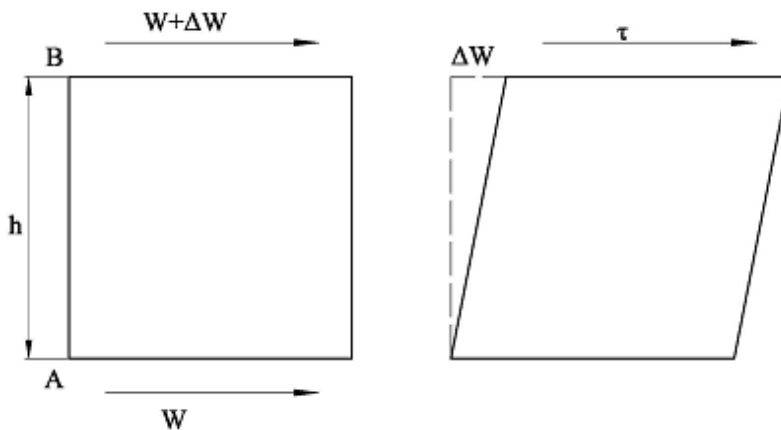


Рис. 4. Деформація елементарного об'єму рідини в потоці із здвигом

Згідно з законом Ньютона

$$\tau = \mu \cdot \frac{\Delta W}{h} = \mu \cdot G, \quad (3)$$

Перемножимо обидві частини рівності (2)

на $\frac{\Delta W}{h}$:

$$\tau \cdot \frac{\Delta W}{h} = \mu \cdot \left(\frac{\Delta W}{h}\right)^2 = \mu \cdot q^2. \quad (4)$$

де G – градієнт швидкості, $G = \frac{\Delta W}{h}$;

μ – динамічний коефіцієнт в'язкості.

Але якщо прийняти $h=1$, то градієнт швидкості чисельно дорівнює швидкості точки А відносно точки В, тобто швидкості ΔW переміщення верхньої грані відносно нижньої, а τ – це сила, що діє уздовж верхньої грані. У свою чергу добуток сили τ на швидкість ΔW – це потужність, тобто витрата енергії в одиницю часу, а оскільки в даному випадку розглядався елемент одиничного об'єму, то це втрати енергії в одиницю часу в одиниці об'єму, тобто E .

Отже,

$$E = \mu \cdot G^2. \quad (5)$$

Звідси

$$G = \sqrt{\frac{E}{\mu}} = \sqrt{\frac{W}{\mu \cdot V}}, \quad (6)$$

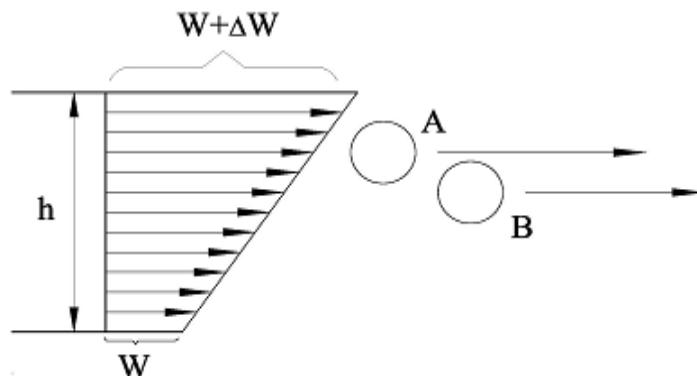


Рис. 5. Пояснення до механізму зіткнення краплинок при градієнтній коагуляції (градієнт швидкості $G = \frac{\Delta W}{h}$)

Крапля А знаходиться в точці А, де швидкість рідини більша, ніж швидкість у точці В. Оскільки краплинки переміщуються зі швидкістю навколишньої рідини, то швидкість краплинки А більше, ніж швидкість краплинки В. Внаслідок цього краплинка А через деякий час “наздожене” краплинку В, зіткнеться з нею і з'єднається, утворивши краплинку об'ємом $(V_A + V_B)$, де V_A і V_B – первинні об'єми краплинок А і В. Якщо в одиниці об'єму води є n_1 частинок А, радіус яких дорівнює r_1 і n_2 , частинок В, радіус яких дорівнює r_2 , то відповідно до роботи [40] кількість зіткнень частинок А і В в одиницю часу дорівнює

$$N_{CT1,2} = \frac{4}{3} \cdot (r_1 + r_2)^3 \cdot G \cdot n_1 \cdot n_2, \quad (7)$$

де V – даний об'єм (це може бути об'єм споруди або частина об'єму фільтруючого завантаження і т. п.);

W – енергія, що втрачається в даному об'ємі.

Увага, яка була приділена поняттю і обчисленню градієнта швидкості, обумовлена тим, що в моделі коалесценції, що розглядається тут, основну роль відіграє так звана градієнтна коагуляція. Відомості про градієнтну коагуляцію, так само як і про обчислення градієнта швидкості, можна знайти в цілому ряді джерел [40, 41, 42].

Розглянемо сукупність частинок (у даному випадку – крапельінок рідини) у потоці з зсувом (рис. 5).

де G – градієнт швидкості.

Такою була б кількість зіткнень цих частинок у безповітряному просторі. У рідині ж траєкторії частинок при їх зближенні відхиляються від прямолінійних, і тому у формулу (7) необхідно ввести так званий “коефіцієнт захоплення” α , з урахуванням якого формула (6) набуде вигляду

$$N_{1,2} = \frac{4}{3} \cdot (r_1 + r_2)^3 \cdot G \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot \alpha. \quad (8)$$

“Коефіцієнт захоплення” α близький до одиниці, коли $V_1 \approx V_2$, і малий, якщо $V_1 < V_2$ або, навпаки $V_1 > V_2$. Тому, як це прийнято в

роботі [43], вважатимемо, що стикаються між собою тільки частинки рівних розмірів. Отже, для частинок радіуса r_i кількість зіткнень N_{CTi}

$$N_{CTi} = \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{2} \cdot (2r_i)^3 \cdot G \cdot n_i^2 = \frac{4}{\pi} \cdot V_i \cdot G \cdot n_i^2, \quad (9)$$

$$\frac{dn_1}{dt} = -2N_{CT1} = -2 \cdot \frac{4}{\pi} \cdot V_1 \cdot G \cdot n_1^2 = -\frac{8}{\pi} \cdot V_1 \cdot G \cdot n_1^2. \quad (10)$$

Коефіцієнт 2 у формулу (10) введений тому, що в результаті кожного зіткнення “зникають” дві частинки об’єму V_1 , утворюючи одну частинку об’єму V_2 . Якщо пригадати, що множення $V_i \cdot n_i$ – це сумарний об’єм частинок, об’єм кожній з яких дорівнює V_i , в одиниці об’єму рідини, тобто об’ємна концентрація

де V_i – об’єм частинок, радіус яких дорівнює r_i .

Якщо в початковий момент часу у воді є тільки частинки об’ємом V_1 у кількості n_1 , то рівняння для зміни кількості частинок з часом має такий вигляд

($V_i \cdot n_i = C_i$), і перемножити рівняння (10) на V_1 , то отримаємо рівняння

$$\frac{dC_1}{dt} = -\frac{8}{\pi} \cdot G \cdot C_1^2. \quad (11)$$

Зміна в одиницю часу кількості частинок, об’єм яких дорівнює V_2 , описується таким рівнянням:

$$\frac{dC_2}{dt} = -\frac{8}{\pi} \cdot G \cdot C_2^2 + N_{CT1} \cdot V_2 = -\frac{8}{\pi} \cdot G \cdot C_2^2 + \frac{4}{\pi} \cdot V_1 \cdot G \cdot n_1^2 \cdot V_2. \quad (12)$$

Останній доданок у правій частині – це приріст загального об’єму частинок, об’єм кожній з яких дорівнює V_2 , за рахунок утворення їх з частинок об’ємом V_1 .

Оскільки $V_2 = 2V_1$, отримаємо рівняння

$$\frac{dC_2}{dt} = -\frac{8}{\pi} \cdot G \cdot C_2^2 + \frac{8}{\pi} \cdot G \cdot C_1^2. \quad (13)$$

Аналогічно, для будь-якого i

$$\frac{dC_i}{dt} = -\frac{8}{\pi} \cdot G \cdot C_i^2 + \frac{8}{\pi} \cdot G \cdot C_{i-1}^2. \quad (14)$$

Розділимо обидві частини рівнянь (11) і (14) на $\frac{8}{\pi} \cdot G \cdot C_0^2$:

$$\frac{1}{\frac{8}{\pi} \cdot G \cdot C_0^2} \cdot \frac{dC_1}{dt} = -\left(\frac{C_1}{C_0}\right)^2. \quad (15)$$

$$\frac{dC_i}{\frac{8}{\pi} \cdot G \cdot C_0^2 \cdot dt} = -\left(\frac{C_i}{C_0}\right)^2 + \left(\frac{C_{i-1}}{C_0}\right)^2, \quad (16)$$

де C_0 – загальна об’ємна концентрація частинок, яка в процесі коагуляції (коалесценції) залишається незмінною.

Введемо позначення: $\frac{C_i}{C_0} = \bar{C}_i$.

Ліву частину рівняння (15) запишемо в такому вигляді:

$$\frac{1}{\frac{8}{\pi} \cdot G \cdot C_0^2} \cdot \frac{dC_i}{dt} = \frac{d \cdot \left(\frac{C_i}{C_0}\right)}{\frac{8}{\pi} \cdot G \cdot C_0 \cdot dt} = \frac{d \cdot \left(\frac{dC_i}{dC_0}\right)}{d \cdot \left(\frac{8}{\pi} \cdot G \cdot C_0 \cdot t\right)}. \quad (17)$$

Введемо позначення $\frac{8}{\pi} \cdot G \cdot C_0 \cdot t = \bar{t}$, тоді система рівнянь набуде такого безрозмірного вигляду:

$$\frac{d\bar{C}_1}{d\bar{t}} = -\bar{C}_1^2; \quad (18)$$

$$\frac{d\bar{C}_2}{d\bar{t}} = -\bar{C}_2^2 + \bar{C}_1^2;$$

$$\frac{d\bar{C}_i}{d\bar{t}} = -\bar{C}_i^2 + \bar{C}_{i-1}^2. \quad (19)$$

З початковими умовами

$$\bar{C}_{0,i} = \frac{C_{0,i}}{C_0},$$

де $C_{0,i}$ – початкова концентрація частинок, об'єм кожної з яких дорівнює V_i , розв'язок рівняння (18) має вигляд рівняння 20:

$$\bar{C}_i = \frac{\bar{C}_{0,1}}{1 + \bar{C}_{0,1} \cdot \bar{t}}, \quad (20)$$

де $\bar{C}_{0,1} = \frac{C_{0,1}}{C_0}$;

$C_{0,1}$ – початкова об'ємна концентрація частинок, об'єм кожної з яких дорівнює V_1 .

Що стосується рівнянь (19), то це рівняння Ріккати, які в загальному вигляді не мають аналітичного розв'язку. Систему рівнянь (19) краще всього розв'язувати чисельними методами, наприклад методом Ейлера або точнішими (метод Адамса, метод Рунге-Кутта).

Для подальшого викладення необхідно визначити величину G і час перебування t при протіканні рідини через зернисте завантаження.

Втрати тиску при русі через пористе середовище (зернистий шар) можна визначити за формулою Козені-Кармана [44]:

$$\Delta P = K \cdot \frac{\mu \cdot W_0}{\varphi^2 \cdot d^2} \cdot \frac{(1 - \varepsilon)^2}{\varepsilon^3} \cdot L, \quad (21)$$

де K – константа Козені ($K \approx 180$);

μ – динамічний коефіцієнт в'язкості;

W_0 – швидкість потоку з розрахунку на поперечний перетин “порожнього” апарата, тобто апарата без зернистого завантаження;

d – середній розмір частинок фільтруючого матеріалу;

φ – коефіцієнт форми;

ε – пористість зернистого шару;

L – товщина зернистого шару.

У даній формулі для частинок завантаження можна прийняти $\varphi \approx 0,7$ і пористість зернистого шару $\varepsilon \approx 0,28$.

Втрати тиску (при незмінній швидкості) – це втрати енергії одиниці об'єму рідин при протіканні через зернистий шар. Повні втрати енергії при протіканні через шар з одиничним поперечним перетином $\Delta E = \Delta P \cdot V_0$.

Об'єм, у якому відбувається втрата енергії, дорівнює $\varepsilon \times L$.

Отже, за формулою (6):

$$G = \sqrt{\frac{\Delta P \cdot W_0}{\mu \cdot \varepsilon \cdot L}}. \quad (22)$$

Час перебування води в цьому об'ємі дорівнює t :

$$t = \frac{\varepsilon \cdot L}{Q} = \frac{\varepsilon \cdot L}{W_0} \quad (23)$$

(оскільки витрата через одиничний поперечний переріз дорівнює W_0).

Розглянемо, як зміниться об'єм початкових дрібних частинок мастила в монодисперсній емульсії після того, як вона протікла через коалесцююче завантаження. Прийmemo середній розмір зерен матеріалу, через який протікає рідина, $d \approx 1,0$ мм = 0,001 м, $\mu \approx 0,001$, $L \approx 0,5$ м, $W_0 = 7,2$ м/год = 0,002 м/с, концентрацію нафтопродуктів у воді – 100 мг/дм³ = 100 г/м³ = 0,1 кг/м³, щільність мастил $\rho \approx 900$ кг/м³ ($C_1 = \frac{0,1}{900} = 0,00011 = C_0$).

За формулою (21)

$$\Delta P = 180 \cdot \frac{0,001 \cdot 0,002 \cdot (1 - 0,28)^2}{0,7^2 \cdot 0,001^2 \cdot 0,28^3} \cdot 0,5 = 17349 \text{ Па.}$$

За формулою (22)

$$G = \sqrt{\frac{17349 \cdot 0,002}{0,001 \cdot 0,25 \cdot 0,5}} = 497 \cdot$$

Час протікання води через шар завантаження

$$t = \frac{0,5 \cdot 0,25}{0,002} = 70 \text{ с.}$$

$$\bar{t} = \frac{8}{\pi} \cdot C_0 \cdot G \cdot t = 0,00011 \cdot 497 \cdot 70 = 9,75 \cdot$$

Оскільки прийнято, що в початковий момент часу всі частинки мають рівні розміри (емульсія монодисперсна), початкова концентрація цих “первинних” частинок – це загальна концентрація частинок, тобто їх сукупний об’єм рівний C_0 , тоді:

$$\frac{\bar{C}_0}{C_0} = \frac{C_0}{C_0} = 1.$$

Тоді до моменту $t = 70$ с (тобто $\bar{t} = 9,75$):

$$\bar{C}_1 = \frac{1}{1 + \bar{t}} = \frac{1}{1 + 9,75} = 0,093 \cdot$$

$$\frac{\bar{C}_0}{\bar{C}_1} = \frac{1}{0,093} \approx 10,75 \cdot$$

Отже, за рахунок коалесценції кількість “первинних” дрібних частинок зменшиться в 10,75 разу. Вони перейдуть у “категорію” крупніших частинок, які легше буде видалити з води.

Таким чином, ефективність очищення води від дрібно- та середньодисперсних краплин нафтопродуктів, а саме 5-10 та 10-30 мкм відповідно, теоретично може досягати 90 %. Цей висновок добре кореспондується з отриманими промисловими та лабораторними дослідженнями.

Висновки.

1. Підтверджено лабораторними дослідженнями та на дослідно-промисловій установці ефективність комбінованого методу доочищення стічної води миття цистерн вагонного депо залізниці від дрібно- та середньодиспергованих нафтових забруднень і завислих частинок, а саме послідовною обробкою в модернізованому електричному апараті та модульному пристрої з коалесцентним типом фільтрування через щільно-фіксоване плаваюче завантаження.

2. Досягнута стабільність ефекту очищення стічної води від нафтопродуктів 88-94 % від завислих речовин 71-86 % при таких оптимальних параметрах дослідно-промислової установки: щільність струму на електродах 4-10 А/м², питома тривалість імпульсної електрообробки – переривання електрообробки 250 мс/с; швидкість фільтрування в коалесцентних модулях – 0,95-13 м/год, дозволяє рекомендувати їх при розробленні рекомендацій на проектування.

3. Отримані графіки залежності ефективності очищення стічних вод від нафтових забруднень і завислих речовин дозволяють розробити рекомендації для виконання інженерних розрахунків при проектуванні очисних систем.

4. Розроблено математичну модель на базі гіпотези про укрупнення краплинок у коагулюючій завантаженні в основному за рахунок градієнтної коагуляції. Результати розрахунків підтверджують справедливості прийнятих у моделі припущень.

5. Результати роботи дозволять оптимізувати очищення стічних вод залізниці: підвищити економічну ефективність використання рухомого складу, за рахунок можливості оборотного використання частини доочищеної води в установках пропарювання цистерн; можливість подачі очищеної води на установку глибокого знесолення (наприклад зворотний осмос) з подальшим використанням у системах охолодження двигунів локомотивів; припинення платежів за скидання недостатньо очищених стічних вод залізниці у міську каналізацію або в поверхневі водойми.

Список використаних джерел

1. Перевалов, В.Г. Очистка сточных вод нефтепромыслов [Текст] / В.Г. Перевалов, В.А. Алексеева. – М.: Недра, 1969. – 224 с.

2. Карелин, А.Я. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов [Текст] / А.Я. Карелин, И.А. Попова, Л.А. Евсева, О.Я. Евсева. – М.: Стройиздат, 1982. – 184 с.
3. Роев, Г.А. Очистка сточных вод и вторичное использование нефтепродуктов [Текст] / Г.А. Роев, В.А. Юфин. – М.: Недра, 1987. – 224 с.
4. Шеренков, И.А. Очистка воды от полидисперсной взвеси в комбинированном тонкослойном отстойнике-фильтре с плавающей загрузкой [Текст] / И.А. Шеренков, О.В. Архипов // Науковий вісник будівництва. – Харків, ХДТУБА-ХОТВ, 1999. – Вип. 6. – С. 137-141.
5. Берне, Ф. Водоочистка. Очистка сточных вод нефтепереработки [Текст] / Ф. Берне, Ж. Кордонье; пер. с фр. – М.: Химия, 1973. – 57 с.
6. А.с. № 1623971, СССР, МКИ С 02 F 1/46. Аппарат для электрохимической очистки воды [Текст] / Муха В.И., Шварц В.Р., Пантелют Г.С., Хвостак Л.Л., Гончаренко В.И. - № 4313896/26; заявл. 06.10.1987; опубл. 30.01.1990, Бюл. № 4. – 8 с.
7. А.с. № 1675214, СССР, МКИ С 02 F 1/46. Способ стабилизации воды [Текст] / Муха В.И., Хвостак Л.Л., Пантелют Г.С., Гончаренко В.И., Легуновская Т.Г., Чернявская Т.В., Широков В.Н. - № 4689631/26; заявл. 10.05.1989; опубл. 07.09.1991, Бюл. № 33. – 11 с.
8. Яковлев, С.В. Технология электрохимической очистки воды [Текст] / С.В. Яковлев, Н.Г. Краснобородько, В.М. Рогов. – Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1987. – 312 с.
9. Остроушко, И.А. Электролитическая очистка сточных вод обогатительных фабрик [Текст] / И.А. Остроушко, Р.И. Остроушко // Цветная металлургия. – 1972. – № 20. – С. 46 - 48.
10. Чантурия, В.А. Электрохимическая технология в обогатительно-гидрометаллургических процессах [Текст] / В.А. Чантурия, Г.Н. Назарова. – М.: Наука, 1977. – 160 с.
11. Назарова, Г.Н. Применение электрохимической технологии для очистки отработанных промышленных растворов и сточных вод обогатительных и металлургических предприятий с одновременным доизвлечением ценных компонентов [Текст] / Г.Н. Назарова, Л.В. Костина // В кн.: Переработки минерального сырья. – М.: Наука, 1977. – С. 211 - 225.
12. Дорохина, Л.И. О возможности использования электрохимической технологии для обезвреживания цианидсодержащих растворов обогатительных фабрик с одновременным доизвлечением металлов [Текст] / Л.И. Дорохина, Н.В. Попурова // В кн.: Технология разработки и обогащения полезных ископаемых. – М.: Недра, 1975. – С. 97 - 99.
13. Найманов, А.Я. Противонакипная электрообработка воды в системах оборотного водоснабжения [Текст]: дисс. д-ра техн. наук / А.Я. Найманов. – Макеевка: ДИСИ, 1994. – 370 с.
14. Проскураков, В.А. Очистка сточных вод в химической промышленности [Текст] / В.А. Проскураков, Л.И. Шмидт. – Л.:Химия, 1977. – 464 с.
15. Минц, Д.М. Теоретические основы технологии очистки воды [Текст] / Д.М. Минц. – М.: Стройиздат, 1964. – 155 с.
16. Николадзе, Г.И. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения [Текст]: учеб. пособие по спец. «Водоснабжение и канализация» для вузов / Г.И. Николадзе, Д.М. Минц, А.А. Кастальский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1984. – 368 с.
17. Жужиков, В.А. Фильтрация: Теория и практика разделения суспензий [Текст] / В.А. Жужиков. - 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1980. – 400 с.
18. Романков, П.Г. Гидравлические процессы химической технологии [Текст] / П.Г. Романков, М.И. Курочкина. – Л.: Химия, 1982. – С. 289.
19. Журба, М.Г. Водоочистные фильтры с плавающим фильтрующим слоем [Текст]: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук: 05.23.04 / М.Г. Журба. – М., 1985.
20. Журба, М.Г. О взаимодействии сил на границе фаз при фильтрационном осветлении суспензий в зернистой среде [Текст] / М.Г. Журба. – М.: ДАН СССР, 1987. – Т. 292, №4. – С. 986-989.
21. Гироль, Н.Н. Гидравлические закономерности процесса промывки плавающей загрузки водоочистных фильтров [Текст] / Н.Н. Гироль // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1978. – № 9. – С. 135-140.
22. Кургаев, Е.Ф. Пристенный эффект в моделях осветлителей и фильтров [Текст] / Е.Ф. Кургаев. // Водоснабжение и санитарная техника. – 1971. – № 9. – С. 4-7.
23. Мельцер, В.З. Исследование пористости зернистых фильтрующих материалов. [Текст] / В.З. Мельцер // Науч. труды АКХ им К.Д. Памфилова. Водоснабжение. – 1973. – Вып. 98, №7. – С.97-99.

24. Мягкий, Д.Д. Очистка сточных вод прокатных станом методом фильтрования [Текст] / Д.Д. Мягкий, С.И. Мороз // Пром. Энергетика. – 1976. – №3. – С. 29-31.
25. Мягкий, Д.Д. Исследование процессов глубокой очистки отработанных вод станом горячей прокатки в фильтрах с пенополистирольной загрузкой [Текст]: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.04 / Д.Д. Мягкий. – М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1978. – 18 с.
26. Шеренков, И.А. Исследование гидродинамики входных участков тонкослойных отстойников [Текст] / И.А. Шеренков, О.В. Архипов // Межвед. науч.-техн. сб. «Гидравлика и гидротехника». – К.: «Техника», 1999. – № 60. – С. 15-20.
27. Седлухо, Ю.П. Механизм разделения эмульсии типа “масло в воде” методом контактной коалесценции [Текст] / Ю.П. Седлухо // Вода и экология: проблемы и решения. – 2001. – № 1. – С. 24-32.
28. Истомин, В.И. Комплексная очистка судовых нефтесодержащих вод [Текст] / В.И. Истомин. – Севастополь: Сев.НТУ, 2004. – 202 с.
29. Истомин, М.В. Математическая модель процесса очистки нефтесодержащих вод энергетических установок в фильтроэлементах с кварцевым песком Авиационно-космическая техника и технология [Текст] / М.В. Истомин. – М., 2008. – № 7. – С. 192-194.
30. Приходько, В.П. Интенсификация процесса безреагентного объемного фильтрования суспензии природных и сточных вод путем применения неоднородной плавающей загрузки из гранул модифицированного пенополистирола [Текст]: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.04 / В.П. Приходько. – Л., 1983. – 25 с.
31. Шеренков, И.А. Архипов О.В. Моделирование фильтрования суспензий через плавающие загрузки [Текст] / И.А. Шеренков, О.В. Архипов // Науковий вісник будівництва. –Харків: ХДТУБА-ХОТВ, 2001. – Вип. 12. – С. 108-115.
32. Никулин, С.Е. Перспективы совершенствования электрической обработки в промышленном водоснабжении [Текст] / С.Е. Никулин, Н.Г. Онищенко // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ 2009. – Вип. 52. – С.159-162.
33. Онищенко, Н.Г. Розробка та випробування модульного пристрою комбінованої очистки стічних вод [Текст] / Н.Г. Онищенко // Науковий вісник будівництва. –Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ 2009. – Вип. 55. – С. 152-156.
34. Нікулін, С.Ю. Промислові випробування модульного пристрою комбінованої очистки стічних вод [Текст] / С.Ю. Нікулін, Н.Г. Онищенко // Коммунальное хозяйство городов: научн.-техн. сб. – К.: Техніка, 2010. – Вып. 93. – С. 120-125.
35. Нікулін, С.Ю. Експериментальні дослідження комбінованого методу очистки стічних вод [Текст] / С.Ю. Нікулін, Н.Г. Онищенко // Науковий вісник будівництва. –Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ 2010. – Вип. 57. – С. 355-361.
36. Шабалин, А.Ф. Обратное водоснабжение промышленных предприятий [Текст] / А.Ф. Шабалин. – М.: Стройиздат, 1972. – С. 127-129.
37. Вуглецевмісний зернистий фільтрант та спосіб його виготовлення [Текст]: пат. 49950 Україна: МКИ С02F 1/28 В01 J20/20 / Нікулін С.Ю., Прокопов О.А., Соловійов Є.М., Дурнев М.О. – UA 99020945A1; заявл. 15.12.2000; опубл. 15.10.2002, Бюл. № 10. – 22 с.
38. Модульний пристрій комбінованої очистки стічних вод від завислих речовин та диспергованих нафтових забруднень [Текст]: пат. 94302 Україна: МКИ С 02 F 1/40, 3/06 / Шеренков І.А., Архипов О.В., Нікулін С.Ю., Онищенко Н.Г., Осика Н.В.; а 200907061; заявл. 06.07.2009; опубл. 26.04.2011, Бюл. № 8. – 11 с.
39. Нікулін, С.Ю. Онищенко Н.Г. Промислові випробування комбінованого методу очистки стічних вод [Текст] / С.Ю. Нікулін // Коммунальное хозяйство городов: научн.-техн. сб. – К.: Техніка, 2011. – Вип. 99. – С. 272-279.
40. Левич, В.Г. Физико-химическая гидродинамика [Текст] / В.Г. Левич. – М.: Физматгиз, - 1959. – 700 с.
41. Бабенков, Е.Д. Очистка воды коагулянтами [Текст] / Е.Д. Бабенков. – М.: Наука, 1977. – 356 с.
42. Клячко, В.А. Подготовка воды для промышленного и городского водоснабжения [Текст] / В.А. Клячко, И.Э. Апельцин. – М.: Стройиздат, 1962. – 820 с.
-

43. Эпштейн, С.И. Определение оптимального объема камеры флокуляции [Текст] / С.И. Эпштейн // Журнал прикладной химии, – 1978. – № 4. – С. 812-816.

44. Романов, П.Г. Гидромеханические процессы химической технологии [Текст] / П.Г. Романов, М.И. Курочкина. – Л.: Химия, 1974. – 288 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор В.О. Юрченко

Онищенко Наталія Григоріївна, асистент кафедри безпеки життєдіяльності та інженерної екології Харківського державного технічного університету будівництва та архітектури. Тел. (057) 700-30-08.

Епштейн Семен Іосифович, канд. техн. наук, Державне підприємство «Український науково-технічний Центр «Енергосталь»».

Нікулін Сергій Юхимович, канд. техн. наук, кафедра водопостачання та водовідведення Харківського національного університету міського господарства ім. О.М. Бекетова.

Onishchenko N.G., assist. Kharkiv National University of Construction and Architecture.

Epstein S.I., cand. of techn. sciences of Ukrainian State Enterprise Scientific-Technical Center "ENERGOSTAL".

Nikulin, S.E., cand. of techn. sciences of A.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ

УДК [629.4.02.002.237].001

БЛОЧНО-ІЄРАРХІЧНЕ ОПИСАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК СУЧАСНИХ ТЕПЛОВОЗІВ

Канд. техн. наук О.В. Братченко

БЛОЧНО-ИЕРАРХИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК СОВРЕМЕННЫХ ТЕПЛОВОЗОВ

Канд. техн. наук А.В. Братченко

BLOCK-HIERARCHICAL DESCRIPTION TO DESIGNS OF THE ENERGY INSTALLATION MODERN DIESEL LOCOMOTIVE

Cand. of techn. sciences A. Bratchenko

Відзначено, що найбільш відповідальним етапом робіт, спрямованих на забезпечення високого рівня техніко-економічних показників наявного тягового рухомого складу, є удосконалення конструкції основних систем та агрегатів, до яких належать енергетичні установки тепловозів. Проведення досліджень на сучасному рівні передбачає використання методів оптимізаційного проектування на основі відповідних формалізованих описань. Висвітлено результати досліджень з розроблення блочно-ієрархічного описання конструкції сучасних енергетичних установок тепловозів, яке проводилось у відповідності до нового підходу, що передбачає використання принципів ієрархічності та блочності. Наведена конструкція механічної системи тепловозного дизеля у вигляді ряду взаємопов'язаних і взаємодіючих модулів. Як приклад у статті наводиться використання розробленого формалізованого описання при рішенні задачі удосконалення конструкції розподільного вала тепловозного дизеля типу Д49 для етапу дослідження кінематики випускних клапанів.

Ключові слова: тяговий рухомий склад, оптимізаційне проектування блочно-ієрархічного описання конструкції енергетичної установки тепловоза, механічна система тепловозного дизеля.

Отмечено, что наиболее ответственным этапом работ, направленных на обеспечение высокого уровня технико-экономических показателей существующего тягового подвижного состава, является усовершенствование конструкции основных систем и агрегатов, к которым относятся энергетические установки тепловозов. Проведение исследований на современном уровне предусматривает использование методов оптимизационного проектирования на основе соответствующих формализованных описаний. Освещаются результаты исследований по разработке блочно-иерархического описания конструкции современных энергетических установок тепловозов, которое проводилось в соответствии с новым подходом, предусматривающим использование принципов иерархичности и блочности. Представлена конструкция механической системы тепловозного дизеля в виде ряда взаимосвязанных и взаимодействующих модулей. В качестве примера в статье приводится использование разработанного формализованного описания при решении задачи усовершенствования конструкции распределительного вала тепловозного дизеля типа Д49 для этапа исследования кинематики выпускных клапанов.

Ключевые слова: тяговой подвижной состав, оптимизационное проектирование, блочно-иерархическое описание конструкции энергетической установки тепловоза, механическая система тепловозного дизеля.

Motivated urgency research and research and development work, directed on provision high level technical-economic factors existing tractive rolling stock. It Is Noted by that the most responsible stage of such work is an improvement to designs of the main systems and unit, to which pertain energy installation a diesel locomotive. When undertaking the studies on modern level provides use the methods designing on base corresponding to formalized descriptions. Results of the studies are illuminated In article on development block-hierarchical description to designs of the modern energy installation diesel locomotive, which was conducted in accordance with new approach, providing use system principle. The Presented design of the mechanical system diesel in the manner of row interconnected and interacting modules. Such presentation allows to select main modules diesel and develop the corresponding to descriptions in the manner of corresponding to functional, accounting, structured, cinematic, dynamic schemes, mathematical models that has important importance for decision of the difficult problems of the improvement to their designs. As example use happens to in article designed formalized description at decision of the problem of the improvement to designs of the camshaft diesel of the type D49 for stage of the study of the kinematics exhaust valve.

The Keywords: *block-hierarchical description to designs, energy installation, modern diesel locomotive*

Вступ. Постановка проблеми у загальному вигляді і її зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями. Збереження провідних позицій залізничного транспорту України на ринку вантажних і пасажирських перевезень, його подальший розвиток вимагає вирішення цілого ряду проблем, які сформульовані в прийнятих державних програмах.

До однієї з таких проблем слід віднести необхідність оновлення активної частини виробничої бази залізничного транспорту України, що в першу чергу передбачає придбання та використання нового тягового рухомого складу (ТРС). Тривалість такого процесу, що обумовлена необхідністю інвестування значних обсягів коштів, визначає актуальність науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, спрямованих на забезпечення високого рівня техніко-економічних показників наявного ТРС – економічності, надійності й екологічності в експлуатації [1]. Найбільш відповідальним етапом таких робіт є удосконалення конструкції основних систем та агрегатів ТРС, до яких належать енергетичні установки тепловозів (ЕУТ). При цьому проведення досліджень на сучасному рівні передбачає використання методів оптимізаційного проектування на основі відповідних формалізованих описань [2,3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На нинішній час у спеціальній науково-технічній літературі [4,5] висвітлюються переважно тільки окремі

елементи сучасної методології оптимізаційного проектування, які базуються на формалізованих описаннях конструкції окремих деталей та вузлів. Відсутні рекомендації до розроблення формалізованих описань конструкції транспортних технічних засобів (ТЗ) у цілому. Тому в Українській державній академії залізничного транспорту був розроблений новий підхід до формалізованого описання конструкції ТЗ залізничного транспорту, який передбачає використання принципів ієрархічності та блочності (декомпозиції) [6]. У роботах [7,8] розглянуто використання запропонованого підходу в дослідженнях з удосконалення конструкції тягових приводів і струмозмінальних пристроїв сучасного електрорухомого складу. Отримані результати підтверджують доцільність реалізації таких підходів у дослідженнях основних модулів конструкції тепловозів. Зокрема їх енергетичних установок.

Визначення мети і задачі дослідження.

Метою статті є висвітлення результатів досліджень з розроблення блочно-ієрархічного описання конструкції сучасних ЕУТ, яке проводилось у відповідності до запропонованого підходу.

Основна частина дослідження.

Основою дослідження стало наведене в роботі [9] блочно-ієрархічне описання загальної конструкції сучасного тепловоза з виділенням чотирьох ієрархічних рівнів, кожен з яких розділено на відповідні декомпозиційні модулі. Для прикладу на рис. 1 подано фрагмент декомпозиційного складу модуля M_{12} (ЕУТ) на

2-му і 3-му рівнях. Другий ієрархічний рівень складають укрупнені декомпозиційні елементи M_{121} і M_{122} кожного з модулів M_{12} . Слід зазначити, що характеристики функціонування модуля конструкції M_{121} безпосередньо впливають на показники економічності, надійності й екологічності сучасних тепловозів в експлуатації. Третій ієрархічний рівень містить складові конструкцій M_{12ij} елементів 2-го рівня.

При вирішенні задачі поліпшення експлуатаційних показників сучасних тепловозів виникає необхідність у дослідженні особливостей конструкції ЕУТ, її структури та взаємозв'язків між відповідними системами, серед яких особливу роль відіграє саме механічна система (МС) дизеля (виділений модуль конструкції ЕУТ M_{1211}). Використання запропонованого підходу до формалізованого

описання конструкції ТЗ залізничного транспорту [6] дало змогу подати МС тепловозного дизеля у вигляді ряду взаємопов'язаних і взаємодіючих модулів. Так, у МС V-подібного багаточиліндрового дизеля типу Д49 (16ЧН26/26) M_{1211} запропоновано виділити такі модулі на 4-му та 5-му ієрархічних рівнях (рис. 2): розподільного вала (МРВ) M_{12111} , у який входять лоток, вал з підшипниками і приводною втулкою, знімні паливні і газорозподільні кулачки, роликові штовхачі з осями, штанги та ін.; циліндрових модулів (МЦМ) M_{12112} , у який входять кришка циліндра з клапанами, вилчастими важелями з гідроштовхачами, втулки циліндрів, поршні правого та лівого ряду та ін.; колінчатого вала (МКВ), передавального механізму (МПМ), а також допоміжного обладнання (МДО).

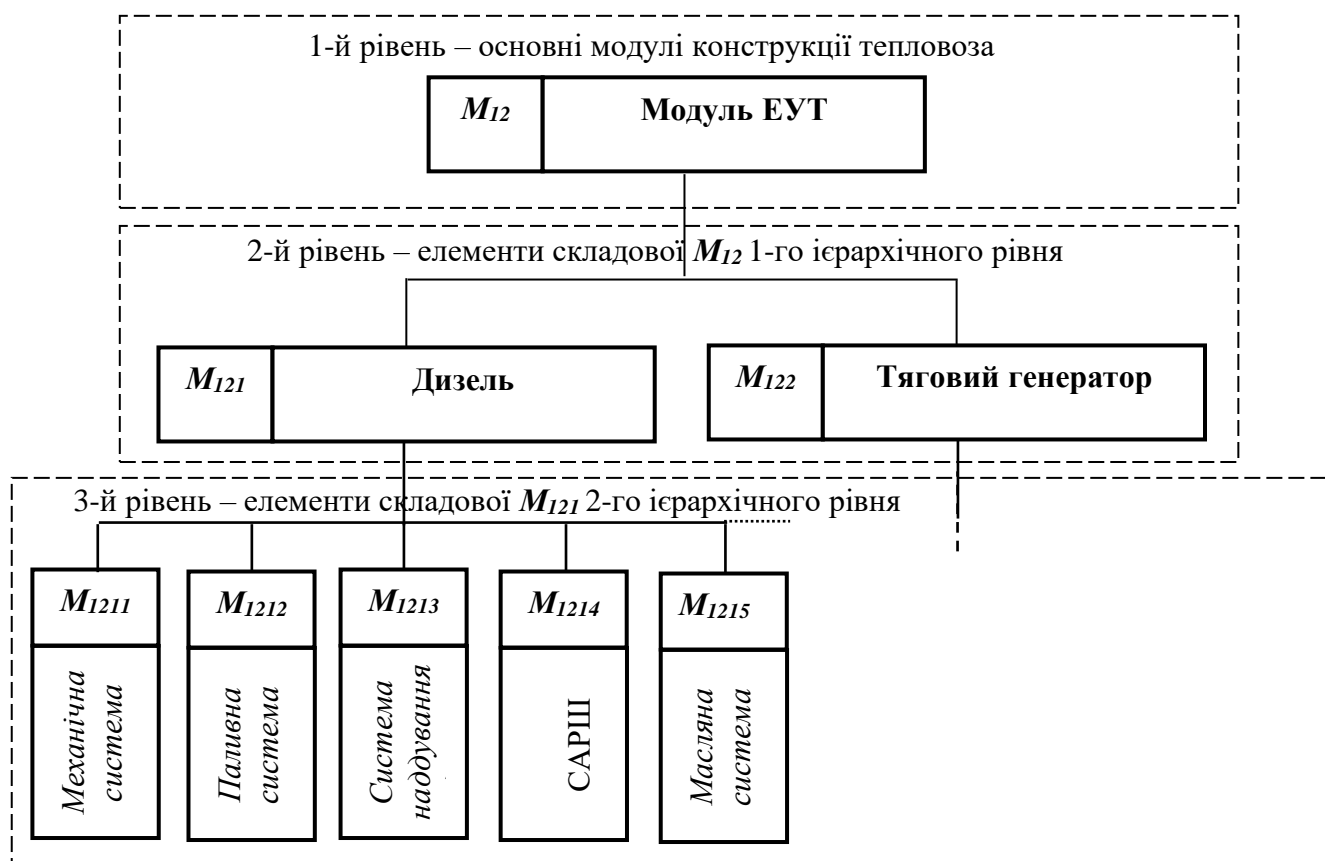


Рис. 1. Декомпозиційний склад модуля ЕУТ на 2-му ієрархічному рівні

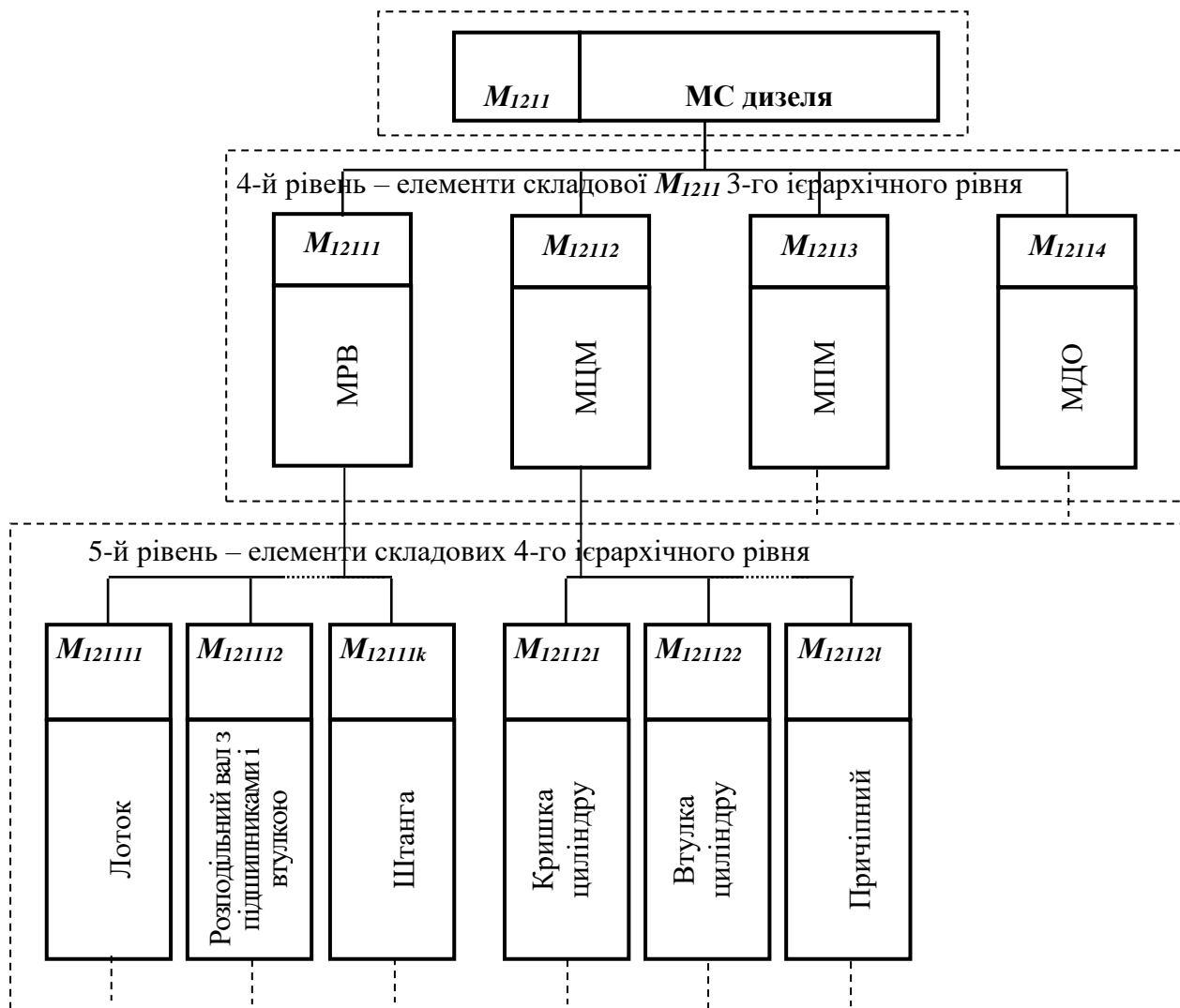


Рис. 2. Фрагмент декомпозиційного складу модуля МС ЕУТ на 4-му і 5-му ієрархічних рівнях

Таке подання дає змогу виділити основні декомпозиційні модулі тепловозного дизеля та розробити відповідні описання у вигляді відповідних функціональних, розрахункових, узагальнених, структурних, кінематичних, динамічних схем, математичних моделей, що має важливе значення для вирішення складних задач удосконалення їх конструкції.

Як приклад у статті наводиться використання розробленого формалізованого описання при вирішенні задачі удосконалення конструкції РВ тепловозного дизеля типу Д49 для етапу дослідження кінематики випускних клапанів. На рис. 3, а подана кінематична схема просторового механізму привода випускних клапанів. Її використання дало змогу отримати

математичні описання для моделювання теоретичних законів руху клапанів.

На рис. 3, б показана тримасова динамічна модель (ДМ) механізму привода випускних клапанів дизеля типу Д49 [10]. Для багатомасової динамічної моделі рівняння руху кожної виділеної маси можуть бути складені на основі другого закону динаміки і подані у вигляді

$$m\ddot{q} + k\dot{q} + cq = F_{\Sigma}, \quad (1)$$

де m – маса, рух якої розглядається. У нашому випадку – зведена маса відповідної частини ланок механізму;

Рухомий склад залізниць

k, c – зведені коефіцієнти демпфірування та жорсткості відповідної частини кінематичного ланцюга;

q, \dot{q}, \ddot{q} – відповідні переміщення (рухомість), швидкості та прискорення маси, що розглядається;

F_Σ – зведена сила, діюча на відповідну масу.

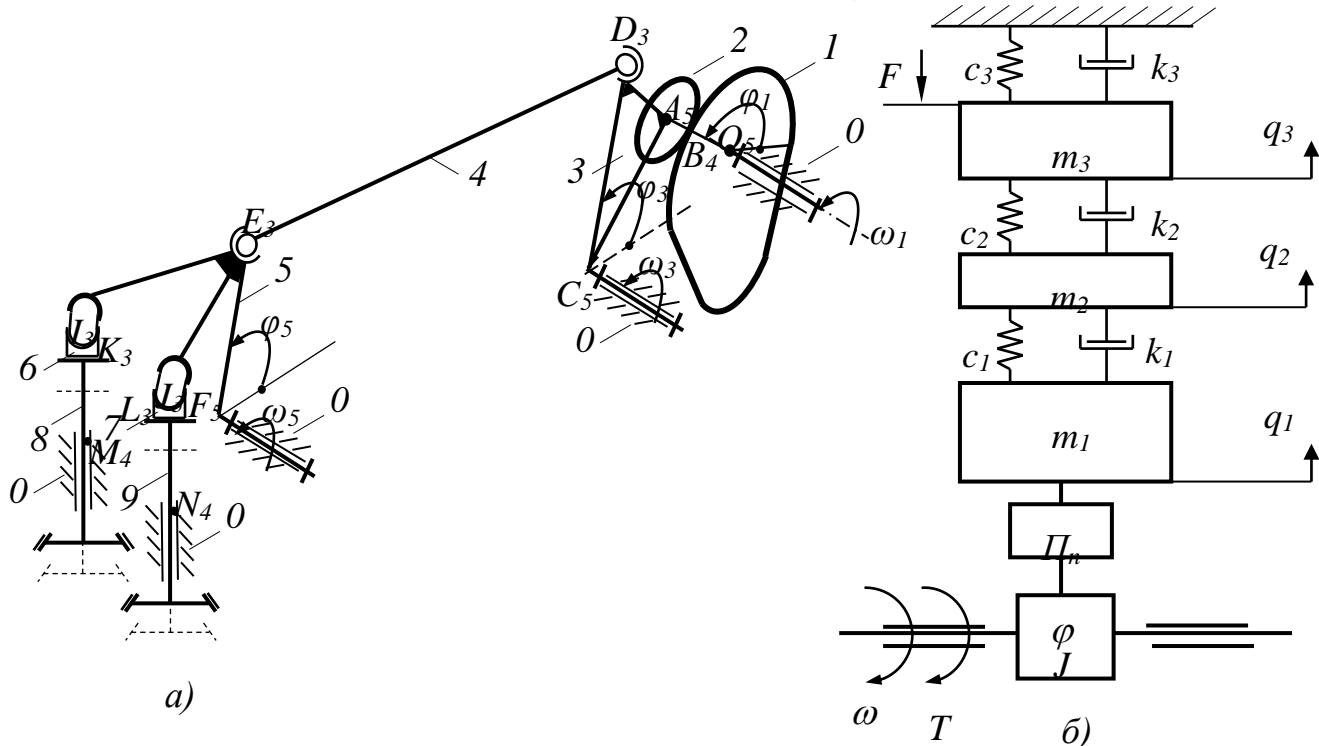


Рис. 3. Особливості дослідження кінематичних характеристик випускних клапанів дизелів типу Д49: а – схема кінематичного ланцюга привода випускних клапанів; б – тримасова динамічна модель

В узагальненому описанні для багатомасових динамічних моделей у сучасній постановці на базі наведеного вище рівняння складаються рівняння руху у матричній формі

$$M\{\ddot{q}\} + K\{\dot{q}\} + C\{q\} = \{F\}, \quad (2)$$

де $\{q\}, \{\dot{q}\}, \{\ddot{q}\}$ – матриці-стовпці переміщень

(рухомостей), швидкостей та прискорень відповідних мас;

$\{F\}$ – узагальнені сили, які відповідають координатам $\{q\}$;

M, K, C – відповідно матриці мас (інерційна матриця), коефіцієнтів демпфірування і коефіцієнтів жорсткості

$$M = \begin{bmatrix} m_{11} & \dots & m_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ m_{n1} & \dots & m_{nn} \end{bmatrix}; \quad K = \begin{bmatrix} k_{11} & \dots & k_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ k_{n1} & \dots & k_{nn} \end{bmatrix}; \quad C = \begin{bmatrix} c_{11} & \dots & c_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ c_{n1} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix}.$$

Для наведеної трьохмасової ДМ

$$\{q\} = \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \end{bmatrix}; \quad \{\dot{q}\} = \begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \\ \dot{q}_3 \end{bmatrix}; \quad \{\ddot{q}\} = \begin{bmatrix} \ddot{q}_1 \\ \ddot{q}_2 \\ \ddot{q}_3 \end{bmatrix};$$

$$M = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix}; \quad K = \begin{bmatrix} k_1 & -k_1 & 0 \\ -k_1 & k_1+k_2 & -k_2 \\ 0 & -k_2 & k_2+k_3 \end{bmatrix}; \quad C = \begin{bmatrix} c_1 & -c_1 & 0 \\ -c_1 & c_1+c_2 & -c_2 \\ 0 & -c_2 & c_2+c_3 \end{bmatrix}.$$

Для використання описаного рівняння при моделюванні динамічних процесів у приводі клапанів необхідно визначити елементи наведених вище матриць. Визначення елементів матриць $M, \{F\}$ при наявних параметрах конструкції привода клапанів виконувалось за допомогою загальновідомих методів і не викликало труднощів. Елементи матриць $\{q\}, \{\dot{q}\}, \{\ddot{q}\}$ визначались за результатами моделювання теоретичних законів руху клапанів з використанням розроблених математичних описань. Елементи матриць C і K (коефіцієнтів c_1, c_2, c_3 та

k_1, k_2, k_3) визначались у ході експериментально-розрахункових досліджень, поданих у роботі [10].

Отримані значення елементів матриць дали змогу на основі розв'язання наведеного раніше рівняння руху (1) провести математичне моделювання динамічних характеристик привода випускних клапанів дизеля Д49 з тангенціальними газорозподільними кулачками. На їх основі отримані графіки зміни переміщень s , швидкостей v і прискорень a випускних клапанів у залежності від кута обертання кулачка φ (рис.4).

$a, \text{ м/с}^2$ $s, \text{ мм}$

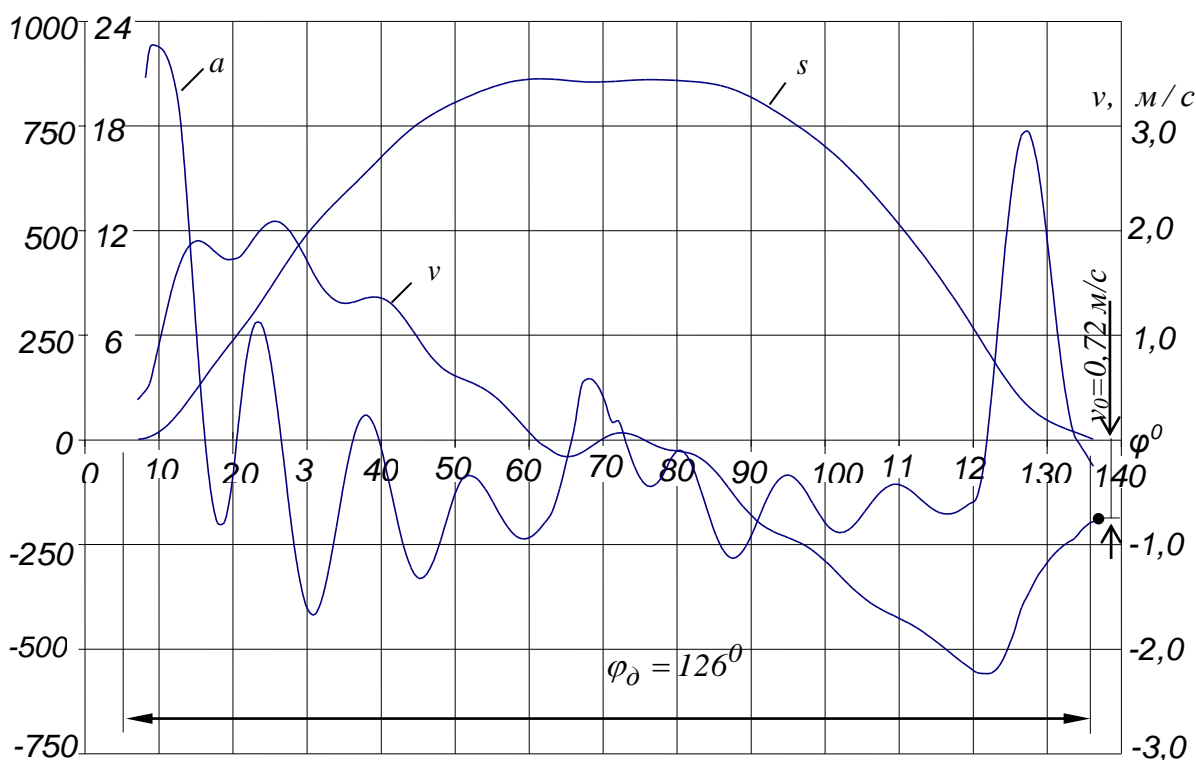


Рис. 4. Кінематичні характеристики руху випускних клапанів дизеля типу Д49 з тангенціальним газорозподільним кулачком РВ

Такі результати дають можливість уточнювати час-переріз клапанів, фази газорозподілу дизеля, механічні напруження, динамічні навантаження, швидкість посадки клапанів на сідло. Вони мають велике значення в розв'язанні задачі удосконалення конструкції тепловозних дизелів типу Д49 з метою поліпшення їх техніко-економічних показників.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Наведені в статті матеріали підтверджують доцільність використання блочно-ієрархічних описань основних модулів сучасних ЕУТ. Їх доцільно використовувати в дослідженнях, спрямованих на удосконалення їх конструкції.

Список використаних джерел

1. Тартаковський, Е.Д. Пріоритетні напрямки досліджень у галузі тягового рухомого складу [Текст] / Е.Д. Тартаковський // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – Вип. 64. – С. 5-12.
2. Мороз, В.І. Генетичний та методологічний аспект створення технічних засобів нового покоління для залізничного транспорту [Текст] / В.І. Мороз // Залізничний транспорт України. – 2000. – № 5-6. – С. 61-62.
3. Мороз, В.І. Методологічний аспект формалізованого описання і оцінювання механічної досконалості конструкції транспортних технічних засобів [Текст] / В.І. Мороз // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – Вип. 64. – С. 31-38.
4. Пильов, В.О. Автоматизоване проектування поршнів швидкохідних дизелів із заданим рівнем тривалої міцності [Текст] / В.О. Пильов. – Харків: Видавничий центр НТУ «ХП», 2001. – 332 с.
5. Капустин, Н.М. Системы автоматизированного проектирования: Автоматизация конструкторского и технологического проектирования [Текст] / Н.М. Капустин, Г.Н. Васильев. – Минск: Вышейш. шк., 1988. – 191 с.
6. Мороз, В.І. Новий підхід до формалізованого описання конструкції технічних засобів залізничного транспорту [Текст] // Залізничний транспорт України. – 2010. – № 4. – С. 41-42.
7. Мороз, В.І. Новий підхід до класифікації тягових приводів рухомого складу залізниць [Текст] / В.І. Мороз, О.В. Братченко, С.В. Бобрицький // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2012. – Вип. 29. – С. 162-166.
8. Мороз, В.І. Модульно-декомпозиційна класифікація струмознімальних пристроїв сучасного електричного тягового рухомого складу залізниць [Текст] / В.І. Мороз, Н.П. Карпенко, А.В. Павшенко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – Вип. 86. – С. 114-121.
9. Братченко, О.В. Блочно-ієрархічне описання конструкції сучасних тепловозів [Текст] / О.В. Братченко // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 119. – С. 136-141.
10. Мороз, В.І. Результати експериментального дослідження механізму газорозподілу локомотивної енергетичної установки типу Д49 [Текст] / В.І. Мороз, О.В. Братченко, О.А. Логвіненко, К.В. Астахова // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 129. – С. 13-19.

Рецензент д-р техн. наук, професор О.В. Устенко

Братченко Олександр Васильович, канд. техн. наук, доцент кафедри механіки і проектування машин Української державної академії залізничного транспорту. Тел.057-730-10-53.

Bratchenko Aleksandr Vasilevich candidate techn. Sciences, assistant professor of mechanics and Designing machines Ukrainian State Academy of Railway Transport. Pin tel.057-730-10-53.

УДК 629.4.023.14.004.15:656.211.7

ВИЗНАЧЕННЯ ЗУСИЛЬ РОЗПОРУ НАСИПНОГО ВАНТАЖУ НА СТИНИ КУЗОВА НАПІВВАГОНА ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗАЛІЗНИЧНИМ ПОРОМОМ

Кад. техн. наук А.О. Ловська

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ РАСПОРА НАСЫПНОГО ГРУЗА НА СТЕНЫ КУЗОВА ПОЛУВАГОНА ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ПАРОМОМ

Канд. техн. наук А.А. Ловская

THE DEFINITION OF FREIGHT PRESSURE WHICH INFLUENCE UPON THE WALL OF OPEN-TOP WAGON UNDER TRANSPORTATION WITH RAILWAY-FERRY BOAT

Cand. of techn. sciences A.A. Lovskaya

В статті проводиться аналіз зусиль, які впливають на міцність несучих конструкцій кузовів вагонів при перевезенні залізничним паромом. Отримані результати дадуть змогу забезпечити збереження вагонів при експлуатації в міжнародному залізнично-водному сполученні і підвищити надійність перевезення вантажів у міжнародних напрямках.

Ключові слова: вагон, динаміка вагона, навантаження конструкції, залізнично-водний транспорт, залізнично-паромні перевезення.

В статье проводится анализ усилий, которые влияют на прочность несущих конструкций кузовов вагонов при перевозке железнодорожным паромом. Полученные результаты позволят обеспечить сохранность вагонов при эксплуатации в международном железнодорожно-водном сообщении и повысить надежность перевозки грузов в международных направлениях.

Ключевые слова: вагон, динамика вагона, нагружение конструкции, железнодорожно-водный транспорт, железнодорожно-паромные перевозки.

The historical development of railway ferry-boat transportation in Ukraine with other countries of the Black Sea basin is being researched in this article.

Juefilled investigation is grounding co – operation railway and marin transport and is justifying the necessity to in introduce new ferry-boat routes.

The article analyses the efforts effecting strength on elements of wagon bodies under transportation with ferry-boat. It gives us an opportunity to develop measures as to the adaptation of wagons bodies to the interaction with the fastenings of railway-ferries by means of equipping their bearing constructions with special fastening assembly units. Such technical solution will allow decreasing expenses for unscheduled repair of wagons while transporting them on railway-ferries and providing safety of traffic of combined transport.

The investigation data allows ensuring safety of a wagon fleet while operating it in the international railway-water communication and increasing the efficiency of combined transport in the spectrum of international transportations.

Keywords: wagon, the dynamics of wagon, loading of construction, railway-ferry transport, railway-ferry boat transportation.

Вступ. Інтеграція України в систему міжнародних транспортних коридорів обумовлює необхідність створення систем комбінованого транспорту. У зв'язку з чим набули розвитку залізнично-паромні перевезення. Розвиток залізнично-паромного

сполучення в Україні розпочався в 1954 р. Саме тоді була введена в експлуатацію перша залізнично-паромна переправа між Україною та Росією. Зараз в Україні експлуатуються паромні маршрути: Крим – Кавказ (Україна – Росія), Іллічівськ – Варна (Україна – Болгарія),

Іллічівськ – Поті/Батумі, Керч – Поті (Україна – Грузія), Іллічівськ – Дериндже (Україна – Туреччина).

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями. На підставі досліджень щодо перевезень вантажів вагонами на залізничних поромках (ЗП) встановлено, що одними з найбільш поширених типів є насипні (близько 10 % від загального вантажообігу), перевезення яких здійснюється напіввагонами. Відомо, що перевезення насипних вантажів напіввагонами обумовлює дію зусиль розпору на несучу конструкцію кузовів, що в умовах залізнично-поромних перевезень значно впливає на безпеку руху. Це викликає необхідність дослідження та визначення зусиль, які діють на несучу конструкцію кузовів вагонів при перевезенні ЗП в умовах хвилювання моря.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У працях І.М. Землезина розглянутий випадок навантаження вагона зусиллям розпору насипним вантажем в умовах перевезення вагонів на ЗП [1]. Показано, що тиск насипного вантажу на стіни кузова вагона є функцією кутів крену при кутових переміщеннях навколо повздовжньої осі та прискорень, які виникають при цьому. Для урахування інерційних зусиль з боку насипного вантажу на стіни вагона прийнято, що сумарна величина прискорення $\sum W_x$ однакова для всіх часток вантажу. З цих досліджень встановлено, що різниця між горизонтальними прискореннями вантажу при коливаннях ЗП на рівні центру ваги вагона та на рівні підлоги не перевищують 2-2,5 %, а вертикальні прискорення не залежать від висоти розміщення центру ваги над рівнем головки рейки. Недоліками наведеної методики при визначенні інерційного навантаження на бокову стіну кузова вагона є неможливість урахування курсового кута хвилі по відношенню до корпусу ЗП, а також вітрового зусилля, яке діє на надводну проекцію ЗП з кузовами вагонів, розміщеними на його верхній палубі.

Визначення мети дослідження. Визначення зусиль розпору насипного вантажу на стіни кузова напіввагона при перевезенні ЗП.

Основна частина дослідження. Для визначення зусилля розпору на стіни кузова напіввагона при перевезенні ЗП пропонується використання методу Кулона [1, 2], згідно з яким воно дорівнює:

$$p = G \frac{\sin(\vartheta - \rho)}{\sin(\vartheta + \psi - \rho)}, \quad (1)$$

де G – вага призми зрушення вантажу;

ϑ – кут нахилу площини спаду до горизонтальної лінії;

$$\psi = 90^\circ - \alpha - \delta;$$

ρ – кут внутрішнього тертя (для ідеально сипкого середовища дорівнює куту природного відкосу [3]);

δ – кут тертя між вантажем та стіною.

Важливо зазначити, що максимальний тиск буде відповідати напрямку площини сповзання. Для визначення величини максимального тиску можна використати метод, запропонований В. В. Синельниковим [4], згідно з яким необхідно замінити в умові максимуму тиску $\left(\frac{dp}{d\vartheta} = 0\right)$, змінну ϑ – кут

нахилу площини сповзання, який у загальному випадку визначити аналітичним шляхом неможливо, на деяку змінну x (у нашому випадку кут $\alpha = \theta$). Оберемо початком координат системи точку A (рис. 1). Вісь x спрямована під кутом ρ до горизонтальної площини, а вісь y сумістимо з лінією AB , тобто по боковій стіні кузова вагона. Відрізком $AD = x$ визначимо положення площини спаду.

Для визначення тиску насипного вантажу на бокові стіни кузова напіввагона пропонується використання формули [1]:

$$p = \gamma h \frac{\cos^2(\rho - \alpha)}{\left[1 + \sqrt{\frac{\sin \rho \sin(\rho - \alpha)}{\cos \alpha}}\right]^2 \cos \alpha}, \quad (2)$$

де γ – об'ємна маса вантажу, кН/м³;

h – висота кузова напіввагона, м.

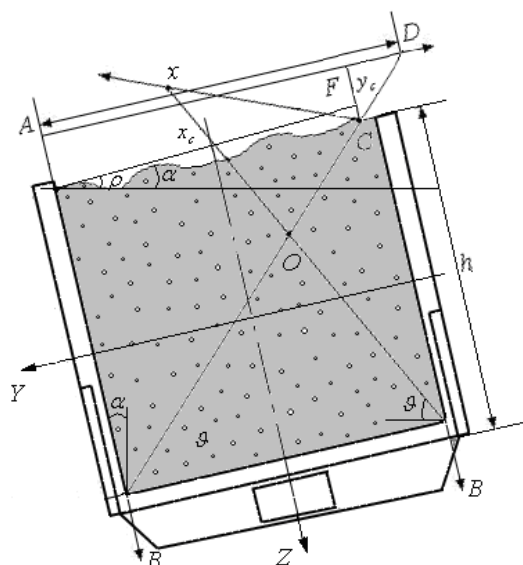


Рис. 1. Схема дії зусиль насипного вантажу на бокову стіну кузова напіввагона

Для протилежної стіни кузова напіввагона формула для визначення тиску має такий вигляд:

$$p = \gamma h \frac{\cos^2(\rho + \alpha)}{\left[1 + \sqrt{\frac{\sin \rho \sin(\rho + \alpha)}{\cos \alpha}}\right]^2 \cos \alpha} \quad (3)$$

При переміщенні напіввагона ЗП в умовах хвилювання моря до уваги також необхідно брати величину прискорень, які діють на нього. Схема дії зусиль на кузов напіввагона при кутових переміщеннях навколо поздовжньої осі наведена на рис. 2.

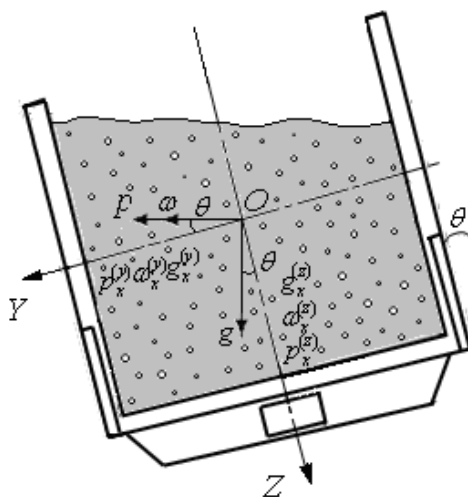


Рис. 2. Схема дії зусиль на кузов напіввагона при кутових переміщеннях навколо поздовжньої осі: $\omega_x^{(y)}, \omega_x^{(z)}$ – складові прискорення кузова вагона; $g_x^{(y)}, g_x^{(z)}$ – складові прискорення вільного падіння; p – інерційне зусилля, яке діє на кузов вагона; $p_x^{(y)}, p_x^{(z)}$ – складові інерційного зусилля

Особливості визначення зусилля інерції на кузов вагона при кутових переміщеннях навколо поздовжньої осі наведені в [5].

Оскільки вантаж має розподілення відносно стіни кузова вагона, а додаткове зусилля розпору складе:

$$F_{\text{доо}}^{(\theta)} = \frac{F_{\theta}}{L_{\kappa} \cdot h_{\kappa}}, \quad (4)$$

де F_{θ} – сила інерції, яка діє на насипний вантаж, кН;

L_{κ} – довжина бокової стіни кузова вагона, м;

h_{κ} – висота бокової стіни кузова вагона, м.

Тоді для визначення тиску насипного вантажу на стіни кузова вагона при кутових переміщеннях ЗП навколо поздовжньої осі може бути використана формула:

$$p = \gamma h \left[\frac{\cos^2(\rho + \alpha)}{1 + \sqrt{\frac{\sin \rho \sin(\rho + \alpha)}{\cos \alpha}}} \right]^2 \pm F_{\text{доо}}^{(\theta)} \cos \alpha \quad (5)$$

При визначенні зусиль розпору насипного вантажу на бокові стіни кузова напіввагона на ЗП в умовах хвилювання моря пропонується в якості закону його розподілення використання закону трикутника з максимумом у основи, у відповідно до [6].

Підхід до визначення тиску насипного вантажу на стіни кузова вагона при перевезенні його ЗП в умовах хвилювання моря відрізняється від відомих способом визначення інерційної складової, а також законом розподілення зусилля розпору на бокову стіну кузова напіввагона.

Зусилля розпору на торцеві стіни при диференті ЗП можна визначити за вищенаведеним способом.

Для визначення чисельного значення зусилля розпору насипного вантажу на стіни кузова напіввагона при перевезенні його ЗП акваторією Чорного моря за насипний вантаж обрано кам'яне вугілля (як один із найбільш поширених вантажів експортного напрямку) із насипною масою $\gamma = 8,83$ кН/м³. На підставі проведених розрахунків при куті крену ЗП $12,2^{\circ}$ отримано значення величини тиску насипного вантажу на бокову стіну кузова напіввагона близько 15 кПа, що перевищує величину тиску насипного вантажу при експлуатації вагонів на магістральних коліях більше ніж на 50 %.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Проведені дослідження дозволяють отримати уточнену величину тиску насипного вантажу на бокові стіни кузовів напіввагонів при перевезенні ЗП, що може бути враховано при проектуванні та розрахунках кузовів вагонів нового покоління на вагонобудівних заводах. Це дасть змогу забезпечити міцність несучих конструкцій кузовів вагонів при перевезенні на ЗП у міжнародному сполученні.

Список використаних джерел

1. Землезин, И.Н. К оценке нагрузок распора сыпучих грузов в условиях транспортировки вагонов на морских парамах [Текст] / И.Н. Землезин // Исследование динамики вагонов: труды ЦНИИ МПС. – М.: Транспорт, 1965. – Вып. 307. – С. 37 – 63.
2. Рабинович, И.М. Основы строительной механики стержневых систем [Текст] / И.М. Рабинович. – М.: Госстройиздат, 1954. – Ч. II.
3. Зенков, Р.Л. Механика насыпных грузов [Текст] / Р. Л. Зенков. – М.: Машиностроение, 1964. – 250 с.
4. Синельников, В.В. Развитие метода Кулона при определении давления сыпучего тела [Текст] / В.В. Синельников // Труды МИИТа. – М.: Трансжелдориздат, 1946. – Вып. 69. – 323 с.
5. Візняк, Р.І. Визначення динамічних зусиль, які діють на кузова вагонів при перевезенні залізничним поромом в умовах хвилювання моря [Текст] / Р.І. Візняк, А.О. Ловська // Залізничний транспорт України. – 2013. – № 2. – С. 54 – 58.
6. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст]. – М.: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.

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

Ловська Альона Олександрівна, канд. техн. наук, старший викладач кафедри вагонів Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057)730-10-35. E-mail: alyonaLovskaya@rambler.ru

Lovskaya Alyona Alexandrovna, candidate of technical sciences, Sen. Lecturer department wagons Ukraine State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-35. E-mail: alyonaLovskaya@rambler.ru

УДК 629.4.016 (74)

ДОСВІД ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ ПІВНІЧНОЇ АМЕРИКИ

Д-р техн. наук А.П. Фалендиш, асп. А.Л. Сумцов, інж. О.В. Трубіхін

ОПЫТ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ

Д-р техн. наук А.П. Фалендыш, асп. А.Л. Сумцов, инж. О.В. Трубихин

EXPERIENCE OF TECHNICAL MANUAL TRACTION ROLLING THE RAILWAYS OF NORTH AMERICA

Doct. of techn. sciences A. Falendysh, postgraduate A. Sumtsov, engineer O. Trubihin

Проектування та модернізація локомотивів щільно пов'язані з технічною експлуатацією рухомого складу. Розвиток глобалізації і тісна співпраця виробників локомотивів з компаніями-операторами дає змогу підвищувати надійність рухомого складу на всіх етапах його життєвого циклу для забезпечення своєчасного виконання транспортних задач. З огляду на це вивчення світового досвіду дозволяє враховувати та прогнозувати результати запровадження тих чи інших рішень. У статті розглянуті особливості експлуатації тягового рухомого складу на магістральному залізничному транспорті країн Північної Америки.

Ключові слова: локомотиви, залізниці Північної Америки, тяговий рухомий склад, технічна експлуатація, система утримання.

Проектирование и модернизация локомотивов тесно связаны с технической эксплуатацией подвижного состава. Развитие глобализации и тесное сотрудничество производителей локомотивов с компаниями-операторами позволяет повышать надежность подвижного состава на всех этапах его жизненного цикла для обеспечения своевременного выполнения транспортных задач. Учитывая это, изучение мирового опыта позволяет учитывать и прогнозировать результаты внедрения тех или иных решений. В статье рассмотрены особенности эксплуатации тягового подвижного состава на магистральном железнодорожном транспорте стран Северной Америки.

Ключевые слова: локомотивы, железные дороги Северной Америки, тяговой подвижной состав, техническая эксплуатация, система содержания.

Design and modernization of locomotives are closely related to the technical operation of rolling stock. Development of globalization and the close cooperation with the manufacturers of locomotives consuming allows companies to improve the reliability of rolling stock at all stages of its life cycle, to ensure timely implementation of transportation problems. Given this study takes into account international experience and predict the results of the implementation of certain decisions. The peculiarities of operation of locomotives on the main railway in North America. A brief overview of the rail operating companies in United States, Canada and Mexico. Shows the largest manufacturers of locomotives, which are engaged in the construction, repair and modernization of locomotives operating companies. Examined approaches to content locomotives of their maintenance and repair. Conclusions are drawn from the collection of material systems technical operation of locomotives on the main railway in North America.

Keywords: locomotives, railroads in North America, traction rolling stock, technical maintenance, system maintenance.

Розвиток системи технічної експлуатації тягового рухомого складу (ТРС) на різних залізницях світу є досить сильно відмінним і

пов'язується з особливостями кожної країни. Використання досвіду різних країн дозволяє економити значні ресурси при впровадженні

нових підходів за рахунок врахування помилок та особливостей аналогічних систем в інших країнах.

Країни північної Америки об'єднують величезну за розмірами мережу залізниць. Так, загальна довжина залізниць США становить 224 тис. км, Канади – 72 тис. км, а Мексики – 26 тис. км, тобто загальний полігон складає 322 тис. км. Особливістю залізничного транспорту Північної Америки є функціонування великої кількості приватних компаній з власної інфраструктурою, рухомим складом.

За даними Асоціації Американських залізниць, у 2002 р. у США були зареєстровані 554 залізничні компанії, що займаються вантажними перевезеннями. Їх можна розділити на п'ять груп:

- сім залізниць першого класу з річним оборотом більше 261,9 млн дол. США;
- 31 регіональна залізниця. Кожна з них має лінії довжиною не менше 563 км (350 миль), що проходять по територіях двох – чотирьох штатів, і річний оборот понад 40 млн дол. США;
- 309 місцевих залізниць вантажного сполучення з річним оборотом менше 40 млн дол. США, з довжиною до 80 км (50 миль) і розташовані в одному штаті;
- 205 сортувальних станцій і контейнерних терміналів, які перш за все виконують роботи з сортування та доставки вантажів на невеликі відстані, мають річний оборот менше 10 млн дол. США;
- канадські компанії, інфраструктурою яких (лінії загальною довжиною 917 км) користуються залізниці США.

До семи найбільших компаній належать: Union Pacific (UP), Burlington Northern Santa Fe (BNSF), CSX Transportation (CSX), Norfolk Southern (NS), Kansas City Southern Railway (KCS) та дві компанії Grand Trunk Corporation та Soo Line Railroad, що є дочірніми компаніями канадських перевізників (Canadian National Railway (CN) та Canadian Pacific Railway (CP) відповідно) [1].

У Канаді працюють два найбільші оператори вантажних залізничних перевезень: CN та CP, кожен з яких має розгалужену маршрутну мережу як в Канаді, так і в декількох штатах США. Сегмент ринку пасажирських перевезень на залізничному транспорті майже повністю зайнятий федеральною державною корпорацією Via Rail.

Три невеликі компанії працюють у секторі приміських пасажирських перевезень: фірма AMT у Монреалі, GO Transit у Торонто, West Coast Express у Ванкувері та ще три компанії Ontario Northland Railway, Rocky Mountaineer і Algoma Central Railway зайняті на маршрутах місцевого значення і у віддалених сільських районах [2].

У 1996 р. Мексика почала поділ у сфері всіх залізничних перевезень на три регіональні компанії і ще одну, четверту, яка обслуговувала столицю, а також виділення декількох коротких ліній. Всі три регіональні концесійні компанії займалися переважно вантажними перевезеннями і були в 1998 р. приватизовані. Держава залишилася власником інфраструктури. Концесії строком на 50 років передбачали зобов'язання з технічного обслуговування і здійснення інвестицій, а кожна з компаній отримувала частку в четвертій компанії у розмірі 25 % статутного капіталу (решту 25 % зберегла за собою держава).

Північно-східна концесія відійшла мексикано-американському консорціуму Transportation Ferroviaria Mexicana, що складається з мексиканського транспортного підприємства TMM і компанії Kansas City Southern (США). Північно-західна концесія була продана мексикано-американському консорціуму Ferrocarril Mexicano, що складається з Grupo Mexico і UP (США). Найдрібніша з цих трьох компаній була продана мексиканському підприємству Grupo Tribasa. Пасажирські перевезення залишилися у віданні держави, але були сильно скорочені. Основною причиною приватизації в Мексиці стало стимулювання і здешевлення міжнародних перевезень у рамках північноамериканської угоди про вільну торгівлю NAFTA [3].

На Північну Америку припадає 21 % світового парку локомотивів. Основними локомотивами на залізницях всього континенту є тепловози різних поколінь та років випуску. Електрозна тяга використовується в основному в пасажирських та високошвидкісних перевезеннях і має дуже обмежений регіон розташування. Основним видом перевезень є вантажні перевезення [4, 5].

Найбільші виробники ТРС, що постачається до Північної Америки, – це американські компанії General Electric

Transportation Systems (GETS) Electro Motive Diesel (EMD) та світові лідери Alstom, Bombardier, Siemens [6].

У цілому в компаніях-операторах застосовують планово-попереджувальну систему утримання рухомого складу. Однак останнім часом з'явилися комплексні рішення виробників та компаній операторів до змінення формату використання такої системи та використання систем обслуговування за фактичним станом.

У США технічний стан тепловозів на належному рівні підтримується самостійно силами службовців самих залізниць. За таким принципом працюють залізниці BNSF та UP. Останніми роками в усе більшому обсязі організацію і контроль якості проведеного ремонту здійснюють залучені компанії. Колісні пари, складні вузли та агрегати тепловозів ремонтуються на спеціалізованих підприємствах. Капітальні ремонти розподіляються між власними депо компаній-операторів і сторонніми організаціями. Решта підприємств (локомотивні депо) завантажуються на повну потужність. Наприклад, п'ять локомотивних депо компанії NS за місяць проводять приблизно 1120 планових щоквартальних (через 92 дні) оглядів і 2220 непланових ремонтів. Локомотивні депо компанії CSXT виконують за місяць 21 стандартний ремонт, проводять 1300 щоквартальних (через 92 дні) оглядів тепловозів, виконують п'ять замінів дизелів і повністю перефарбовують шість тепловозів [7].

Компанія BNSF вбачає свої резерви вдосконалення виробничого процесу в чіткій організації робіт, своєчасному видаленні відходів з виробничих приміщень, забезпеченні на робочих місцях безпеки і порядку. Зазначений підхід вже дозволив компанії заощадити 100 млн дол.; ліквідувати ситуації, небезпечні з точки зору травматизму, усунути випадки порушення ергономіки, скоротити протяжність непродуктивних переходів (наприклад, для пошуку інструменту) і час виконання замовлень. З метою підвищення економічної ефективності виробничої діяльності компанії-оператори залізниць (CN, NS) для повного завантаження своїх виробничих потужностей ремонтують рухомий склад інших власників.

Залізничні-оператори в змозі самі ремонтувати візки та механічні вузли, але

пневматичні гальма або зчіпні пристрої змушені ремонтувати силами залучених компаній. У силу подібних проблем багато залізниць першого класу підписали угоду з компаніями-виробниками GETS і EMD на технічне обслуговування та ремонт тепловозів.

У Канаді в багатьох випадках залізниці не можуть забезпечити утримання таких самих високопродуктивних цехів з сучасними технологіями, які є на спеціалізованих підприємствах. Тому вже з 1998 р. найбільша залізниця Канади CP підписала з локомотивобудівними компаніями першу угоду про проведення технічних оглядів (ТО) і поточних ремонтів (ТР) своїх тепловозів. Крім того, CP продовжила раніше укладені договори з компаніями – постачальниками тепловозів. Так, за умовами договору компанія GM of Canada контролює ТО приблизно 550 тепловозів у двох депо, а GE – ще 510 тепловозів [7, 8].

У 2004 р. CP підписала нову угоду з компанією OmniTRAX Locomotive Canada на виконання гарантійного ТО. За цією угодою OmniTRAX відповідає за утримання і ремонт 175 тепловозів у провінціях Квебек, Онтаріо і на північному сході США. CP визнала, що обслуговування на місці дозволяє уникнути втрат часу на доставку локомотивів на ремонтне підприємство, скорочує у 2 рази простій у ремонті, сприяє більш рівномірному проведенню робіт. Все перелічене дозволило CP скоротити чисельність локомотивного парку [7].

При виборі сторонньої компанії для ТО і ТР тепловозів основними аргументами виступають здатність підрядника забезпечити високий рівень надійності ТРС, оперативність виконання та виконання норм державного законодавства з охорони навколишнього середовища. Прийнятий термін MRO (Meintchnange, repair, overhau – технічне обслуговування, ремонт, модернізація) передбачає, що підрядник гарантує готовність до експлуатації точно вказаної частини ТРС у визначений період.

Певним наближенням до системи ремонту тепловозів «з урахуванням технічного стану» можна вважати роботу, проведenu компанією GETS. Вона диверсифікує свою діяльність, займаючись, крім локомотивобудування, також технічним обслуговуванням і ремонтом локомотивів, включаючи дистанційний моніторинг. У

бортовій системі GETS використовуються супутниковий зв'язок та мережа Інтернет для можливості отримання в режимі реального часу інформації про місцезнаходження локомотивів та їх технічний стан. Це дозволяє передбачати можливі несправності та виробляти рекомендації з попереджувального ТО і ПР ТРС. Першим користувачем системи стала американська UP, яка встановила обладнання на 200 тепловозах з перспективою збільшення кількості таких локомотивів. Технічна політика UP направлена на активне оновлення локомотивного парку [7].

При цьому цікавими є сформульовані UP основні вимоги до надійності і ремонтпридатності локомотива:

- тепловоз, що вийшов з ладу в дорозі, має бути швидко відремонтований на місці або на найближчій станції;

- надійність тепловоза має бути забезпечена на такому рівні, щоб допущений неплановий ремонт був якомога ближче до терміну планового огляду або ремонту локомотива [7, 9].

Для тепловозів особливо значущою є стабільність експлуатаційних характеристик у часі. Цей ефект є вкрай бажаним, і прагнення до його досягнення спостерігається у всіх виготівників сучасних тепловозів. Саме він дозволяє знизити експлуатаційні витрати і є базою для переходу на ремонт з урахуванням технічного стану [10].

Організація та проведення ремонтних робіт з урахуванням технічного стану локомотива проводиться для тепловозів на BNSF. Ця компанія підписала з компанією Alstom контракт на технічне обслуговування протягом 12 років парку тепловозів SD70M AC компанії GM у кількості 434 од. За виробничу базу були обрані майстерні BNSF у м. Аллаїансе, штат Небраска.

Тепловози даної серії обслуговують перевезення вугілля в басейні р. Паудер штату Вайомінг. Щодоби тут відправляється більше 120 поїздів вагою до 20 тис. т кожен у складі 150 вагонів. Переміщення поїзда здійснюють 3-4 тепловози, з'єднані за системою багатьох одиниць. Зазначені локомотиви прямують аж до штатів Джорджія і Флорида без відчеплення і заходять у депо приписки для проведення ТО не раніше ніж через 11 діб інтенсивної експлуатації [7].

З метою забезпечення якості ремонту компанія Alstom впровадила в колишніх майстернях сучасну систему діагностики обладнання. При цьому концепція технічного обслуговування і ремонту в м. Аллаїансе відмінна від традиційно прийнятої в США. Так, замість традиційного повного та періодичного обстеження тепловоза після певного терміну експлуатації або пробігу з усуненням виявлених дефектів і відмов впроваджена фірмова система Condition Based Maintenance компанії Alstom. Система базується на основі постійного моніторингу відповідальних вузлів і агрегатів і прогнозування їх стану з тим, щоб заздалегідь передбачити ступінь майбутнього зносу і виходу параметрів або режимів роботи вузлів, агрегатів і систем тепловоза за межі допустимого і виконувати ремонт або заміну до виникнення несправності, яка може вивести локомотив з експлуатації [7, 11, 12].

Результати проведеного аналізу зведено до таблиці.

З поданого матеріалу можна зробити такі висновки:

1. Залізничний транспорт Північної Америки являє собою складну структуру взаємодії компаній-операторів, що одночасно виступають і власниками інфраструктури.

2. Основними видом перевезень є вантажні, а типом ТРС – тепловози.

3. Для забезпечення справного стану локомотивів на залізницях використовують планово-переджувальну систему технічного обслуговування та ремонту.

4. Розвиток конструкції сучасних локомотивів вимагає від компаній-операторів проведення заходів з пошуку нових підходів до системи ТО та ПР.

5. Компанії-оператори застосовують такі підходи до системи ТОР:

- утримання власних потужностей для проведення ТО та ПР із додатковим завантаженням їх сторонніми замовленнями;

- збереження власних потужностей з проведення ТО та ПР з залученням компаній-підрядників для ремонту окремих вузлів та агрегатів;

- передачу компаніям-підрядникам функцій з проведення ТО та ПР, або закупівлю нового ТРС із сервісним супроводом виробником локомотива.

6. Серед відмінних від планово-переджувальної системи ТОР починають

Рухомий склад залізниць

застосовувати планову систему ремонту з врахуванням фактичного стану локомотива. Такі системи використовують Union Pacific та Burlington Northern Santa Fe спільно зі сторонніми компаніями-підрядниками з проведення ТО та ПР.

При закупівлі локомотивів для потреб залізниць компанії-оператори враховують можливість сервісного супроводу виробниками протягом гарантійного та післягарантійного терміну служби ТРС.

Таблиця

Системи технічної експлуатації на залізницях Північної Америки

Компанія	Система експлуатації	Система обслуговування та ремонту
Union Pacific (UP)	Важка вантажна робота	1. Планово-попереджувальна на власних підприємствах. 2. Планово-попереджувальна з урахуванням технічного стану на базі сторонньої компанії-підрядника
Burlington Northern Santa Fe (BNSF)	Важка вантажна робота	1. Планово-попереджувальна на власних підприємствах із залученням компаній підрядників для ремонту окремих вузлів. 2. Планово-попереджувальна з урахуванням технічного стану на базі сторонньої компанії-підрядника
CSX Transportation (CSX)	Важка вантажна робота	Планово-попереджувальна на власних підприємствах
Norfolk Southern (NS)	Важка вантажна робота	Планово-попереджувальна на власних підприємствах
Canadian National Railway (CN)	Важка вантажна робота	Планово-попереджувальна на власних підприємствах
Canadian Pacific Railway (CP)	Важка вантажна робота	Планово-попереджувальна на базі сторонньої компанії-підрядника

Список використаних джерел

1. Железные дороги США: особенности грузовых и пассажирских перевозок [Текст] // Железные дороги мира. – 2007. – № 4 – С. 9-32.
2. Railway Association of Canada. Rail Trends [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.railcan.ca/publications/trends>.
3. Мартин, Б. Приватизация железных дорог путем концессионирования. Причины и последствия приватизации в Латинской Америке [Электронный ресурс] / Доклад Б. Мартина для международной федерации транспортников (ИТР). – Режим доступа. – <http://www.publicworld.org/files/larailrussian.pdf>
4. Мировой рынок локомотивов [Текст] // Железные дороги мира. – 2010. – № 3. – С. 34 – 35.
5. Перспективы электрофикации железных дорог США [Текст] // Железные дороги мира. – 2010. – № 4 – С. 62-69.
6. Обновление локомотивного парка железных дорог США и Канады [Текст] // Железные дороги мира. – 2008. – № 10. – С. 62-66.
7. Осяев, А.Т. О системе обслуживания локомотивов за рубежом [Текст] / А.Т. Осяев, В.А. Никифоров // Вестник ВНИИЖТ. – 2012. – Вып. 5. – С. 56-62
8. Организация ремонта подвижного состава в Северной Америке [Текст] // Железные дороги мира. – 2003. – № 3. – С. 43-45.
9. Локомотивный парк железных дорог Северной Америки [Текст] // Железные дороги мира. – 2001. – № 11. – С. 28-30.
10. Сравнение затрат жизненного цикла на примере тепловозов серий BR232 и ER20 [Текст] // Железные дороги мира. – 2008. – № 11. – С. 67-71.

11. Техническое обслуживание и ремонт локомотивов на BNS [Текст] // Железные дороги мира. – 2007. – № 4. – С. 57 – 59.

12. Деятельность железной дороги BNSF [Текст] // Железные дороги мира. – 2013. – № 6. – С. 26-30.

Фалендиш Анатолій Петрович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри теплотехніки та теплових двигунів Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057) 730-19-99

Сумцов Андрій Леонідович, аспірант кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057) 730-19-99

Трубихін Олег Васильович, інженер ДП Донецька залізниця. Тел. (057) 730-19-99

Falendysh Anatoliy Petrovich, doct. of techn. sciences, professor department of heat engineering and heat engines Ukraine State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-19-99.

Sumtsov Andrey Leonidovich, postgraduate department of maintenance and repair of rolling stock Ukraine of State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-19-99.

Trubihin Oleg Vasilevich, engineer of Donetsk Railway Tel.: (057) 730-19-99.

УДК 629.463.001.63

ВПРОВАДЖЕННЯ НАПІВТРУБ ЯК ЕЛЕМЕНТІВ НЕСУЧИХ СИСТЕМ НАПІВВАГОНІВ З ГЛУХИМ КУЗОВОМ

Канд. техн. наук О.В. Фомін

ВНЕДРЕНИЕ ПОЛУТРУБ В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕМЕНТОВ НЕСУЩИХ СИСТЕМ ПОЛУВАГОНОВ С ГЛУХИМ КУЗОВОМ

Канд. техн. наук А.В. Фомин

INTRODUCTION SEMIPIPES AS ELEMENTS OF BEARINGS SYSTEMS FREIGHT GONDOLAS WITH DEAF BASKET

Cand. of techn. sciences O. Fomin

В статті подано особливості та результати проведених досліджень з впровадження напівтруб як несучих елементів залізничних напіввагонів з глухим кузовом. Наведені розроблені математичні моделі зміни основних показників напівтруб від варіювання їх геометричних параметрів. Визначені оптимальні геометричні параметри напівтруб як альтернативи до найбільш поширених існуючих виконань несучих елементів залізничних глухонних напіввагонів.

Ключові слова: напіввагони, несучі системи, впровадження напівтруб.

В статье представлены особенности и результаты проведенных исследований по внедрению полутруб в качестве несущих элементов железнодорожных полувагонов с глухим кузовом. Приведены разработанные математические модели изменения основных показателей полутруб от варьирования их геометрических параметров. Определены оптимальные геометрические параметры полутруб как альтернативы к наиболее распространенным существующим исполнениям несущих элементов железнодорожных глухонных полувагонов.

Ключевые слова: полувагоны, несущие системы, внедрение полутруб.

In the article features of the conducted researches are presented on introduction of semipipes as bearings elements freight gondolas with a deaf basket. The developed mathematical models of change basic indexes semipipes are resulted from varying of their geometrical parameters. The optimum geometrical

parameters of semipipes, as alternatives, are certain to the most widespread existent executions of bearings elements freight gondolas.

The results of the conducted researches confirm expedience of the use as elements the bearings systems of freight gondolas of semipipes. So introduction considered in the article as an example of technical decisions will allow to cut prime cost making and exploitation of railway freight gondolas, due to a decline them materialoemnosti, and the proper increase of carrying capacity, at the considerable improvement of descriptions durability and operating reliability.

The resulted materials are basis for the leadthrough subsequent research on realization of the important for the railway transport direction.

Keywords: *freight gondolas, bearings the systems, introduction of semipipes.*

Постановка проблеми і аналіз результатів останніх досліджень. Важливу роль у розвитку економіки України відіграє ефективна робота залізничного транспорту, який виконує значний обсяг перевезень широкої номенклатури вантажів. При цьому ефективність роботи залізниць безпосередньо залежить від техніко-економічних та експлуатаційних показників рухомого складу, переважно більшість якого складає парк вантажних вагонів.

У нинішній час парк вантажних вагонів формується із різних їх типів, кожен з яких включає декілька десятків базових моделей. Багато років досліджень, збору даних з експлуатації та випробувань, які було виконано відповідними науково-дослідними та проектними організаціями, дали змогу створити значний науково-технічний заділ їх конструкцій та домогтися високого рівня техніко-економічних та експлуатаційних показників. Однак динамічність, багатоаспектність та суперечність вимог до вагонів з боку учасників їх життєвого циклу обумовлюють необхідність генерування нових їх конструкцій. Одним із напрямків вирішення такої проблеми є комплексне удосконалення несучих систем кузовів вантажних вагонів шляхом модернізації їх окремих складових. Необхідність та важливість розв'язання наведеної актуальної науково-прикладної проблеми зазначені і в основних положеннях таких Державних програм: Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки, яку затверджено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 жовтня 2008 року №1259; Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року, яку схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 року № 1555-р;

Державної програми «Український вагон» (затверджена Міністерством інфраструктури України 04 лютого 2011 р.).

Перспективним напрямком досягнення поставленої мети є впровадження як несучих елементів кузовів вантажних вагонів профілів, які будуть забезпечувати зниження загальної матеріалоємності конструкції при виконанні умов міцності. Результати аналізу перспективних для вагонобудування профілів [1] та досвіду інших галузей машинобудування вказали на доцільність розгляду питань впровадження труб як несучих складових вагонів. При цьому у попередніх роботах [1-3] розглянуто можливість впровадження труб круглого (рис. 1, а) та прямокутного (рис. 1, б) перерізів. Результати цих робіт вказали на перспективність та доцільність розвитку такого напрямку. Наступним запланованим кроком вирішення питань впровадження труб як несучих складових вагонів є дослідження можливості впровадження напівтруб (рис. 1, в).

При розгляді можливості застосування напівтруб обрано для дослідження можливість їх впровадження замість поширених виконань несучих елементів напіввагонів з глухим кузовом. Такий вибір пояснюється тим, що на сьогодні є гостра необхідність в оновленні парків напіввагонів країн СНД, які сформовано із морально та фізично застарілих їх моделей. При цьому конструкційно більш доцільно застосовувати напівтруби у глухих кузовах вагонів. Вони є більш ефективними у порівнянні з універсальними вагонами. Вища ефективність пояснюється тим, що в спеціалізованих напіввагонах з глухим кузовом при перевезеннях скорочуються втрати сипкого вантажу (до 12%), знижуються капітальні витрати на виготовлення вагонів (до 15%), зменшуються собівартість перевезень (до 14%) при однаковій вісності і витратах на ремонт і технічне обслуговування кузовів в експлуатації.

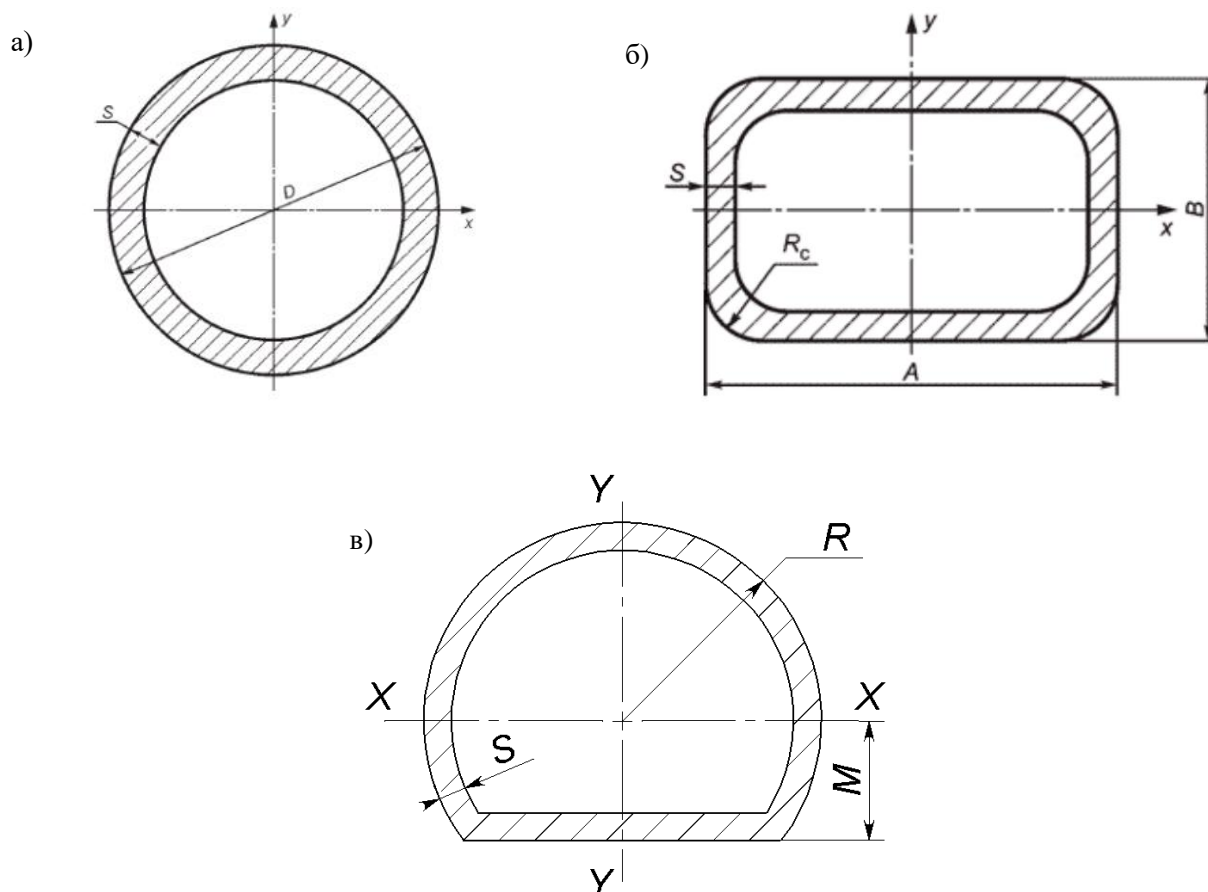


Рис. 1. Форми профілів труб: а – кругла труба; б – прямокутна труба; в – напівтруба

Мета статті та викладення основного матеріалу. В статті подано особливості та результати проведених досліджень з впровадження напівтруб як несучих елементів залізничних напіввагонів з глухим кузовом. Наведені розроблені математичні моделі зміни основних показників напівтруб від варіювання їх геометричних параметрів. Визначені оптимальні геометричні параметри напівтруб як альтернативи до найбільш поширених нинішніх виконань несучих елементів залізничних напіввагонів з глухим кузовом.

У загальному вигляді процедуру впровадження напівтруб можна представити такими етапами:

1 етап – визначення допустимих значень моментів опору перерізу впроваджуваної напівтруби, що проводиться одним із нижченаведених методів [1]. Метод перший включає визначення W_x та W_y існуючого виконання несучого елемента, на основі чого визначаються $[W_x]$, $[W_y]$. Другий метод є більш

перспективним, тому що направлений на визначення та ефективне використання розрахункових резервів міцності з відповідним зниженням матеріалоемності досліджуваного елемента. Для реалізації другого напрямку необхідно комплексно досліджувати роботу елемента [4, 5], що розглядається у сприйнятті експлуатаційних навантажень (відповідно до I, II та III розрахункових режимів Норм [4]). Зазначене на сучасному рівні доцільно здійснювати шляхом дослідження відповідної адекватної розрахункової скінченно-елементної моделі кузова вагона. При виявленні розрахункових резервів міцності конструкції (визначаються як співвідношення отриманих максимальних експлуатаційних характеристик міцності з їх допустимими значеннями) розраховуються допустимі показники міцності $[W_x]$, $[W_y]$.

2 етап – проведення робіт з визначення оптимальних (характеризуються мінімальною матеріалоемністю при виконанні умов

міцності) значень радіуса R^* (рис. 1, в), відстані M^* і товщини стінки S^* напівтруби в умовах конструкційних обмежень. На сьогодні для успішної реалізації таких робіт необхідно сумісно дослідити математичні моделі, які описують зміну моментів опору перерізу напівтруби W_x , W_y та погонної її маси $m_{\text{пог}}$ від варіювання R , M та S . Для вирішення задач визначення математичних моделей та відшукання за їх допомогою оптимальних геометричних параметрів R^* , M^* та S^*

доцільно застосовувати розроблений програмно-обчислювальний комплекс визначення оптимальних характеристик складових елементів вантажних вагонів [6].

Так відповідно до вищезазначених етапів було визначено математичні моделі варіювання основних показників (моменти опору перерізу напівтруби W_x , W_y , погонної її маси $m_{\text{пог}}$) напівтруб від зміни їх геометричних параметрів (радіуса R (рис. 1, в), відстані M і товщини стінки S):

$$m_{\text{пог}} = 0,2 + 0,1R - 0,1M + 0,1S - 0,1R^2 - 0,1M^2 - 2,9S^2 + 0,1RM + 4,1RS + 1,1MS; \quad (1)$$

$$W_x = 707,6 - 68,6R - 53,1M - 884,7S + 1,5R^2 + 0,1M^2 - 53,4S^2 + 2,3RM + 88,7RS + 53,2MS; \quad (2)$$

$$W_y = 552,6 - 66,9R - 18,6M - 722,7S + 1,6R^2 - 0,8M^2 - 80,8S^2 + 1,4RM + 92,1RS + 26,3MS. \quad (3)$$

Результати перевірки адекватності вищенаведених математичних моделей вказали на їх адекватність та можливість подальшого застосування.

Потім на основі розроблених математичних моделей (1 – 3) були визначені оптимальні значення геометричних параметрів для досліджуваних несучих елементів напіввагонів. Як такі елементи обрано:

- обв'язування верхнє, яке виконано із гнутого профілю прямокутного перерізу розміром $140 \times 110 \times 7$ мм, звареного по перерізу у коробку;

- вертикальні стояки стін бокових і горизонтальні стояки стін торцевих, які виконано із профілю вагонного стояка (профіль ГОСТ 5257.6-90);

- хребтову балку, яку виконано з двох зварених між собою Z-подібних профілів № 31 (ГОСТ 5267.3);

- шворневу балку коробчастого перерізу;
- кінцеву балку коробчастого перерізу;
- проміжну балку із листового металу.

У таблиці наведені значення основних характеристик вищеперелічених елементів, які були визначені раніше [2, 3, 8]. Визначені оптимальні значення для аналогів із напівтруб існуючих виконань несучих елементів кузовів

глухонних напіввагонів також подані у таблиці. Для перевірки правильності оптимальних значень напівтруб були розроблені їх комп'ютерні моделі (приклад на рис. 2) та за їх допомогою визначені основні характеристики. Зіставлення отриманих характеристик з розрахунковими значеннями підтвердили правильність проведених розрахунків.

Для перевірки працездатності впроваджуваних технічних рішень була розроблена комп'ютерна геометрична просторова модель прототипу глухонного напіввагона (рис. 3). Результати аналізу розробленої моделі засвідчили доцільність проведених робіт та перспективність їх подальшого розгортання. Так, було з'ясовано, що впровадження розроблених рішень дозволить знизити тару напіввагона майже на 350 кг з відповідним підвищенням вантажопідйомності.

Запропоновані альтернативні виконання несучих елементів напіввагонів з глухим кузовом також можливо використовувати для відповідних несучих систем універсальних напіввагонів, звичайно, з урахуванням особливостей розвантаження.

Рухомий склад залізниць

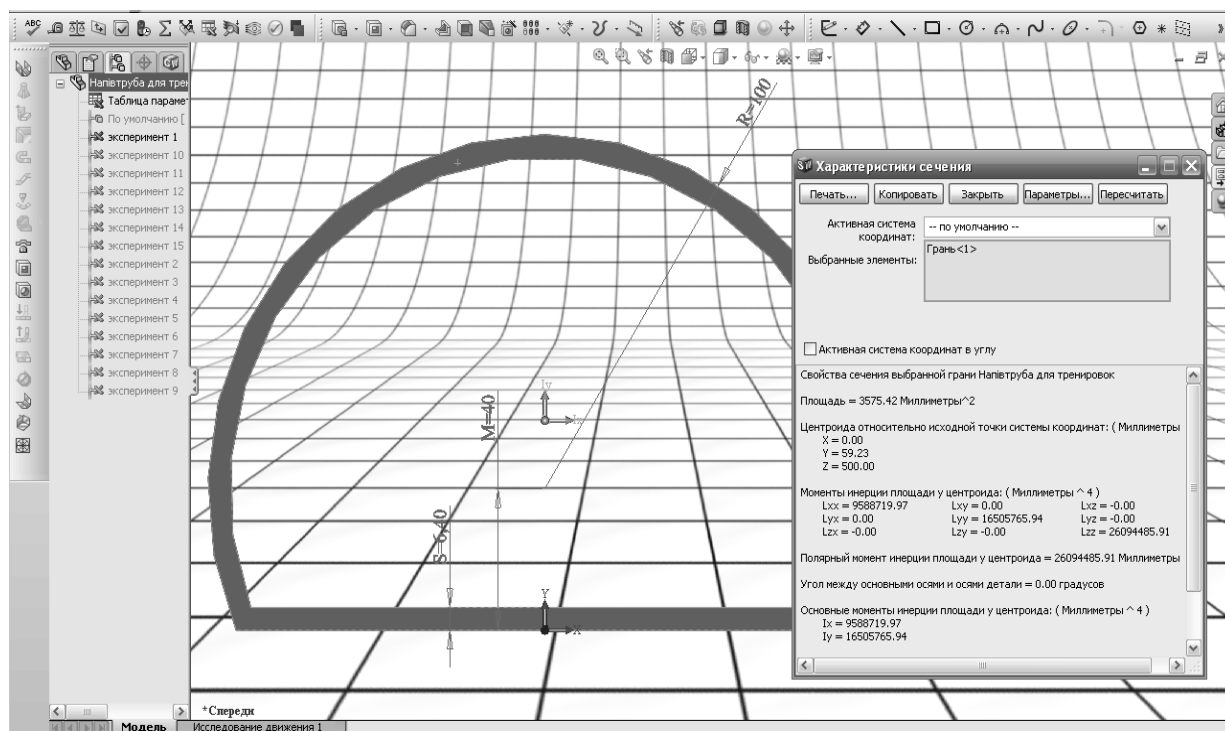


Рис. 2. Перевірка оптимального варіанта виконання вагонного стояка

Таблиця

№ п/п	Назва конструкційного елемента	Момент опору елемента, $см^3$	Момент опору елемента, $см^3$	Погонна маса, $кг/м$ пог.	Загальна довжина на вагон, $м$
1	Існуюче виконання обв'язувань верхніх стін бокових і торцевих напіввагонів (профіль 140x110x7 мм)	$W_x = 104,6$	$W_y = 121,4$	24,7	31,3
2	Аналог із напівтруби (R=100 мм, M=4 мм, S=0,55 мм)	$W_x = 104,6$	$W_y = 143,9$	24,1	31,3
3	Вагонна стійка	$W_x = 116,4$	$W_y = 117,6$	28,7	45,5
4	Аналог із напівтруби (R=100 мм, M=40 мм, S=0,64 мм)	$W_x = 118,72$	$W_y = 165,06$	27,8	45,5
5	Два зварювальних між собою Z- подібні профілі № 31	$W_x = 1994,35$	$W_y = 1791,91$	133,04	12,67
6	Аналог із напівтруби (R=320 мм, M=300 мм, S=0,7 мм)	$W_x = 2144,52$	$W_y = 2178,29$	108,3	12,67
7	Кінцева балка (сер.)	$W_x = 619,74$	$W_y = 602,36$	64,39	6
8	Аналог із напівтруби (R=220 мм, M=200 мм, S=0,5 мм)	$W_x = 714,73$	$W_y = 734,07$	53,1	6
9	Шворнева балка (сер.)	$W_x = 1356,31$	$W_y = 445,44$	90,72	6
10	Аналог із напівтруби (R=260 мм, M=240 мм, S=0,7 мм)	$W_x = 1396,9$	$W_y = 1426,8$	87,7	6
11	Проміжна балка	$W_x = 332,89$	$W_y = 44,08$	36,89	24
12	Аналог із напівтруби (R=150 мм, M=145 мм, S=0,5 мм)	$W_x = 334$	$W_y = 336,1$	36,1	24

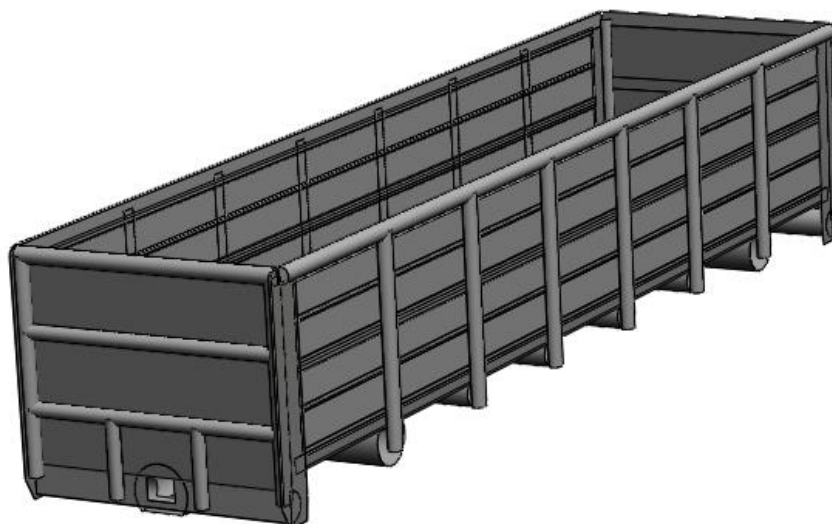


Рис. 3. Просторова геометрична комп'ютерна модель прототипу несучої системи залізничного напіввагона з глухим кузовом із напівтруб

Висновки і рекомендації щодо подальшого використання. Результати проведених та поданих у статті досліджень підтверджують доцільність використання напівтруб як елементів несучих систем залізничних спеціалізованих напіввагонів з глухим кузовом. Так, впровадження розглянутих у статті технічних рішень дозволить знизити собівартість виготовлення та експлуатації залізничного глухонного напіввагона за рахунок зниження їх

матеріалоємності і відповідного збільшення вантажопідйомності, при значному поліпшенні характеристик міцності та експлуатаційної надійності.

За результатами робіт подано заявку на винахід.

Наведені матеріали є основою для проведення подальших науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт з реалізації розглянутого актуального та важливого для залізничного транспорту України напрямку.

Список використаних джерел

1. Фомін, О.В. Оптимізаційне проектування елементів кузовів залізничних напіввагонів та організація їх виробництва [Текст]: монографія / О.В. Фомін. – Донецьк: ДонІЗТ УкрДАЗТ, 2013. – 252 с.
2. Фомін, О.В. Впровадження круглих труб в якості несучих елементів кузовів вантажних вагонів [Текст] / О.В. Фомін, М.І. Горбунов, Р.Ю. Дьомін, В.В.Фомін, С.Д. Мокроусов // Международный информационный научно-технический журнал «Вагонный парк». – Харків, 2013. – № 8(77). – С. 4-7.
3. Фомін, О.В. Впровадження круглих труб в якості складових елементів рам вантажних вагонів [Текст] / О.В. Фомін // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків, 2013. – № 38. – С. 33-38.
4. Лукин, В.В. Конструирование и расчет вагонов [Текст]: учебник для вузов ж.-д. трансп. / В.В. Лукин, Л.А. Шадур, В.Н. Котуранов [и др.]; под общ. ред. В.В. Лукина. – М.: УМК МПС России, 2000. – 731 с.
5. Нормы расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст]. – М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 354 с.
6. Котуранов, В.Н. Вагоны. Основы конструирования и экспертизы технических решений [Текст]: учеб. пособие для вузов ж.-д. транспорта / А.П. Азовский, Е.В. Александров, В.В. Кобищанов [и др.]; под ред. В.Н. Котуранова. – М.: Маршрут, 2005. – 490 с.

7. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 50875. Комп'ютерна програма «Комп'ютерна програма для визначення оптимальних геометричних параметрів складових елементів вантажних вагонів на основі узагальнених математичних моделей» («КП ВОГП») [Текст] / Фомін О.В.; Зареєстр. 22.08.2013.

8. Фомін, О.В. Математичні моделі зміни основних показників базових несучих елементів кузовів напіввагонів [Текст] / О.В. Фомін [та ін.] // Залізничний транспорт України. – К., 2013. – Вип. № 8. – С. 52-54.

Рецензент д-р техн. наук, професор В.Г. Пузир

Фомін Олександр Вікторович, канд. техн. наук, доцент кафедри рухомого складу залізниць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту, E-mail: fomin1985@list.ru

Oleksiy Fomin, cand. of techn. sciences, associate professor of department the "Rolling stock of railways" of the Donetsk institute of railway transport of the Ukrainian State Academy of Railway Transport, E-mail: fomin1985@list.ru

УДК 629.4.027

ДО ПИТАННЯ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ КРИТИХ УНІВЕРСАЛЬНИХ ВАГОНІВ

Д-р техн. наук І.Е. Мартинов, канд. техн. наук А.В. Труфанова, інж. В.М. Ільчишин

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ БУКСОВЫХ УЗЛОВ КРЫТЫХ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ВАГОНОВ

Д-р техн. наук И.Э. Мартынов, канд. техн. наук А.В. Труфанова, инж. В.М. Ильчишин

THE ISSUE OF ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF AXLEBOX UNITS COVERED UNIVERSAL CARS

Doct. of techn. sciences I. Martynov, cand. of techn. sciences A. Trufanova, engineer V. Pchyshin

У статті аналізується технічний стан елементів буксових вузлів вантажних вагонів. Показано, що довговічність буксових підшипників не відповідає вимогам нормативних документів. Установлені найбільш небезпечні для забезпечення безпеки руху пошкодження роликів букс. Отримано залежності, які характеризують зміну параметра потоку відмов для роликів букс з циліндричними роликівими підшипниками. Доведено, що параметр потоку відмов буксових вузлів у критичних універсальних вагонів менше порівняно із середніми показниками по вагонному господарству.

Ключові слова: буксовий вузол, циліндричний роликівий підшипник, критичний універсальний вагон, відмова, надійність, безпека руху.

В статье анализируется техническое состояние элементов буксовых узлов грузовых вагонов. Показано, что долговечность буксовых подшипников не отвечает требованиям нормативных документов. Установлены наиболее опасные для обеспечения безопасности движения повреждения роликовых букс. Получены зависимости, характеризующие изменение параметра потока отказов для роликовых букс с цилиндрическими роликівыми подшипниками. Доказано, что параметр потока отказов буксовых узлов у крытых универсальных вагонов меньше по сравнению со средними показателями по вагонному хозяйству.

Ключевые слова: буксовый узел, цилиндрический роликівый подшипник, критичний універсальний вагон, отказ, надежность, безопасность движения.

The article analyzes the technical condition of elements of axlebox units of freight cars. It is shown that durability of axlebox bearings do not meet the requirements of normative documents. Installed the most hazardous to traffic safety, the damage to the roller axle box. 25 % are caused by failure of the mechanical fastening. Further there are failures caused by the influence of "the human factor" - non-observance of technology of installation works. This includes damage such as electrical burns on the surfaces of the rings and rollers, improper radial and axial clearance in the bearing, insufficient or excess grease, embedded in the bearings.

A significant part by the damage to the memory riser card (almost 13.5 %).

The hope that the use of cylindrical roller bearings will solve the problem of providing for reliability BV cars, failed to materialize fully.

One of the ways to improve the reliability of roller axle-boxes can be bearings, cassette type, which should be a resource not less than 800 thousand kilometers.

Dependences describing change of failures stream parameter for roller axle box with cylindrical roller bearings. it is proved that the parameter failures flow axle assemblies of indoor universal cars less compared with the average for the вагонному economy.

Keywords: axle boxes, cylindrical roller bearing, covered universal cars, refusal, reliability, safety.

Вступ. Залізничний транспорт являє собою особливу транспортну систему, що працює в складних умовах та виконує переважну більшість вантажних і пасажирських перевезень. Умовою успішного та конкурентоспроможного функціонування залізниць є забезпечення перевезення вантажів із максимально допустимою швидкістю та мінімальною собівартістю за умов забезпечення безпеки руху.

Безупинна експлуатація вантажних вагонів при високих швидкостях руху та збільшених пробігах багато в чому залежить від надійної роботи буксових підшипникових вузлів вантажних вагонів. Недостатнє фінансування галузі призвело до значного зменшення постачання нового рухомого складу та суттєвого старіння вагонного парку.

За останні роки на залізницях України ситуація із забезпеченням безпеки у вагонному господарстві істотно загострилася, оскільки збільшилася кількість відчеплень вагонів через відмови роликів букс. Крім того, перспективи інтеграції України у систему світових економічних відносин вимагають, щоб характеристики перспективних буксових підшипникових вузлів відповідали не лише національним, але і світовим стандартам.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На залізницях України та інших країн СНД з 60-х років ХХ сторіччя використовуються буксові вузли (БВ), обладнані двома циліндричними підшипниками [0]. У порівнянні зі сферичними підшипниками вони мали низку переваг [0], оскільки багатьма

дослідженнями [0, 0] підтверджено, що використання роликів підшипників дало змогу в 70 разів зменшити число відчеплень вагонів на шляху прямування через надмірний нагрів букс.

Проте у кінці минулого сторіччя кількість відмов роликів букс різко збільшилась. Так, за даними дослідження [0], за період 1977-1987 рр. на залізницях СРСР кількість відчеплень вагонів через нагрів БВ збільшилась більш ніж у 6 разів, суттєво перевищуючи темпи насичення вагонного парку вагонами, обладнаними підшипниками кочення. 90 % ґ-ресурс циліндричних буксових підшипників складав всього 6 років експлуатації. Фактична витрата підшипників при проведенні планових видів ремонту в 5 разів перевищувала значення, встановлені нормативними документами.

Дослідження, проведені фахівцями Української державної академії залізничного транспорту [0, 0, 0], підтвердили, що буксові вузли вантажних вагонів мають недостатню надійність.

Таким чином, сподівання на те, що використання циліндричних роликів підшипників дасть змогу вирішити проблеми із забезпеченням надійності БВ вагонів, не виправдалися повною мірою.

Одним зі шляхів підвищення надійності роликів букс може бути використання підшипників касетного типу [0], які повинні мати ресурс не менше 800 тис. км пробігу.

У той же час необхідно зазначити, що останнім відбулася реструктуризація вагонного парку, внаслідок якої переважна більшість

вагонів була розподілена між певними операторами, які стали не лише власниками вантажних вагонів, а й отримали відповідальність за підтримання вагонів у належному технічному стані. Так, власником критих універсальних вагонів стало державне підприємство "Укррефтранс".

Але інтенсивність використання вантажних вагонів різних типів дуже відрізняється. А нормативні документи стосовно забезпечення необхідного ресурсу буксових підшипників це не враховують.

Визначення мети та задачі дослідження. Мета роботи полягає у порівняльному аналізі показників надійності роликів букс, що використовуються в колісних парах універсальних критих вагонів та обґрунтуванні можливості встановлення диференційованого терміну експлуатації підшипників касетного типу.

Основна частина дослідження. За даними УЗ, кількість відчеплень вагонів через надмірний нагрів роликів букс, який був

виявлений приладами контролю, коливається у широких межах: від 352 випадків у 1995 році до 51 випадку у 2011 році. Але до цієї кількості необхідно додавати випадки виявлення підвищеного нагріву роликів підшипникових вузлів за зовнішніми ознаками оглядачами вагонів. У 2011 році це число складало 1122 вагони (рис. 1)

Аналіз причин нагріву БУ буксових вузлів свідчить, що найбільш небезпечним з точки зору забезпечення безпеки руху є пошкодження торцевого кріплення (майже 25 % від загальної кількості відчеплень). Далі йдуть відмови, викликані впливом "людського чинника" - недотриманням технології монтажних робіт. Сюди включено такі пошкодження, як електричні опіки на поверхнях кілець і роликів, неправильно підібрані радіальний та осьовий зазори в підшипнику, недостатня або надмірна кількість мастила, закладеного в підшипники.

Значну частину займають пошкодження типу "ялинка" (майже 13,5 %).

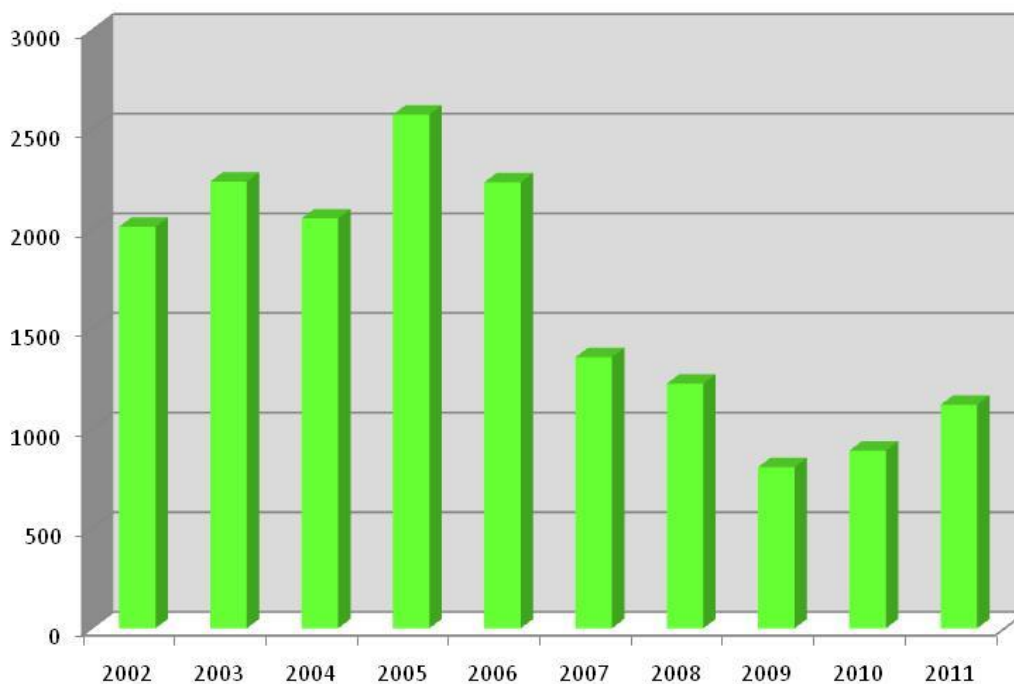


Рис. 1. Залежність зміни кількості відчеплень вагонів через нагрів букс, що були виявлені приладами автоматичного контролю та оглядачами вагонів

У результаті обробки статистичних даних про відчеплення вагонів на шляху прямування, наданих Головним управлінням вагонного

господарства УЗ, одержана залежність, що характеризує зміну кількості відчеплень з цієї причини за період 1995-2011 рр. (рис. 2).

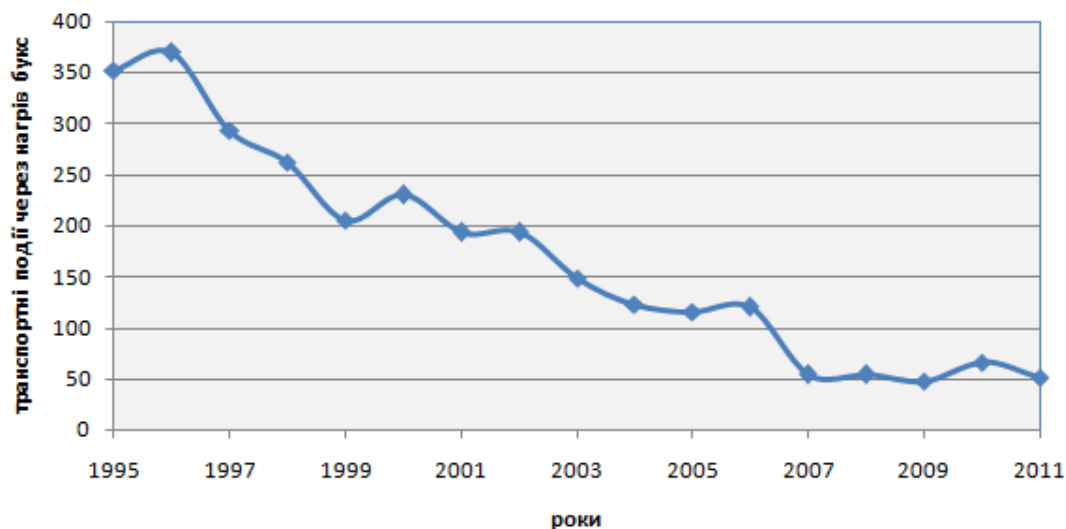


Рис. 2. Залежність зміни кількості відчеплень вагонів на шляху прямування через нагрів буксових підшипникових вузлів

Якщо починати відлік з 1995 року, то відповідна залежність буде мати такий вигляд:

$$\Delta(t) = 0,013t^4 - 111,7t^3 - 33562t^2 - 4 \cdot 10^8t + 2 \cdot 10^{11}, \quad (1)$$

де t – роки, що відлічуються після 1995 року.

Ступінь узгодженості отриманої теоретичної залежності з експериментальними

даними перевірявся за допомогою коефіцієнта кореляції R , який визначався за формулою [0]

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n [y_i - f_i(t)]^2}{\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \cdot (\sum_{i=1}^n y_i)^2}, \quad (2)$$

де y_i – емпіричні дані;

$f_i(t)$ – дані, що отримані розрахунковим способом;

n – число пар даних.

На рис. 3 наведена залежність зміни параметра потоку відмов вантажних вагонів через відмови букс (у розрахунку на 1 млн ваг. км) за період 1995-2005 рр., оскільки саме

цей показник дає змогу узагальнити зміни, які відбулися за цей час на залізничному транспорті: зменшення робочого парку вагонів, коливання вантажообігу, виключення вагонів з інвентарю і т. п.

Відповідна залежність для параметра потоку відмов вантажних вагонів через нагрів БВ має такий вигляд:

$$\omega(t) = 0,000008t^3 - 0,005t^2 + 99,28t + 65314, \quad (3)$$

де ω - параметр потоку відмов, t - роки.

Рухомий склад залізниць

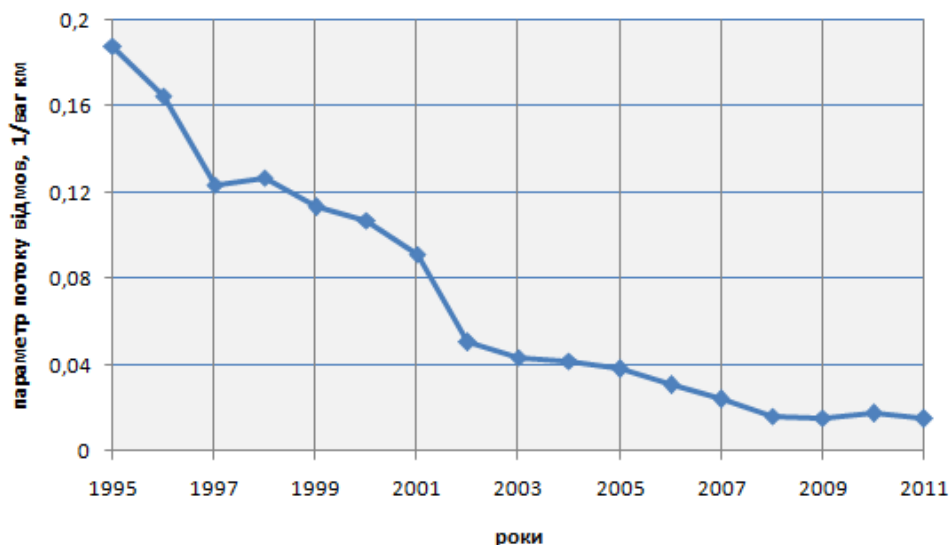


Рис. 3. Залежність зміни параметра потоку відмов вантажних вагонів через нагрів буксових вузлів

Наведені дані характеризують рівень надійності буксових вузлів стосовно загального парку вантажних вагонів. Оскільки за останні роки відбулася реструктуризація вагонного парку, внаслідок якої переважна більшість вагонів була розподілена між певними операторами, які стали не лише власниками вантажних вагонів, а й отримали

відповідальність за підтримання вагонів у належному технічному стані.

На рис. 4 наведені результати, що характеризують параметр потоку відмов через пошкодження роликівих букс для загального вагонного парку у порівнянні з парком критих універсальних вагонів у 2012 році.

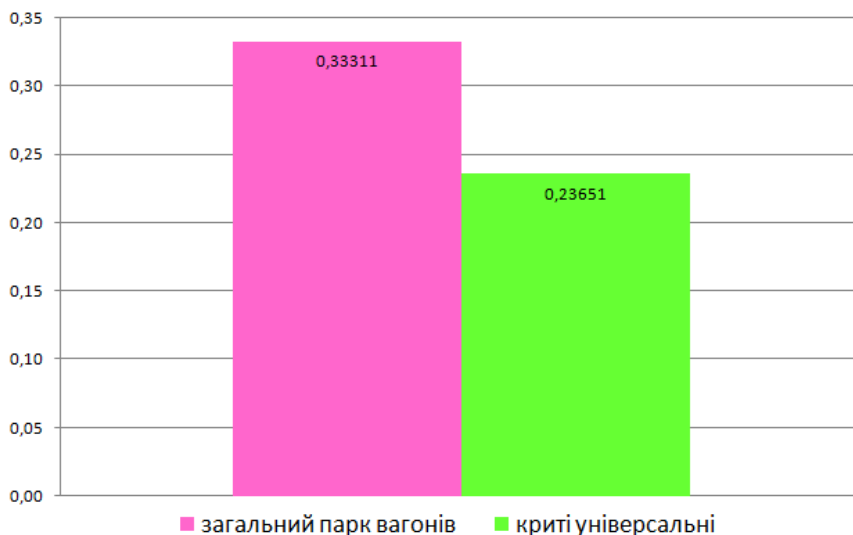


Рис. 4. Значення параметра потоку відмов вантажних вагонів через пошкодження буксових вузлів

Очевидно, що у критих універсальних вагонів параметр потоку відмов в 1,4 рази менше, тобто букси критих універсальних

вантажних вагонів мають більший рівень надійності.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. На основі обробки статистичного матеріалу про стан безпеки руху поїздів у вагонному господарстві запропонована модель визначення параметра потоку відмов вантажних вагонів через відмови буксових підшипникових вузлів (у розрахунку на 1 млн ваг. км). Результати

розрахунків свідчать, що у критичних універсальних вагонів параметр потоку відмов в 1,4 разу менше, інтенсивність використання вантажних вагонів різних типів дуже відрізняється. Це свідчить про можливість диференційованого підходу до визначення ресурсу буксових підшипників.

Список використаних джерел

1. Конструирование и расчёт вагонов [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / В.В. Лукин, Л.А. Шадур, В.Н. Котуранов [и др.]. – М.: УМК МПС России, 2000. – 731 с.
2. Девятков, В.Ф. Опыт эксплуатации буксовых узлов с роликовыми подшипниками вагонов грузового и пассажирского парка [Текст] / В.В. Девятков, В.В. Абашкин // Вопросы перевода подвижного состава на роликовые подшипники: труды ВНИИЖТ. – М.: Транспорт, 1961. – Вып. 221. – С. 16-24.
3. Цюренко, В.Н. Анализ эксплуатационного опыта работы роликовых подшипников в буксах вагонов / В.Н. Цюренко, Т.Н. Костеева [Текст] // Повышение надежности и долговечности роликовых подшипников в буксах вагонов: труды ВНИИЖТ. – М.: Транспорт, 1978. – Вып. 583. – С. 4-13.
4. Цюренко, В.Н. Надежность роликовых подшипников в буксах вагонов [Текст] / В.Н. Цюренко, В.А. Петров. – М.: Транспорт, 1982. – 96 с.
5. Мотовилов, К.В. Эксплуатационная надежность буксовых узлов вагонов [Текст] / К.В. Мотовилов, С.В. Перов, И.Э. Мартынов; Московский институт инженеров железнодорожного транспорта // Межвуз. сб. науч. тр. – М., 1988. – Вып. 804. – С. 92-99.
6. Мартынов, И.Э. Анализ опыта эксплуатации цилиндрических роликоподшипников букс грузовых вагонов [Текст] / И.Э. Мартынов // Вісник Східноукраїнського державного університету. – Луганськ, 2000. – №5 (27). – С. 157-159.
7. Мартинов, І.Е. Технічний стан буксових роликопідшипників вантажних вагонів / І.Е. Мартинов [Текст] // Зб. наук. праць. – Харків: ХарДАЗТ, 2000. – Вип. 41. – С. 38-42.
8. Мартынов, И.Э. Анализ надежности буксовых узлов грузовых вагонов с подшипниками качения [Текст] / А.В. Донченко, И.Э. Мартынов, А.В. Труфанова // Безопасность движения поездов: труды IV науч.-практ. конф. – М., 2003. – С. IV.28–IV.29.
9. К вопросу внедрения вагонных букс с коническими роликоподшипниками [Текст] / А.Д. Лашко, В.В. Мархай, И.Э. Мартынов [и др.] // Залізничний транспорт України. – 2006. – № 2. – С. 17-19.
10. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей [Текст] / Е.С. Вентцель. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1958. – 464 с.

Мартинов Ігор Ернстович, д-р техн. наук, професор кафедри вагонів Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-36. E-mail: martinov.hiit@rambler.ru
Труфанова Альона Володимирівна, канд. техн. наук, доцент кафедри вагонів Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-36. E-mail: alena.hiit@rambler.ru
Ільчишин Василь Михайлович, здобувач кафедри вагонів Української державної академії залізничного транспорту. e-mail: ilvas@ukr.net

Martynov Igor Ernstovich, doct. of techn. sciences, professor of faculty of wagons Ukraine State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-36. E-mail: martinov.hiit@rambler.ru
Trufanova Alena Volodymyrivna, cand. of techn. sciences, lecturer of faculty of wagons Ukraine State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-35. E-mail: alena.hiit@rambler.ru
Ilchishin Vasiy Mihaylovich, engineer of faculty of wagons Ukraine State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-35. E-mail: ilvas@ukr.net

УДК 629.113.014.9: 656.2.002.4

ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІНИ ЗАБРУДНЕНОСТІ ОЛИВИ ТЕПЛОВОЗНИХ ДИЗЕЛІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Инж. Ю.М. Грищенко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ МАСЛА ТЕПЛОВОЗНЫХ ДИЗЕЛЕЙ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Инж. Ю.М. Грищенко

DEFINITION OF CHANGE OF IMPURITY OF OIL OF DIESEL ENGINES IN OPERATION

Eng. Y.M. Grishenko

У статті розглянуто питання визначення приросту забрудненості дизельної оливи тепловозів. Застосування на тепловозах сучасних фільтруючих елементів, їх висока вартість, значна частота змін під час експлуатації, а також високий рівень і діапазон зміни забруднення дизельної оливи викликають підвищені вимоги до визначення динаміки її параметрів. Визначено, що для ефективної експлуатації фільтруючих елементів необхідно враховувати зміну забруднення картерної оливи тепловоза. Із цією метою формалізована модель, що дозволяє на основі кількісних показників визначати їх динаміку залежно від величини пробігу локомотива.

Ключові слова: доливання, забруднення, концентрація, олива, масова кількість, освіження, приріст, пробіг, тепловоз, вигар.

В статье рассмотрены вопросы определения прироста загрязнения дизельного масла тепловозов. Применение на тепловозах современных фильтрующих элементов, их высокая стоимость, значительная частота смен во время эксплуатации, а также высокий уровень и диапазон изменения загрязнения дизельного масла вызывают повышенные требования к определению динамики его параметров. Определено, что для эффективной эксплуатации фильтрующих элементов необходимо учитывать изменение загрязненности картерного масла тепловоза. С этой целью формализована модель, которая позволяет на основе количественных показателей определять их динамику в зависимости от величины пробега локомотива.

Ключевые слова: доливание, загрязнение, концентрация, масло, массовое количество, освежение, прирост, пробег, тепловоз, угар.

In article questions of definition of a gain of pollution of diesel oil of diesel locomotives are considered. In a diesel engine of a diesel locomotive oil is spent and constantly becomes soiled, that forces to hold constantly system of greasing under the strict control, to add fresh oil, to watch that as his properties change and in due time to replace filters. Application on diesel locomotives of modern filtering elements, their high cost, significant frequency of changes during operation, and also the high level and a range of change of pollution of diesel oil cause increased requirements to definition of dynamics of his parameters. It is certain, that for effective operation of filtering elements it is necessary to consider change of impurity oils of a diesel locomotive. With this purpose the model which allows determining on the basis of quantity indicators their dynamics depending on size of run of the locomotive is formalized. She considers three basic variants of change of pollution картерного oils. The first variant considers partial change oils in the beginning of an investigated interval of run of a diesel locomotive. In the end of this interval the gain of impurity which can characterize quality of filtering elements as a whole is determined. By the second and third variants, for definition of a gain of impurity inside of interval dependences which consider quantity to add or to freshen, intended on maintenance physical and chemical properties of oil in operation are offered. Positions and results of a technique are a basis for development of corresponding actions on an effective utilization of filtering elements.

Keywords: to add, pollution, concentration, oil, mass quantity, to freshen, a gain, run, a diesel locomotive, an intoxication.

Постановка проблеми в загальному вигляді, її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Конструктивні особливості тепловозних дизелів і їх робота неминує супроводжується витратою моторної оливи, коли її певна частина може випаровуватися, згоряти або виноситися з відпрацьованими газами. Це явище називається витратою оливи на "вигар". Запас моторної оливи при цьому поповнюється до потрібного обсягу, шляхом доливання в картер чистої оливи у певній кількості. У свою чергу це іноді викликає труднощі щодо прогнозування динаміки її забруднення для прийняття відповідного рішення по зміні фільтруючих елементів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням забруднення та очищення нафтопродуктів методом фільтрування для підвищення надійності техніки присвячені численні роботи [1, 2, 6, 7]. У цих працях і інших роботах містяться результати глибоких теоретичних і експериментальних досліджень у розглянутій галузі. Особливо слід зазначити фундаментальну роботу В.А. Жужикова [3], що висвітлює докладний аналіз процесів забруднення різних рідин. У той же час процеси забруднення нафтопродуктів у багатьох випадках розглядаються локально, без урахування специфіки умов експлуатації конкретного двигуна внутрішнього згорання.

Мета дослідження. Метою дослідження є отримання аналітичних залежностей, які дозволяють визначати приріст забрудненості

оливи дизелів тепловозів в експлуатації та на основі цього приймати відповідні рішення щодо роботоздатності фільтруючих елементів.

Основна частина. Для оцінки подальшої можливості експлуатації фільтруючих елементів необхідно враховувати зміну забрудненості картерної оливи тепловоза. Із цією метою розроблена методика, що дозволяє враховувати її кількісну і якісну динаміку залежно від величини пробігу локомотива.

Припустимо, що при досягненні тепловозом пробігу L_1 відбирається проба оливи для визначення її фізико-хімічних властивостей і концентрації в ній забруднюючих речовин. На цей момент пробігу кількість оливи в картері дизеля буде менше першопочаткового рівня на величину її вигару й тому в картер дизеля доливається чиста олива до вихідного нормованого рівня. У результаті цього доливання загальна кількість оливи в картері змінюється, а масова кількість домішок і продуктів зношення залишається на колишньому рівні. Виходячи із цього величина забруднення картерної оливи в даному випадку змінюється в менший бік.

Як відомо [8], в експлуатації відбувається безперервний вигар оливи, через що її кількість V у системі постійно зменшується. Одночасно в картерну оливу постійно надходять забруднюючі домішки G , що призводить до збільшення їх концентрації τ (загального забруднення). Описаний процес зображений на рис. 1.

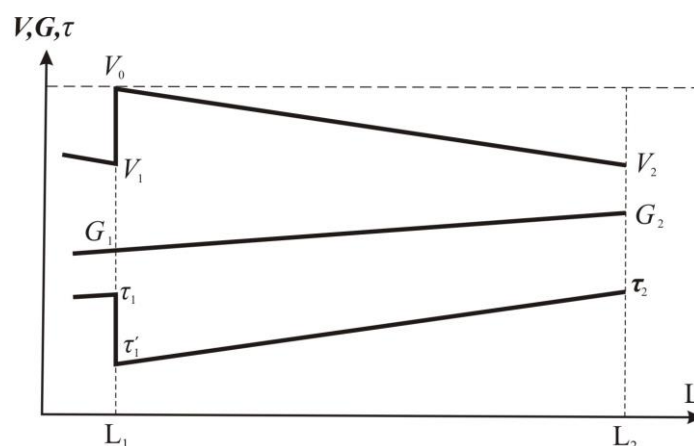


Рис. 1. Процес зміни об'єму картерної оливи V , масової кількості забруднюючих речовин G і загального забруднення τ

Для аналізу зміни загального забруднення картерної оливи τ з урахуванням її доливання, яке компенсує вигар, прийемо такі вихідні дані: V_0 - початкова ємність масляної системи; V_1 - кількість оливи в картері дизеля до досягнення пробігу L_1 ; $V_{\text{о\ddot{a}}}$ - кількість оливи, витраченої на вигар від попереднього її кількості в системі, що визначається як $V_0 - V_1 = V_{\text{о\ddot{a}}}$; G_1 - масова кількість забруднюючих речовин на момент досягнення тепловозом пробігу L_1 .

У цьому випадку забруднення картерної оливи можна визначити за виразом

$$\tau_1 = c_1' \frac{G_1}{V_1}, \quad (1)$$

де c_1' - коефіцієнт пропорційності.

Тоді маса забруднюючих речовин буде дорівнювати

$$G_1 = \tau_1 V_1 \frac{1}{c_1'}, \quad (2)$$

або

$$G_1 = \tau_1 \frac{1}{c_1'} (V_0 - V_{\text{о\ddot{a}}}). \quad (3)$$

Для поповнення в систему заливається свіжа олива до початкового рівня V_0 . Після чого забруднення оливи змінюється та вже складає

$$\tau_1' = c_1' \frac{G_1}{V_0} = \frac{\tau_1 V_1}{V_0} = \frac{\tau_1 (V_0 - V_{\text{о\ddot{a}}})}{V_0}, \quad (4)$$

або

$$\tau_1' = \tau_1' \left(1 - \frac{V_{\text{о\ddot{a}}}}{V_0} \right). \quad (5)$$

При досягненні пробігу L_2 обсяг оливи в системі буде дорівнювати V_2 , масова кількість забруднюючих домішок G_2 .

Загальне забруднення τ_2 при цьому визначиться як

$$\tau_2 = c_1' \frac{G_2}{V_2}. \quad (6)$$

Масова кількість забруднюючих домішок G_2 може бути визначена як

$$G_2 = G_1 + t_{\ddot{a}} a, \quad (7)$$

де $t_{\ddot{a}}$ - тривалість роботи дизеля в проміжку між пробігами L_1 й L_2 ;

a - швидкість надходження забруднюючих речовин в оливу.

Припустимо, що $V_2 = V_1$. Тоді загальне забруднення буде складати

$$\tau_2 = c_1' \frac{G_1 + t_{\ddot{a}} a}{V_1}. \quad (8)$$

Після підстановки в даний вираз замість G_1 залежності (3) одержимо

$$\tau_2 = c_1' \frac{\tau_1 \frac{(V_0 - V_{\text{о\ddot{a}}})}{c_1'} + t_{\ddot{a}} a}{V_0 - V_{\text{о\ddot{a}}}}, \quad (9)$$

або

$$\tau_2 = \tau_1 \frac{c_1' + t_{\ddot{a}} a}{V_0 - V_{\text{о\ddot{a}}}}. \quad (10)$$

Отже, приріст забруднення оливи за час пробігу тепловоза від моменту L_1 до L_2 становить

$$\Delta \tau = \tau_2 - \tau_1, \quad (11)$$

або

$$\Delta \tau = \frac{c_1' + t_{\ddot{a}} a}{V_0 - V_{\text{о\ddot{a}}}}. \quad (12)$$

Припустимо, що при експлуатації тепловоза в проміжку між L_1 до L_2 , внаслідок безперервного вигару оливи, її доливання в картер здійснюють неодноразово. У цьому випадку схема зміни рівня оливи й масової кількості забруднюючих речовин у системі буде мати вигляд, поданий на рис. 2.

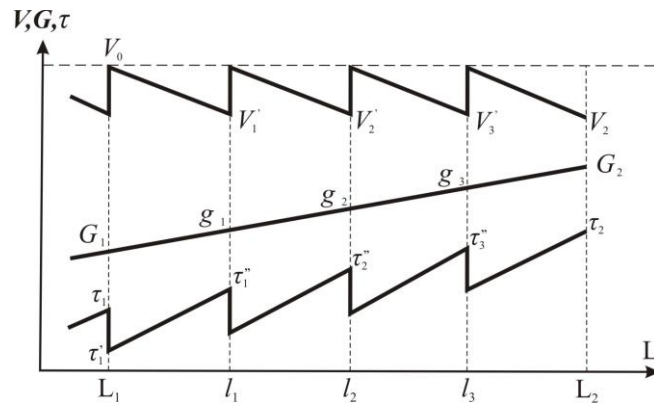


Рис. 2. Схема зміни рівня оливи й масової кількості забруднюючих речовин у проміжку між L_1 і L_2

У цьому випадку аналогічно до виразу (9) можна записати:

$$\tau_1'' = \tau_1 + \frac{c_1' a_1 t_{\bar{a}1}}{V_0 - V_{\bar{O}\bar{A}_0}}, \quad (13)$$

$$\tau_2'' = \tau_1'' + \frac{c_1' a_2 t_{\bar{a}2}}{V_0 - V_{\bar{O}\bar{A}_1}}, \quad (14)$$

$$\tau_3'' = \tau_2'' + \frac{c_1' a_3 t_{\bar{a}3}}{V_0 - V_{\bar{O}\bar{A}_2}}, \quad (15)$$

$$\tau_2 = \tau_3'' + \frac{c_1' a_4 t_{\bar{a}4}}{V_0 - V_{\bar{O}\bar{A}_3}}. \quad (16)$$

У підсумку забруднення оливи в проміжку від L_1 до L_2 можна визначити як суму за формулою

$$\tau_2 = \tau_1 + \frac{c_1' a_1 t_{\bar{a}1}}{V_0 - V_{\bar{O}\bar{A}_0}} + \frac{c_1' a_2 t_{\bar{a}2}}{V_0 - V_{\bar{O}\bar{A}_1}} + \frac{c_1' a_3 t_{\bar{a}3}}{V_0 - V_{\bar{O}\bar{A}_2}} + \frac{c_1' a_4 t_{\bar{a}4}}{V_0 - V_{\bar{O}\bar{A}_3}}. \quad (17)$$

У загальному вигляді для різної кількості доливань формула набуде вигляду

$$\tau_2 = \tau_1 + \frac{c_1' a_1 t_{\bar{a}1}}{V_0 - V_{\bar{O}\bar{A}_0}} + \frac{c_1' a_2 t_{\bar{a}2}}{V_0 - V_{\bar{O}\bar{A}_1}} + \dots + \frac{c_1' a_n t_{\bar{a}n}}{V_0 - V_{\bar{O}\bar{A}_{n-1}}}. \quad (18)$$

Припустимо, що швидкість надходження домішок на розглянутих ділянках (l_1, l_2, \dots, l_n) однакова, тобто $a_1 = a_2 = \dots = a_n = a$, а також однакові інтервали між доливаннями оливи, що дорівнюють її кількості, яка витрачається на вигар між ними, тобто $t_{\bar{a}1} = t_{\bar{a}2} = \dots = t_{\bar{a}n} = t_{\bar{a}}$ й $V_{\bar{O}\bar{A}_0} = V_{\bar{O}\bar{A}_1} = \dots = V_{\bar{O}\bar{A}_{n-1}} = V_{\bar{O}\bar{A}}$.

Тоді вираз (18) набуде вигляду

$$\tau_2 = \tau_1 + n c_1' \frac{a \cdot t_{\bar{a}}}{V_0 - V_{\bar{O}\bar{A}}}, \quad (19)$$

де n - кількість доливань оливи в картер дизеля.

Отже, приріст забруднення картерної оливи в проміжку між L_1 і L_2 при кількості доливань n складе

$$\Delta \tau = n c_1' \frac{a t_{\bar{a}}}{V_0 - V_{\bar{O}\bar{A}}}. \quad (20)$$

У деяких випадках, коли олива дизеля має високий ступінь забруднення, його "освіжають". Процес освіження полягає в тому,

що певну частину брудної оливи зливають, а замість неї в картер доливають відповідну кількість нової чистої оливи до вихідного рівня.

При цьому схема зміни об'єму оливи в системі, масової кількості домішок і значення її забруднення набуде вигляду як на рис. 3.

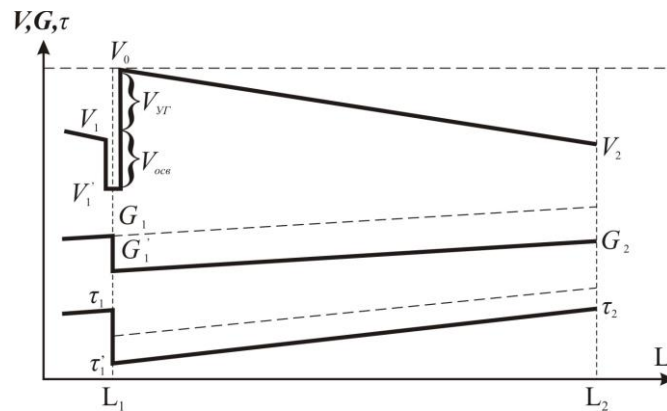


Рис. 3. Схема зміни параметрів картерної оливи при її освіженні

Прийmemo такі позначення: V_1' - кількість оливи в системі тепловоза після зливання її забрудненої частки; $V_{i\tilde{n}\tilde{a}}$ - кількість доданої чистої оливи, яка визначається як $V_{i\tilde{n}\tilde{a}} = V_1 - V_1'$; G_1' - масова кількість забруднюючих речовин після зливання брудної частини оливи.

Після освіження оливи на момент пробігу L_1 маса домішок змінюється до величини, яка дорівнює

$$G_1' = \frac{V_1'}{V_1} G_1, \quad (21)$$

або

$$G_1' = G_1 \frac{V_1 - V_{i\tilde{n}\tilde{a}}}{V_1} = G_1 \left(1 - \frac{V_{i\tilde{n}\tilde{a}}}{V_1} \right). \quad (22)$$

При досягненні тепловозом пробігу L_2 забруднення його оливи буде складати

$$\tau_2 = c_1' \frac{G_2}{V_2}, \quad (23)$$

де G_2 - масова кількість забруднюючих речовин, що надійшли в картерну оливу за проміжок пробігу від L_1 до L_2 .

Масова кількість забруднюючих речовин на момент пробігу L_2 буде визначатися як

$$G_2 = G_1' + at_{\tilde{a}}. \quad (24)$$

Тоді з урахуванням виразу (22) будемо мати

$$\tau_2 = c_1' \frac{G_1 \left(1 - \frac{V_{i\tilde{n}\tilde{a}}}{V_1} \right) + at_{\tilde{a}}}{V_2}. \quad (25)$$

При однаковому значенні $V_2 = V_1$ вираз (25) набуде вигляду

$$\tau_2 = \frac{V_1 \tau_1 \left(1 - \frac{V_{i\tilde{n}\tilde{a}}}{V_1} \right)}{V_1} + c_1' \frac{at_{\tilde{a}}}{V_1}. \quad (26)$$

Після перетворення одержимо

$$\tau_2 = \tau_1 \left(1 - \frac{V_{i\tilde{n}\tilde{a}}}{V_0 - V_{\tilde{o}\tilde{a}}} \right) + c_1' \frac{at_{\tilde{a}}}{V_0 - V_{\tilde{o}\tilde{a}}}. \quad (27)$$

Якщо за проміжок пробігу тепловоза від L_1 до L_2 було кілька доливань оливи в картер внаслідок її вигару, то формула (27) перетвориться до такого вигляду:

$$\tau_2 = \tau_1 \left(1 - \frac{V_{i\bar{m}}}{V_0 - V_{0\bar{a}}} \right) + n c_1' \frac{at_{\bar{a}}}{V_0 - V_{0\bar{a}}}, \quad (28)$$

де n - кількість доливань за період, що визначається.

У цьому випадку приріст забруднення картерної оливи за період від L_1 до L_2 буде становити

$$\Delta\tau = n c_1' \frac{at_{\bar{a}}}{V_0 - V_{0\bar{a}}} - \tau_1 \frac{V_{i\bar{m}}}{V_0 - V_{0\bar{a}}}. \quad (29)$$

Залежно від кількості доливань або освіжень картерної оливи в заданому інтервалі пробігу тепловоза вирази (12), (20) і (29) можуть бути використані для визначення приросту її забруднення та впливання на цю забрудненість роботоздатності фільтруючих елементів.

Висновки з дослідження й перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Застосування на тепловозах сучасних фільтруючих елементів, їх висока вартість, значна частота змін під час експлуатації, а також істотний рівень і діапазон зміни забруднення оливи викликають підвищені вимоги до визначення динаміки параметрів картерної оливи. Для оцінки можливості подальшої експлуатації фільтруючих елементів необхідно враховувати зміну забрудненості картерної оливи тепловоза. Із цією метою розроблено методику, що дозволяє враховувати її кількісну і якісну динаміку залежно від величини пробігу локомотива. Вона ураховує три основні варіанти приросту забруднення оливи за встановлений пробіг тепловоза. Кожен з цих варіантів дозволяє визначати приріст забруднення оливи залежно від кількості доливань або освіжень картерної оливи в заданому інтервалі пробігу тепловоза та застосовувати відповідні заходи щодо ефективного використання фільтруючих елементів.

Список використаних джерел

1. Венцель, С.В. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания [Текст] / С.В. Венцель. – М.: Химия, 1979. – 240 с.
2. Григорьев, М.А. Очистка масла в двигателях внутреннего сгорания [Текст] / М.А. Григорьев. – М.: Машиностроение, 1983. – 136 с.
3. Жужиков, В.А. Фильтрование. Теория и практика разделения суспензий [Текст] / В.А. Жужиков. – М.: Химия, 1980. – 400 с.
4. Кича, Г.П. Эффективная очистка моторного масла – основа экономичной ресурсосохраняющей эксплуатации судовых ДВС [Текст] / Г.П. Кича // Двигателестроение. – 1985. – № 7. – С. 7-10.
5. Лаптев, В.А. Фильтрация масла в системах смазки транспортных ДВС [Текст] / В.А. Лаптев, А.Е. Шутков // Вестник ВНИИЖТ. – 1999. – № 1. – С. 20-25.
6. Микипорис, Ю.А. Эксплуатация технических жидкостей [Текст] / Ю.А. Микипорис. – Владивосток: ДВГУ, 1991. – 108 с.
7. Морозов, Г.А. Очистка масла в дизелях [Текст] / Г.А. Морозов, О.М. Арциомов. – Л.: Машиностроение, 1971. – 187 с.
8. Никифоров, А.Н. Расход моторных масел при эксплуатации тракторов [Текст] / А.Н. Никифоров, В.В. Рындин, М.М. Крипе // Химия и технология топлив и масел. – 1978. – № 11. – С. 12-14.

Рецензент д-р техн. наук, професор Д.С. Жалкін

Грищенко Юрій Михайлович, інженер Державної адміністрації залізничного транспорту "Укрзалізниця". Тел.: (044) 465-37-60.

Grishenko Yriy Mihalovich, engineer Donative administration of a railway transportation "Ukrzaliznica". Phone: (044) 465-37-60.

ТЕПЛОВІ ДВИГУНИ

УДК 681.51:621.575:661.53

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ВТОРИННОЇ КОНДЕНСАЦІЇ АМІАЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

Канд. техн. наук Ю.А. Бабіченко

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ВТОРИЧНОЙ КОНДЕНСАЦИИ АММИАЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Канд. техн. наук Ю.А. Бабіченко

INCREASE OF EFFICIENCY OF THE SECONDARY CONDENSATION PROCESS OF AMMONIAC PRODUCTION

Candidate tehn. Sciences Yu.A. Babichenko

Здійснено синтез енергозберігаючої схеми процесу вторинної конденсації у виробництві синтетичного аміаку, що дає змогу за рахунок вилучення аміачного турбокомпресора й утилізації низькопотенціальної теплоти знизити питому витрату електроенергії майже на 30 %.

Ключові слова: вторинна конденсація, абсорбційна холодильна установка, енергозберігаюча система охолодження, виробництво аміаку.

Осуществлен синтез энергосберегающей схемы процесса вторичной конденсации в производстве синтетического аммиака, позволяющей за счет исключения аммиачного турбокомпрессора и утилизации низкопотенциальной теплоты снизить удельный расход электроэнергии почти на 30 %.

Ключевые слова: вторичная конденсация, абсорбционная холодильная установка, энергосберегающая система охлаждения, производство аммиака.

The synthesis of the energy saving scheme of the secondary condensation process in synthetic ammonia production is carried out, that made it possible to decrease specific power consumption by the exclusion of the ammonia turbo compressor refrigerator from the scheme and low potential heat utilization. The main technical and economic indicators of the developed scheme are defined.

Keywords: secondary condensation, absorbing refrigeration unit, energy saving cooling system, production of ammonia.

Вступ. Одними з базових для азотної промисловості України є великотоннажні агрегати синтезу продуктивністю 1360 т/доб (серія АМ-1360) з двоступеневою системою конденсації аміаку, що побудовані за традиційно прийнятою майже в усіх сучасних аміачних виробництвах індустріально розвинених країн схемою [1]. Однак за споживанням електроенергії і природного газу вітчизняні агрегати поступають їм у 3 і 1,25 рази відповідно. Таке перевищення значною мірою пов'язано з надмірною

енергоємністю блоків вторинної конденсації (понад 40 % від загального споживання електроенергії) та компресії газової суміші (біля 3 % від споживання природного газу). У блоці вторинної конденсації це зумовлено застосуванням аміачного турбокомпресорного холодильного агрегату (АТК) із споживанням електроенергії понад 24 тис. МВт·год/р., а у блоці компресії – використанням природного газу у допоміжному паровому котлі у кількості біля 16 млн м³/р. Крім того, в агрегаті синтезу безповоротно втрачається низькопотенціальна

теплота спрацьованої водяної пари кількістю 240 тис. Гкал/р. з витратою електроенергії на її конденсацію до 7 тис. МВт·год/р.

Аналіз літературних даних і постановка проблеми. Протягом останніх років актуальною для вітчизняних аміачних виробництв залишається тенденція підвищення енергоефективності й особливо це стосується базових агрегатів синтезу серії АМ-1360, у яких одними з найбільш енергоємних за споживанням електроенергії і природного газу є відповідно блоки вторинної конденсації і компресії відділення синтезу [2].

Основний недолік існуючого апаратурно-технологічного оформлення відділення синтезу полягає у застосуванні у блоці первинної конденсації (ПК) для охолодження циркуляційного газу апаратів повітряного охолодження, за якого із збільшенням температури атмосферного повітря відбувається: підвищення температури первинної конденсації і концентрації аміаку у циркуляційному газі, що призводить до збільшення теплового навантаження на блок компресії (БК) з паровою турбіною (ПТ), а отже, і витрат природного газу на спалювання і знесоленої води у допоміжний паровий котел (ДК); збільшення теплового навантаження на блок вторинної конденсації (ВК), що вимагає збільшення холодопродуктивності АТК для стабілізації температури вторинної конденсації на регламентному рівні 0°C, а отже, і витрат електроенергії на привод АТК; збільшення тиску в абсорбері і випарнику (ВП) в абсорбційній холодильній установці (АХУ), що унеможливує стабілізацію температури вторинної конденсації на регламентному рівні, збільшення якої також знижує енергоефективність агрегату за рахунок підвищення енергозатрат на привод парової турбіни. Показано, що підвищення енергоефективності агрегату синтезу за рахунок виключення зі схеми роботи АТК, як найбільш енергоємного обладнання з точки зору споживання електроенергії, може бути здійснено як шляхом зниження теплового навантаження на блок вторинної конденсації, так і збільшенням холодопродуктивності АХУ.

Мета і завдання дослідження. Енергоефективність агрегату синтезу може бути підвищена шляхом модернізації апаратурно-технологічного оформлення, що передбачає: виключення АТК, застосування

пароежекторної холодильної установки, яка забезпечує можливість утилізації низькопотенціальної теплоти спрацьованої водяної пари та зниження витрати природного газу у допоміжний котел. Таким чином метою є здійснення синтезу енергозберігаючого апаратурно-технологічного оформлення АХУ і конденсаційних систем відділення синтезу в цілому та обґрунтування техніко-економічної ефективності його застосування.

Результати досліджень. Попередніми дослідженнями встановлено, що з виключенням АТК зі схеми блока вторинної конденсації для забезпечення температури охолодження циркуляційного газу на рівні не більше 0 °С загальна холодопродуктивність двох АХУ повинна бути збільшена до 10,6 МВт. Таке підвищення холодопродуктивності реалізується за рахунок збільшення витрати і концентрації холодоагенту, що надходить до випарника, відповідно до 17,5 т/год і 0,998 кг/кг.

Результати математичного моделювання технологічної системи прямого циклу АХУ дали змогу встановити, що концентрація і витрата холодоагенту до випарника можуть бути збільшені відповідно до 0,9956 кг/кг і 13 т/год за рахунок зменшення тиску у генераторі-ректифікаторі з 1,58 до 1,4 МПа та збільшенні тиску в абсорбері з 0,29 до 0,375 МПа [3-5].

Запропоновано встановлений вище розподіл тисків і концентрацій забезпечити шляхом включення у термодинамічний цикл АХУ струменевих апаратів, що входять до складу пароежекторної холодильної системи (ПХС) (рис. 1). Досягнення потрібного ступеня стиску забезпечується робочою аміачною парою тиском не менше 3 МПа, отримання якої здійснюється у парогенераторі Пг за рахунок утилізації низькопотенціального тепла відпрацьованої водяної пари турбіни компресора технологічного повітря відділення пароутворення. Ця енергія в агрегатах синтезу на сьогодні безповоротно втрачається.

З метою забезпечення витрати робочої пари і додаткової витрати холодоагенту до кожного випарника у кількості 4,5 т/год (збільшення з 13 до 17,5 т/год) проведені розрахунки матеріального й теплового балансів ПХС з установленням значень коефіцієнтів інжекції струменевих апаратів для визначених ступенів стиску ε , величина якого, як відомо, характеризується залежністю

$$\varepsilon = P_C / P_H = f(u, \sqrt{\Theta}, P_P), \quad (1)$$

де P_C , P_H , P_P – відповідно тиск стиску, інжектованого і робочого потоків;

$\Theta = T_H / T_P$ – відповідно відношення температур інжектованого і робочого потоків;
 u – коефіцієнт інжекції, що визначає відношення масової витрати інжектованого потоку до масової витрати робочого потоку [6].

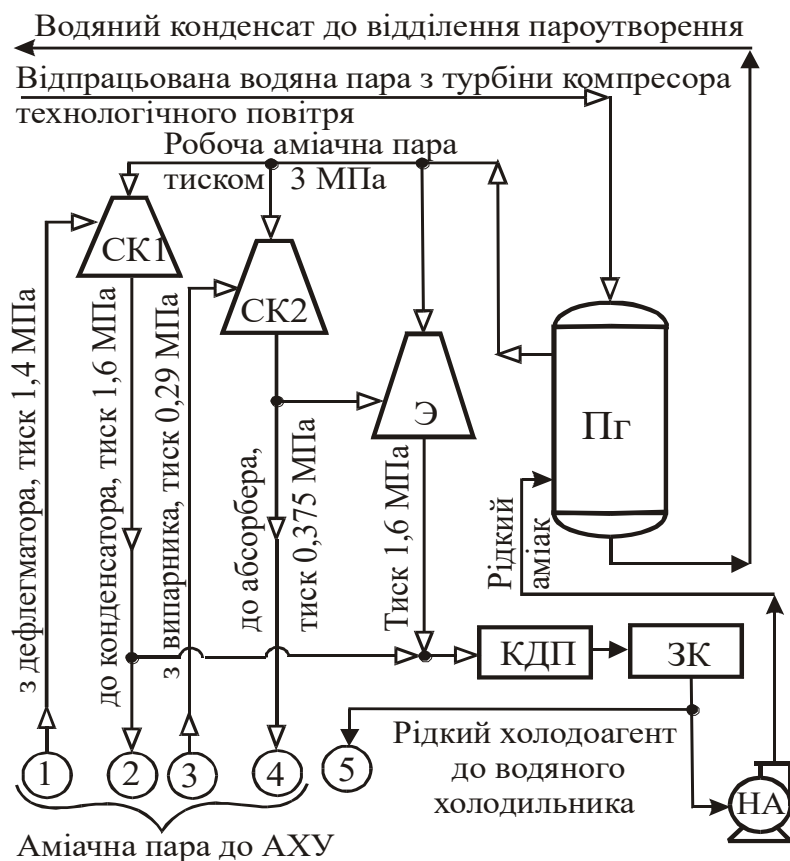


Рис. 1. Парожекторна холодильна система (ПХС) стабілізації тисків циклу АХУ та забезпечення випарників додатковим холодоагентом:

1÷4 – аміачна пара відповідно з дефлегматора до конденсатора, з переохолоджувача (випарника) і до абсорбера АХУ; 5 – рідкий холодоагент до водяного холодильника ВХ, Пг – парогенератор; На – аміачний насос

У зв'язку з необхідністю створення різного ступеня стиску ε у схемі застосовані струменеві компресори СК1, СК2 ($\varepsilon < 2,5$) і ежектори Э ($\varepsilon > 2,5$), для яких були розраховані коефіцієнти інжекції: $u_{СК1}=1,67$, $u_{СК2} = 2,467$ і $u_{Э}=0,233$. При цьому сумарна витрата робочої пари складає 125,18 т/год, концентрація водоаміачної пари після СК1 підвищується до 0,9976 кг/кг, а після ежектора і повітряного

конденсатора (КДП) концентрація потоку рідкого холодоагенту збільшується до 0,9997 кг/кг. Після збірника конденсату (ЗК) частина холодоагенту у кількості 4,5 т/год прямує до випарника, де за рахунок змішування з холодоагентом з циклу АХУ концентрація холодоагенту до випарника підвищується до 0,998 кг/кг. За результатами проведених досліджень і розрахунків здійснено синтез

технологічної системи охолодження блока вторинної конденсації, узагальнена схема якої подана на рис. 2.

Згідно зі схемою (рис. 2), охолоджуюча вода частково у кількості 30 т/год попередньо проходить водяний холодильник ВХ, де відбувається переохолодження рідкого холодоагенту до температури не більше 35°C. Після ВХ вода змішується з основним потоком і у кількості 420 т/год надходить до кожної АХУ, який далі розподіляється. Потік у кількості 370 т/год надходить до абсорбера, а інший потік у кількості 50 т/год прямує для охолодження дефлегматора та додаткового конденсатора. Додатковий рідкий холодоагент у кількості 4,5 т/год об'єднується з основним

потоком холодоагенту з АХУ перед дросель-вентилем ДВ і з витратою 17,5 т/год прямує до кожного випарника. Відпрацьована водяна пара з турбін тиском 0,04 МПа і температурою до 90°C надходить до парогенератора ПХС, де за рахунок теплообміну з рідким аміаком відбувається його конденсація. Водяний конденсат прямує до відділення пароутворення, а отримана в парогенераторі (Пг) робоча аміачна пара тиском 3 МПа і температурою 69°C – до струменевих апаратів [7].

Основні техніко-економічні показники ефективності для існуючої і новоствореної технологічної системи охолодження зведені до таблиці.

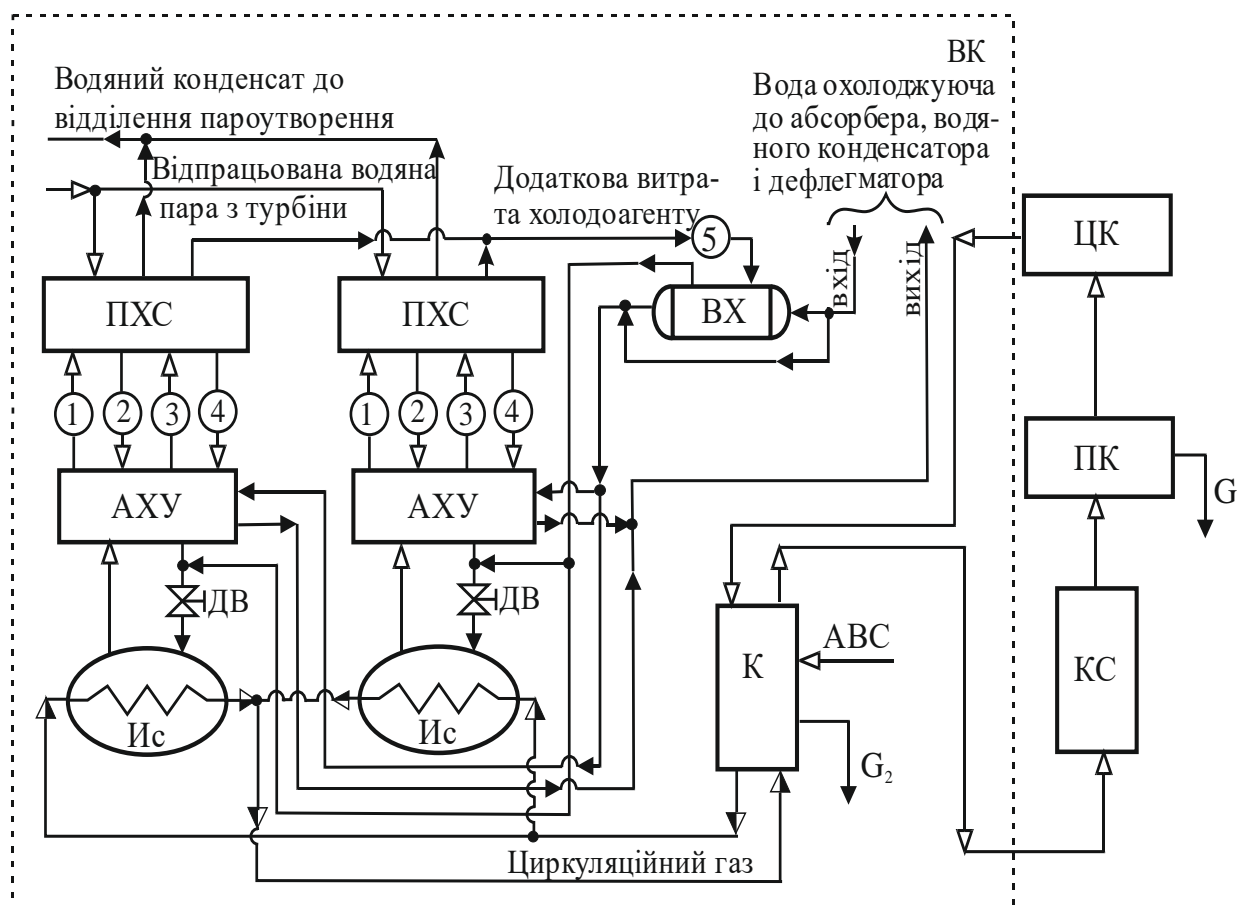


Рис. 2. Енергозберігаюча система процесу охолодження циркуляційного газу в блоці вторинної конденсації: ПК, ВК – блок первинної і вторинної конденсації; К – конденсаційна колона; ЦК – циркуляційний компресор; Ис – випарник; КС – колона синтезу аміаку; АХУ – абсорбційно-охолоджувальна установка; АТК – турбокомпресорна охолоджувальна установка; АВС – азотоводнева суміш; G₁, G₂ – продукційний аміак

Теплові двигуни

Таблиця

Основні техніко-економічні показники ефективності роботи існуючої та розробленої систем охолодження блока вторинної конденсації

Показник	Варіант системи охолодження	
	існуючий	розроблений
Холодопродуктивність Φ , МВт:		
загальна	10,58	10,74
АТК	4,02	—
двох АХУ	6,56	8,12
ПХС	—	2,62
Споживання електроенергії, кВт·год:		
загальне	6492	3214
АТК	4800	—
АХУ	1692	1054
ПХС	—	2160
Кратність циркуляції розчинів f	7,6	6,34
Тиск, МПа:		
у генераторі-ректифікаторі	1,58	1,4
у конденсаторі	1,58	1,6
в абсорбері	0,29	0,375
у випарнику	0,29	0,29
Зона дегазації розчинів $(\xi_r - \xi_a)$, кг/кг	0,092	0,1088
Концентрація рідкого холодоагенту до випарника, кг/кг	0,994	0,998
Температура, °С:		
кипіння слабкого розчину в генераторі-ректифікаторі	122	115
охолодження циркуляційного газу у випарнику	0	-0,5
Витрата охолоджуючої оборотної води, т/год	960	840

Як випливає з таблиці, застосування ПХС забезпечило отримання додаткового рідкого холодоагенту у кількості 9 т/год (4,5 т/год на кожну АХУ) і стабілізацію тисків у циклі АХУ, що дало змогу зменшити кратність циркуляції до 6,34, збільшити концентрацію рідкого холодоагенту до випарника до 0,998 кг/кг, а також підвищити холодопродуктивність у випарниках кожної АХУ до 5,37 МВт в умовах максимального теплового навантаження на випарники блока вторинної конденсації. За таких обставин виключення АТК зі схеми агрегату синтезу аміаку дає змогу знизити споживання електроенергії понад 3000 кВт·год.

Висновки. Запропоновано підвищення загальної холодопродуктивності АХУ і системи

охолодження в цілому здійснити за допомогою пароежекторної системи ПХС, робота струменевих апаратів якої забезпечує встановлений розподіл тисків в АХУ. Показана можливість вироблення робочої аміачної пари для струменевих апаратів у парогенераторі ПХС за рахунок утилізації низькопотенціальної теплоти відпрацьованої пари турбіни компресора технологічного повітря, яке безповоротно втрачалось в агрегаті синтезу у конденсаторах повітряного охолодження. Виконано матеріальний і тепловий розрахунок циклу ПХС з визначенням коефіцієнтів інжекції пароструменевих апаратів.

Списко використаних джерел

1. Виробництво аміаку: еволюція, стан, перспективи [Текст] / М.А. Глікін, О.П. Мітронов, Г.В. Черепнова [та ін.] // Хімічна промисловість України. – 1998. – № 2. – С. 52-57.

2. Постоянный технологический регламент производства аммиака цеха 1–Б. № 114 [Текст]. – Северодонецк: ПО «Азот», 1985. – 722 с.
3. Тошинський, В.І. Алгоритм інформаційно-програмного забезпечення ефективності експлуатації абсорбційно-холодильних установок агрегатів синтезу аміаку [Текст] / В.І. Тошинський, Ю.А. Бабіченко // Хімічна промисловість України. – 2003. – № 6. – С. 38-45.
4. Тошинский, В.И. Математическое моделирование абсорбера водоаммиачной теплоиспользующей холодильной установки агрегата синтеза аммиака [Текст] / В.И. Тошинский, Ю.А. Бабиченко // Интегрированные технологии и энергосбережение. – 2004. – № 1. – С. 44-49.
5. Бабіченко, Ю.А. Математичне моделювання випаровувачів тепловикористовуючих холодильних систем агрегатів синтезу аміаку [Текст] // Вестник Национального технического университета. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2002. – № 6, т.2. – С. 103-108.
6. Соколов, Е.Я. Струйные аппараты [Текст] / Е.Я. Соколов, Н.М. Зингер. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 350 с.
7. Установка для виробництва аміаку [Текст]. Пат. 65356А Україна: МПК7 F25B15/04, F25B49/00, C01C1/04 / Бабіченко Ю.А., Тошинський В.І. – № 2003076698; заявл. 16.07.2003; опубл. 15.03.2004, Бюл. № 3.

Рецензент д-р техн. наук, професор А.П.Фалендиш

Бабіченко Юлія Анатоліївна, канд. техн. наук, доцент кафедри теплотехніки та теплових двигунів Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057) 730-10-77.

Babichenko Yulia Anatolyevna, candidate of technical sciences, associate professor oa heating engineers and heat engines of the Ukrainian state academy of railway transport. Тел. (057) 730-10-77.

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, КОНСТРУКЦІЇ ТА СПОРУДИ

УДК 666.941

ДОЛОМИТОВЫЙ ЦЕМЕНТ, ЗАТВОРЯЕМЫЙ ВОДОЙ

Доктора техн. наук А.А. Плугин, В.И. Винниченко,
кандидаты техн. наук О.С. Борзяк, А.Н. Рязанов

ДОЛОМИТОВИЙ ЦЕМЕНТ, ЩО ЗАМІШУЄТЬСЯ ВОДОЮ

Доктори техн. наук А.А. Плугін, В.І. Вінниченко,
кандидати техн. наук О.С. Борзяк, О.М. Рязанов

DOLOMITE CEMENT THAT IS MIXED WITH WATER

Doctors of techn. sciences A.A. Plugin, V.I. Vinnichenko,
candidates of techn. sciences O.S. Borziak, A.N. Ryazanov

Предложено использование отсева доломита и отходов обогащения угля для получения доломитового цемента. Выполнены физико-химические исследования и физико-механические испытания образцов цемента. Показано, что в отличие от существующих доломитовых вяжущих, предложенный цемент обладает способностью набирать прочность при затворении водой.

Ключевые слова: доломитовый цемент, отходы углеобогащения, продукты гидратации, прочность, рентгенограммы, ИК-спектры.

Запропоновано використання відсіву доломіту та відходів збагачення вугілля для одержання доломитового цементу. Виконано фізико-хімічні дослідження та фізико-механічні випробування зразків цементу. Показано, що на відміну від існуючих доломитових в'язучих, цемент, що пропонується, має здатність набирати міцність при замішуванні водою.

Ключові слова: доломитовий цемент, відходи вуглезбагачення, продукти гідратації, міцність, рентгенограми, ІЧ-спектри.

Proposed use dropout dolomite and coal tailings for dolomite cement. The studies obtained by hardening when mixed with water dolomite cement. Submitted physico-chemical studies and physico-mechanical tests on samples of cement. In the hydrated cement hydration products installed: hydroxides of calcium and magnesium, calcium, highly basic calcium hydrosilicates and unhydrated cement raw minerals - magnesium oxide, quartz. Hardening and strength of the resulting cement explained by the formation of dolomite in the structure of cement stone a certain amount of electrical heterogeneous contacts between crystals of calcium hydroxide and calcite having a positive surface charge of the particles and hydrated silicates of calcium and silica have a negative surface charge. Designed dolomite cement can be recommended as a local energy-saving low-strength binder, the scope of which should be verified by the study of its resistance to water and frost.

Keywords: dolomite cement, waste coal, strength, roentgenograms, IR-spectra, hydration products.

Введение. Магнезиальные вяжущие вещества, получаемые из магнезита и доломита, имеют ряд преимуществ. Это быстрое схватывание и набор прочности, высокие прочность и защитные свойства от

электромагнитных полей и высокочастотных излучений.

В Украине имеются значительные запасы доломитового сырья, включая техногенный отход – отсев доломита в отвалах горно-

обогащительных комбинатов, предприятий огнеупорного и металлургического производств. Количество отходов исчисляется миллионами тонн и продолжает увеличиваться, приводя к ухудшению экологической обстановки [1].

Технология производства вяжущих из отходов доломита по сравнению с портландцементом имеет преимущества: применение однокомпонентного дисперсного сырья, не требующего введения корректирующих добавок, их дозирования и смешивания, а также энергоемкого дробления с помощью дорогостоящего оборудования; меньшая температура обжига, обуславливающая меньший расход топлива на обжиг и использование менее дорогостоящих огнеупоров для футеровки печей; меньший выброс в атмосферу парниковых газов; высвобождение земельных площадей от отвалов. Себестоимость производства доломитового цемента не менее чем в два раза ниже, чем портландцемента.

Основными недостатками магнезиальных вяжущих являются невысокая водостойкость и необходимость затворения не водой, а растворами дорогостоящих солей, поскольку при взаимодействии каустического магнезита MgO с водой его вяжущие свойства не проявляются и твердение практически не происходит. Поэтому разработка способов повышения водостойкости магнезиальных вяжущих и обеспечения их твердения при затворении водой представляет собой актуальную научную проблему.

Анализ литературных данных. До настоящего времени дискуссия о механизме твердения цемента (топохимическом или сквозьрастворном), начатая в конце XIX и обострившаяся в начале XX ст., не завершена [2]. В соответствии с теорией Ле Шателье (кристаллизационной, 1887) гидратация цемента происходит через раствор. Вследствие более высокой растворимости клинкерных минералов по сравнению с образующимися кристаллогидратами последние, образуя пересыщенные растворы, выделяются из цементно-водной суспензии и образуют кристаллический сросток. Основное положение теории Ле Шателье о том, что гидратация цемента происходит через раствор, является исходным в современных представлениях на процессы твердения минеральных вяжущих. По

теории В. Михаэлиса (коллоидной, 1893) вода непосредственно взаимодействует с поверхностью клинкерных минералов и их гидратация происходит без растворения (топохимический механизм). Михаэлис не отрицал возникновения в процессе твердения цемента кристаллических новообразований, но не придавал им решающего значения. Эти теории попытался объединить А.А. Байков (объединенная коллоидно-химическая теория, 1923) [3]. Он выделил три периода: период растворения (до начала схватывания); коллоидацию (стадия гидратации) и период кристаллизации с образованием кристаллического сростка. Главное положение теории Байкова, актуальное для развития современных теоретических представлений, состоит в возможности значительной части вяжущего гидратироваться по топохимической схеме. П.А. Ребиндер разделил процесс твердения на три стадии: растворение в воде неустойчивых клинкерных фаз и выделение кристаллов; образование коагуляционной структуры; рост и срастание кристаллов [4].

В настоящее время А.Н. Плугиным и А.А. Плугиным с коллективом авторов развиты представления об электроповерхностных свойствах цементно-водных систем, о роли активных центров и двойного электрического слоя во взаимодействиях структурообразующих элементов [2]. Значительным вкладом в развитие науки является разработанная электрогетерогенная теория твердения цемента, согласно которой твердение вяжущих протекает в три этапа: поверхностная гидратация с переходом вяжущего из неравновесного состояния в равновесное через раствор; гидратация с образованием и ростом новых устойчивых фаз кристаллогидратов и геля; возникновение электрогетерогенно-кристаллизационной структуры цементного камня [5]. Впервые представлены физико-химические модели всех стадий твердения цемента.

В [6] неспособность магнезиального вяжущего твердеть при затворении водой объясняется тем, что образующаяся пленка $Mg(OH)_2$ препятствует осмосу воды вглубь зерен MgO . Процесс резко ускоряется, если в воде растворена соль-электролит [7]. Для того, чтобы каустический магнезит образовал искусственный камень, его необходимо затворить раствором $FeSO_4$, $MgSO_4$, H_2SO_4 ,

$NaHSO_4$, $FeCl_2$, $ZnCl_2$ или $MgCl_2 \times 6H_2O$, последний из которых обычно применяют на практике [7–9]. Еще М. Сорель [7], а затем и другие исследователи [8, 9] установили, что при твердении магнезиального вяжущего, затворенного водным раствором хлорида магния разной концентрации, формируется искусственный камень с разными свойствами, зависящими от образующих его гидратов – гидроксида магния, пентаоксигидрохлорида и триоксигидрохлорида магния. Хлорид магния реагирует с MgO , образуя оксигидрохлориды типа $nMgO \times MgCl_2 \times mH_2O$. По разным данным n колеблется от 3 до 7, а m – от 6 до 17 [8, 10–12]. При затворении MgO высококонцентрированными растворами $MgCl_2$, как правило, структура магнезиального камня формируется в основном 5- и 3-оксигидрохлоридами, т. к. образование и существование $Mg(OH)_2$ в этих условиях становится энергетически невыгодным. Состав конечных продуктов в магнезиальном цементе определяется соотношением исходных компонентов, т. к. при недостаточном содержании раствора в условиях высокой плотности структуры и при значительном изменении концентрации $MgCl_2$ в результате кристаллизации новообразований фазовые переходы метастабильных соединений в стабильные могут быть приостановлены на одной из стадий. В этом случае конечными продуктами могут быть только $3MgO \times MgCl_2 \times 11H_2O$ или $5MgO \times MgCl_2 \times 13H_2O$, а также их смеси или смеси с $Mg(OH)_2$ или $MgCl_2$.

Большинство современных работ, посвященных магнезиальному вяжущему из доломита и материалам на его основе, направлено на решение проблем, связанных с улучшением качества вяжущего и материалов

из него, затворенных растворами солей [9, 13–19]. Однако накопившиеся данные позволили выдвинуть гипотезу и сформулировать задачи исследований, направленные на получение водостойкого вяжущего, твердеющего при затворении водой.

Гипотеза исследований. При затворении доломитового вяжущего водой увеличение растворимости образующейся на поверхности MgO пленки $Mg(OH)_2$ и вовлечение MgO в процесс гидратации может быть достигнуто за счет введения в вяжущее силикатной (алюмосиликатной) составляющей, выполняющей роль солевого затворителя и обеспечивающей образование гидросиликатов кальция и магния. Для достижения высокой прочности и водостойкости гидросиликаты кальция и магния должны образовывать электрогетерогенные контакты с характерными продуктами гидратации магнезиального вяжущего. Алюмосиликатная составляющая может быть введена путем совместного обжига отсева доломита и отходов углеобогащения.

Задачи исследований. Выбор исходных материалов и подбор оптимального соотношения отсева доломита и отходов углеобогащения, режима их обжига; подбор режима твердения и определение физико-механических характеристик доломитового цемента; определение продуктов гидратации доломитового цемента физико-химическими методами.

Материалы и методы исследований. В качестве сырьевых материалов выбрали отсев доломита (ОД) Докучаевского флюсодоломитного комбината и отходы обогащения углей (ОУ) обогатительной фабрики Белореченская Донецкого бассейна (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав сырьевых материалов

Материал	Содержание оксидов, % по массе								
	CaO	MgO	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	SO_3	K_2O	Na_2O	ППП
ОД	28,89	19,02	6,37	0,85	1,21	–	–	–	42,81
ОУ	3,8	1,3	55,3	10,9	20,6	2,8	2,6	1,0	–
обоженная смесь ОД:ОУ= 1:1	18,81	13,39	34,82	5,61	14,36	8,61	1,2		–

Для выбора оптимального соотношения материалов готовили смеси состава ОД:ОУ – 1:1; 1:2; 1:3. Режим обжига выбрали в результате поисковых экспериментов. Обжиг осуществляли в муфельной печи при температуре 1000 °С с изотермической выдержкой 1 ч. После обжига материал остывал в печи до температуры 150–180 °С в течение 6–8 ч. Затем материал подвергали помолу в шаровой мельнице до удельной поверхности 3200–3300 см²/г.

Физико-механические характеристики доломитового цемента определяли на образцах-балочках размером 160×40×40 мм и образцах-кубах с размером ребра 31,6 мм, изготовленных из цементно-песчаного раствора состава 1:3 на вольском песке. Водоцементное отношение принимали из условия обеспечения консистенции раствора, соответствующей распылу конуса на встряхивающем столике 109–110 мм.

В результате поисковых экспериментов выбрали режим тепловлажностной обработки (пропарки) – (2–3)+2+8+2 ч с предварительной выдержкой на воздухе и температурой изотермической выдержки 95 °С.

Физико-химические исследования выполнили в составе рентгенофазового анализа и анализа инфракрасных спектров поглощения цементного камня без заполнителя. Подготовку образцов проводили следующим образом: образец высушивали до постоянной массы при температуре 70±3 °С, растирали в агатовой ступке до полного прохождения через сито с размером ячейки 0,08 мм. Рентгенограммы получали с помощью компьютеризованного рентгеновского дифрактометра ДРОН-3 и программного комплекса DifWin.

Использовалось излучение FeK_α с применением графитового монохроматора, обеспечивающего низкий фон кривой при малых значениях углов отражения. Интервал углов 2θ составлял 7–90°, напряжение – 30 кВ, сила тока – 20 мА. Образец и счетчик рентгеновских импульсов вращались автоматически в горизонтальной плоскости вокруг общей вертикальной оси гониометра с соотношением скоростей V_{сч} = 2V_{обр}. При этом счетчик измерял интенсивность дифракционной картины последовательно под разными углами отражения. Инфракрасные спектры получали с помощью ИК-Фурье-спектрометра Bruker Alpha и программного обеспечения Opus в инфракрасной области длин волн 375–4000 см⁻¹. Образцы готовили из смеси порошка исследуемого материала с KBr прессованием под давлением 8÷8,5 МПа.

Результаты исследований. Результаты исследований физических и физико-механических свойств доломитового цемента различного состава приведены в табл. 2 и на рис. 1. В результате исследований установлено, что максимальную прочность цемента обеспечивает его состав ОД:ОУ = 1:3 – 4 МПа через 28 суток нормально-влажностного твердения и 21 МПа после тепловлажностной обработки. При этом из рис. 2 видно, что оптимальное по прочности содержание отхода углеобогащения осталось в неисследованной области 75–100 % (максимальная прочность при 100 % ОУ маловероятна). Установлено также, что тепловлажностная обработка обеспечивает повышение прочности образцов по сравнению с нормальным твердением в течение 28 суток в 2–6 раз.

Таблица 2

Физические и физико-механические свойства доломитового цемента

ОД:ОУ	Состав		Истинная плотность, кг/м ³	Нормальная густота теста, %	Сроки схватывания, ч:мин		Расхождение колец Ле Шателье после ТВО, мм	В/Ц	Прочность, МПа	
	% по массе				начало	конец			R _{изг}	R _{сж}
	ОД	ОУ								
1:1	50	50	2520	38	0:38	3:40	3,5	0,40	6,82	14,0
1:2	33,3	66,7	2480	33	0:40	3:35	2,7	0,45	6,91	16,0
1:3	25	75	2390	30	0:46	3:47	2,0	0,40	9,13	21,0

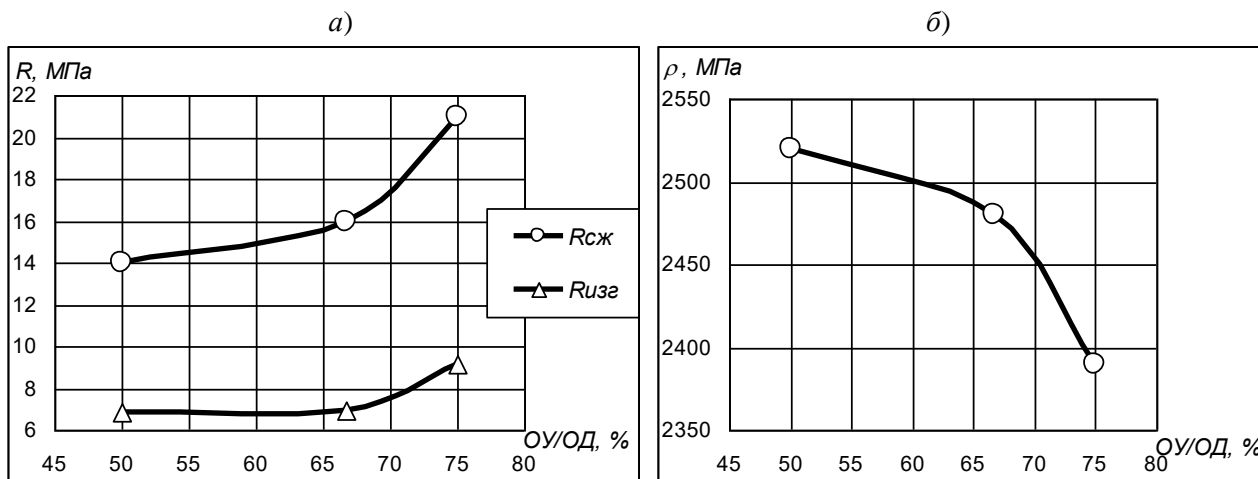


Рис. 1. Зависимость прочности при сжатии $R_{сж}$ и изгибе $R_{изг}$ (а) и истинной плотности ρ (б) образцов цементно-песчаного раствора 1:3 из доломитового цемента от содержания в цементе отхода углеобогащения ОУ/ОД

Результаты физико-химических исследований представлены в табл. 3-4 и на рис. 2-4. Для облегчения идентификации соединений в обожженном цементе выполнили рентгенофазовый анализ отдельно взятых обожженных при температуре 1000 °С доломита, известняка и отхода углеобогащения

(табл. 3). Рентгенограммы прокаленных доломита и известняка практически идентичны рентгенограммам CaO за исключением отмеченных для доломита дифракционных максимумов 2,431; 2,106 и 1,487 Å, характерных для MgO .

Таблица 3

Дифракционные максимумы обожженных при 1000 °С отсева доломита ОД, известняка И и отходов углеобогащения ОУ, Å

ОД	4,94	3,49	2,776	–	2,620	2,431	2,404	2,188	2,106	1,699	1,487	1,449	1,378
И	4,94	3,49	2,773	2,740	2,615	–	2,402	2,189	–	1,699	–	1,449	1,378
ОУ	8,64; 5,39; 4,25; 4,095; 4,054	3,675; 3,42; 3,388; 3,34	2,915; 2,889; 2,693; 2,547; 2,511					2,20	1,839; 1,691; 1,526			–	–

Рентгенограмма обожженного отхода углеобогащения свидетельствует о том, что он является полиминеральной смесью, схожа с рентгенограммами обожженных глин и содержит дифракционные максимумы, характерные для кварца (4,25; 3,68; 3,34 Å и др.), муллита (5,39; 3,42; 3,388; 2,889; 2,693; 2,547; 2,20 Å), гематита (2,693; 2,511; 2,20; 1,839; 1,691 Å).

Рентгенограммы доломитового цемента с разным соотношением ОД:ОУ представлены на рис. 3. Рентгенограммы схожи, интенсивность

максимумов изменяется в зависимости от количественного соотношения компонентов. В табл. 4 приведены интенсивности наиболее характерных дифракционных максимумов. Во всех рентгенограммах присутствуют дифракционные максимумы свободных CaO и MgO , SiO_2 , муллита. Дифракционный максимум 2,78 Å, кроме CaO , может свидетельствовать о наличии некоторого количества белита, что подтверждается наличием на рентгенограммах очень слабых дифракционных максимумов 2,18; 2,61 и 2,74 Å.

Интенсивности наиболее характерных дифракционных максимумов доломитовых цементов, известково-алюмосиликатных вяжущих и их компонентов

Соотношение компонентов, температура обжига, °С	Интенсивность, имп./с, дифракционных максимумов с межплоскостными расстояниями, Å, минералов											
	CaO				MgO		SiO ₂			муллит		
	2,776	2,402	1,691	1,449	2,106	1,487	4,25	3,68	3,34	3,42	3,388	2,693
ОД:ОУ=1:1; 900	45	161	69	40	223	130	84	23	402	–	–	31
ОД:ОУ=1:1; 1000	86	200	83	28	279	141	43	34	238	–	80	36
ОД:ОУ=1:2; 900	78	177	85	28	180	101	89	17	431	–	–	39
ОД:ОУ=1:2; 1000	42	122	63	40	248	124	27	–	155	59	82	49
ОД:ОУ=1:3; 1000	35	88	53	23	166	98	44	29	180	61	91	69
ОД=100 %; 1000	265	669	347	107	699	366	–	–	–	–	–	–
И:ОУ=1:1; 1000	89	264	146	39	–	21	–	–	118	40	49	30
И:ОУ=1:2; 1000	24	103	56	19	–	13	–	17	227	–	–	40
И:ОУ=1:3; 1000	42	96	55	40	–	–	61	–	241	54	82	45
И=100 %; 1000	307	777	379	113	21	12	–	–	–	18	19	21
ОУ=100 %; 1000	–	–	48	32	–	27	71	56	255	102	109	136

Рентгенограммы гидратированного доломитового цемента (рис. 2) схожи, на них присутствуют дифракционные максимумы, характерные для продуктов гидратации: гидроксида кальция (4,93; 2,63; 1,93; 1,79 Å), гидроксида магния (4,79 и 2,38 Å), кальцита (3,03; 2,27; 2,01; 1,91; 1,87 Å), высокоосновных гидросиликатов кальция (3,03; 2,8; 1,82 Å), а также исходных минералов негидратированного цемента – оксида магния (2,431 Å, 2,106 Å, 1,487 Å), кварца (4,25; 3,68; 3,34 Å и др.).

Рентгенограммы и ИК-спектры гидратированного доломитового цемента представлены на рис. 3 и 4, соответственно.

На ИК-спектрах (рис. 4) отмечаются полосы поглощения продуктов гидратации: $Ca(OH)_2$ (3640 cm^{-1}), кальцита (880 cm^{-1} узкая; 1410–1450 cm^{-1} широкая; 570–580 cm^{-1}), а также характерные для высокоосновных и среднеосновных гидросиликатов кальция в области 1000–1010 cm^{-1} . Остальные полосы относятся к кварцу.

Поскольку из продуктов гидратации и негидратированной части цемента гидроксид кальция и кальцит обладают положительным поверхностным зарядом, а гидросиликаты кальция и кварц – отрицательным, они могут образовывать электрогетерогенные контакты, обуславливающие твердение доломитового цемента и прочность цементного камня.

Однако для подтверждения этого предположения и достижения еще большей прочности доломитового цемента необходимо провести более детальные исследования электроповерхностных свойств его составляющих.

Выводы и рекомендации

1. В результате проведенных исследований получен твердеющий при затворении водой доломитовый цемент, изготавливаемый совместным обжигом при температуре 1000 °С отсева доломита и отходов обогащения углей (алюмосиликатных соединений) с последующим помолом до удельной поверхности 3200–3300 cm^2/g . В продуктах обжига обнаружены свободные CaO и MgO , муллит, кварц, некоторое количество белита.

2. При затворении полученного доломитового цемента (цементно-песчаного раствора 1:3) водой при В/Ц = 0,4–0,45 он твердеет и приобретает прочность на сжатие после тепловлажностной обработки при 95°C – 21 МПа, после 28 суток естественного твердения – 4 МПа. В гидратированном цементе установлены продукты гидратации: гидроксиды кальция и магния, кальцит, высокоосновные гидросиликаты кальция, а также исходные минералы негидратированного цемента – оксид магния, кварц.

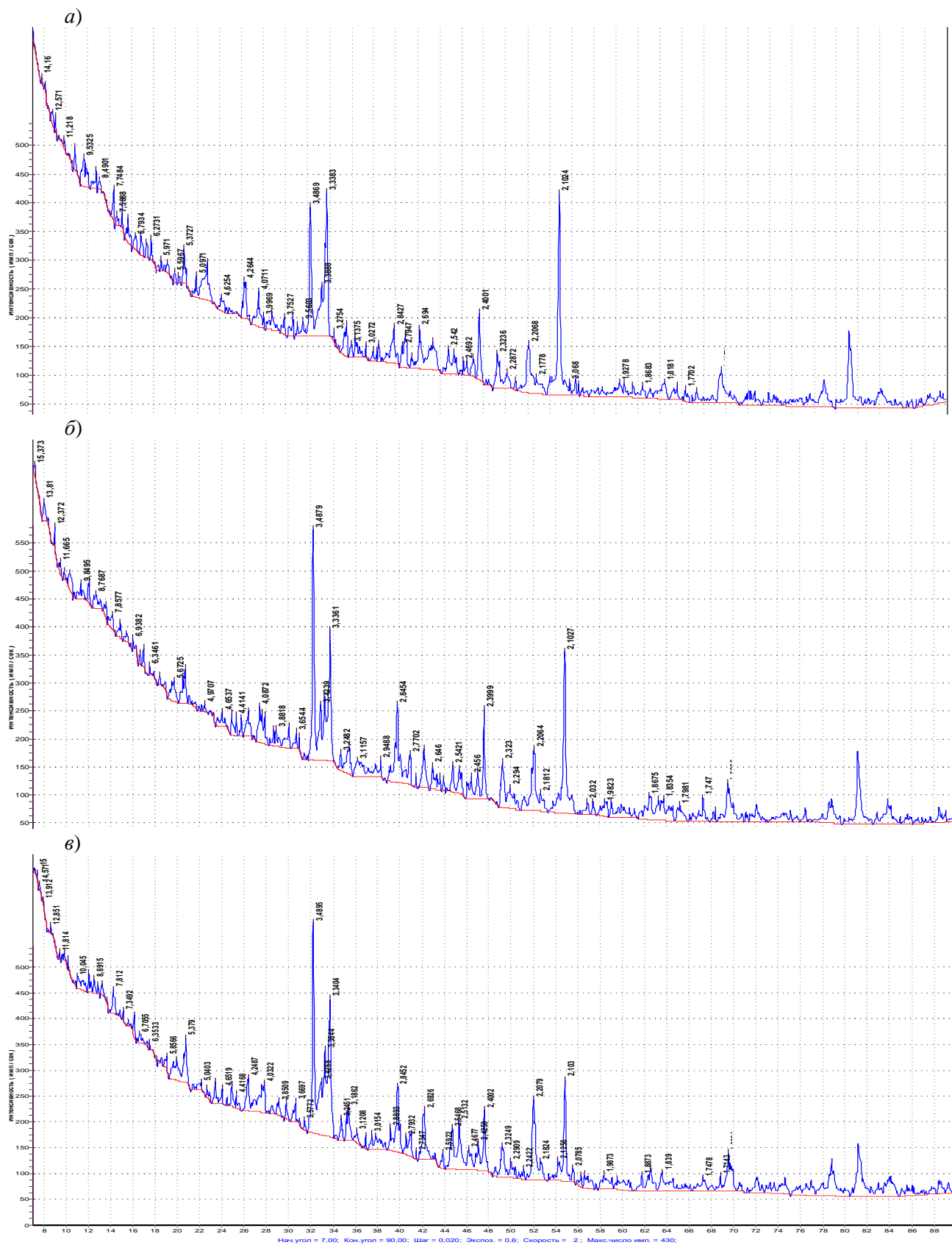


Рис. 2. Рентгенограммы доломитового цемента с соотношением ОД:ОУ:
а – 1:1; б – 1:2; в – 1:3

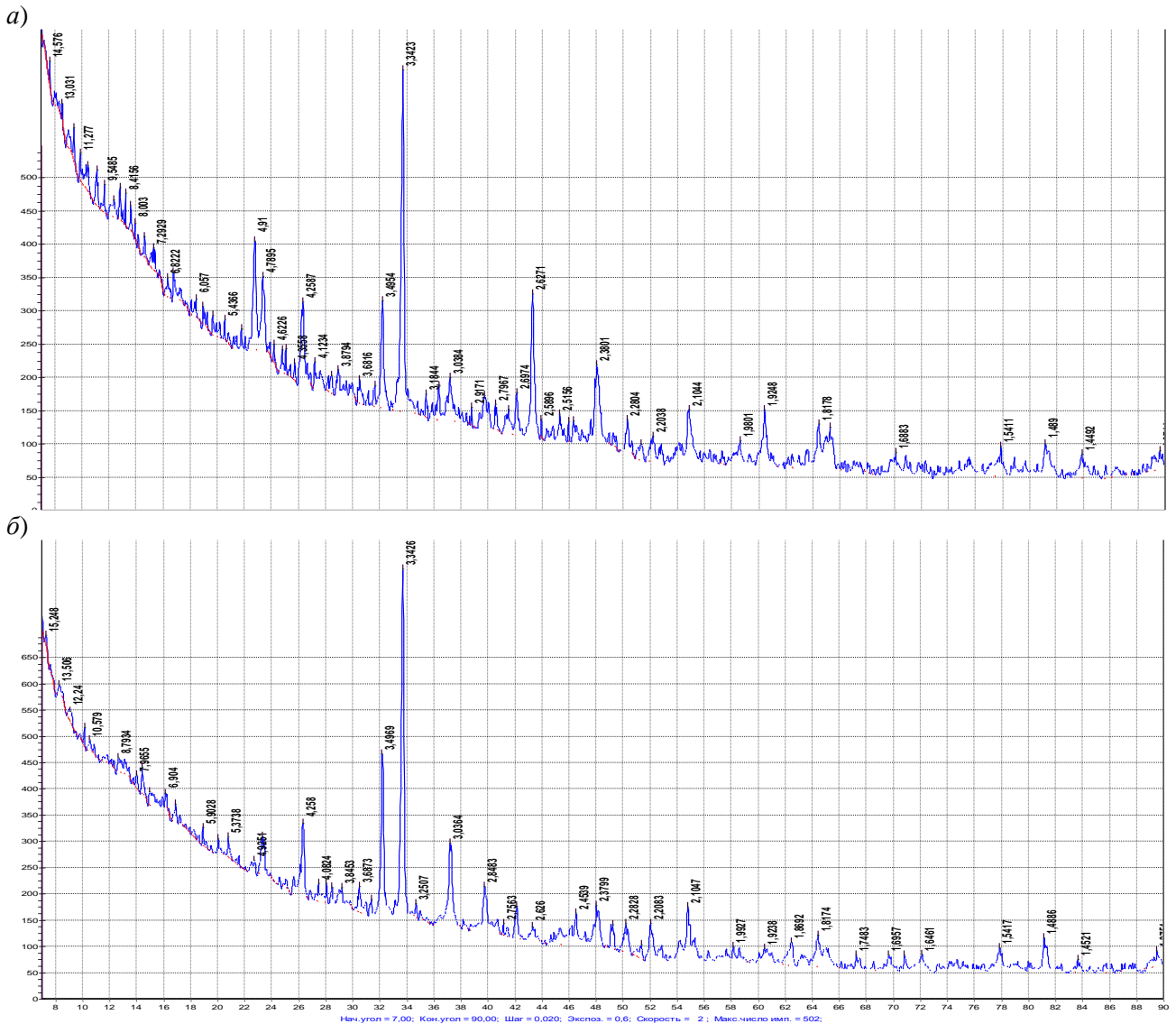


Рис. 3. Рентгенограммы гидратированного доломитового цемента с соотношением ОД:ОУ: а – 1:1; б – 1:2

3. Твердение и прочность полученного доломитового цемента объяснены образованием в структуре цементного камня некоторого количества электрогетерогенных контактов между кристаллами гидроксида кальция и кальцита, обладающих положительным поверхностным зарядом и частицами гидросиликатов кальция и кварца, обладающих отрицательным поверхностным зарядом. Для подтверждения этого объяснения и достижения еще большей прочности

доломитового цемента необходимо провести более детальные исследования электроповерхностных свойств его составляющих.

4. Разработанный доломитовый цемент может быть рекомендован как местное низкомарочное энергосберегающее вяжущее, область применения которого должна быть уточнена в результате исследования его водостойкости и морозостойкости.

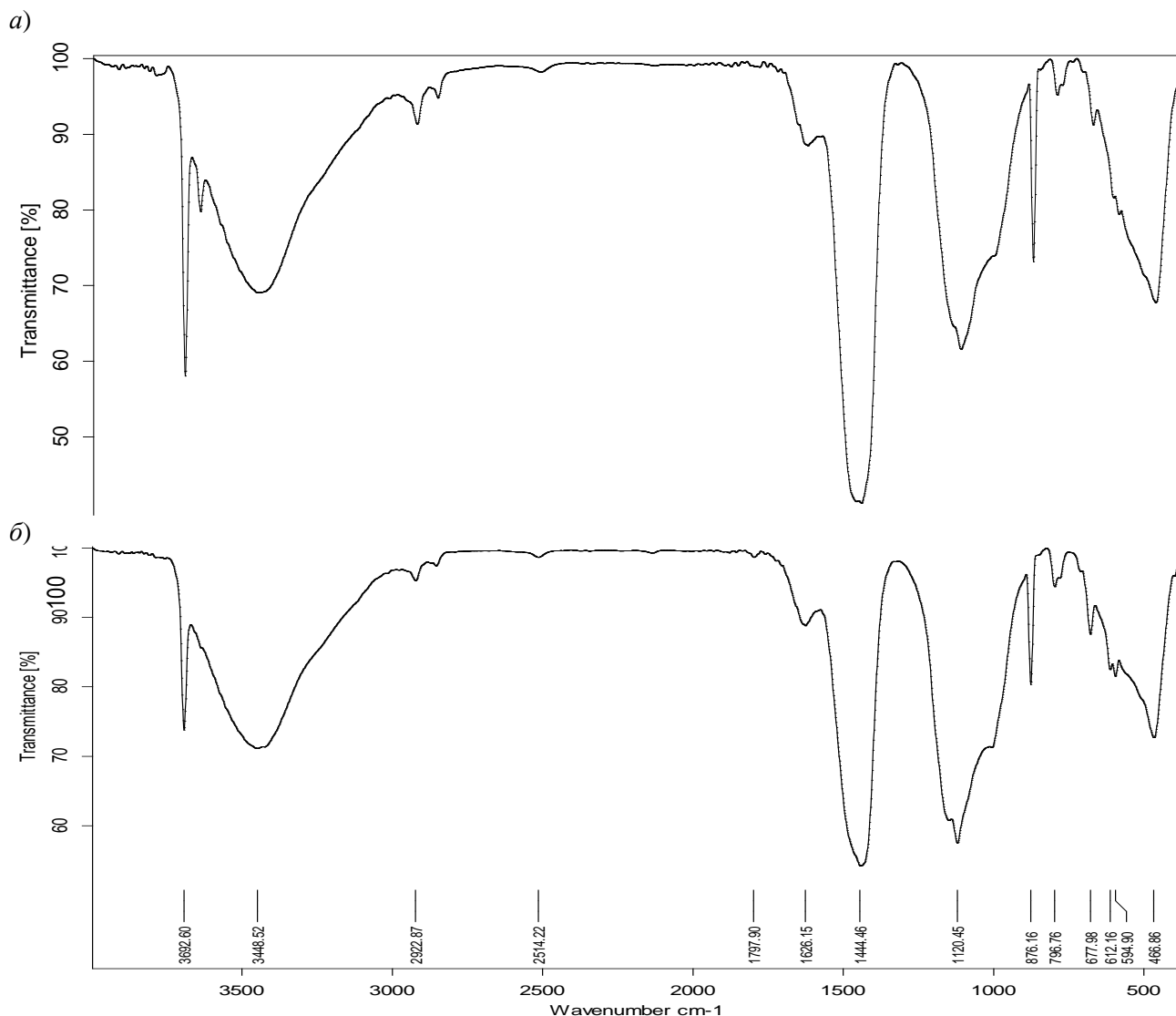


Рис. 4. ІК-спектри гідратованого доломитового цементу з соотношением ОД:ОУ: а – 1:1; б – 1:2

Список использованных источников

1. Єрмакова, Є.В. Оцінка стану навколишнього природного середовища в районі розміщення Докучаєвського флюсо-доломітного комбінату й можливі шляхи його поліпшення [Текст] / Є.В. Єрмакова // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонНТУ. – 2000. – С. 1-11.
2. Плугін, А.А. Колоїдна хімія та фізико-хімічна механіка як основа виробництва ресурсозберігаючих мінеральних в'язучих речовин та високоефективних композиційних матеріалів на їх основі [Текст] / А.А. Плугін, А.М. Плугін, О.С. Кагановський, О.В. Градобоев // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 138. – С. 7-19.
3. Байков, А.А. Портландцемент и теория твердения гидравлических цементов [Текст] / А.А. Байков // Технично-економический вестник. – М.; Петроград, 1923. – Т. 3. – № 4. – С. 206-215.
4. Ребиндер, П.А. Физико-химическая механика [Текст] / П.А. Ребиндер. – М.: Знание, 1958. – С. 321-322.
5. Плугин, А.Н. Основы теории твердения, прочности, разрушения и долговечности портландцемента, бетона и конструкций из них [Текст]: монография в 3-х т. – Т.3. Теория прочности,

разрушения и долговечности бетона, железобетона и конструкций из них / А.Н. Плугин, А.А. Плугин, О.А. Калинин и др. – К.: Наукова думка, 2012. – 288 с.

6. Пашенко, О.О. В'язучі матеріали [Текст] / О.О. Пашенко, В.П. Сербін, О.О. Старчевська. – К.: Вища школа, 1995. – 440 с.

7. Sorel S. Improved composition to be used as a Cement and as a Plastic Material for Molding Various Articles [Text] // United States Patent Office. – Patent 53/092, 06.03.1866. – Of Paris, France.

8. Выродов, И.П. К вопросу о твердении магнезиальных цементов [Текст] / И.П. Выродов, А.Г. Бергман // ЖПХ. – 1959. – Т.32. – № 4. – С.716–723.

9. Шабанова, Г.М. Високоєфективні магнезіальні в'язучі матеріали на основі вітчизняної сировини [Текст] // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип.138. – С. 148–154.

10. Смирнов, Б.И. Исследование химического взаимодействия окиси магния с растворами хлористого магния различных концентраций [Текст] / Б.И. Смирнов, Е.С. Смирнова, Е.Е. Сегалова // ЖПХ. – 1967. – № 3. – С. 505–514.

11. Вайвад, А.Я. Магнезиальные вяжущие вещества [Текст] / А.Я. Вайвад. – Рига: Наука, 1971. – 315 с.

12. Зырянова, В.Н. Физико-химические процессы при гидратационном твердении композиционных магнезиальных вяжущих веществ [Текст] / В.Н. Зырянова, Г.И. Бердов, В.И. Верещагин // Современные проблемы производства и использования композиционных строительных материалов: материалы Всерос. конф. – Новосибирск, 2009. – С. 50–52.

13. Козлова, В.К. Особенности механизма гидратации и твердения каустического доломита [Текст] / В.К. Козлова, А.М. Душевина, А.Т. Пименов // Современные проблемы строительного материаловедения: 7-е академ. чтения РААСН. – Белгород, 2001. – С. 223–227.

14. Ведь, Е.И. Получение водостойкого магнезиального цемента [Текст] / Е.И. Ведь, Б.Ф. Блудов, Е.Ф. Жаров, Н.И. Пивень // тр. БТИСМ. Химия и химическая технология, 1972. – Вып. 2. – С. 38–41.

15. Бирюлева, Д.К. О механизме твердения доломитового цемента [Текст] / Д.К. Бирюлева, Н.С. Шелихов, Р.З. Рахимов // Актуальные проблемы строительного материаловедения: тез. докл. 3-х академ. чтений. – Саранск, 1997. – С. 119.

16. Крамар, Л.Я. Особенности твердения магнезиального вяжущего [Текст] / Л.Я. Крамар, Т.Н. Черных, Б.Я. Трофимов // Цемент и его применение. – 2006. – № 9. – С. 58–61.

17. Винниченко, В.И. Получение цемента из отходов доломита [Текст] / В.И. Винниченко, А.Н. Рязанов // Экология и промышленность. – 2013. – № 2. – С. 111–113.

18. Борисов, И.Н. Энергоэффективные строительные материалы на основе доломита и угольных отходов [Текст] / И.Н. Борисов, В.И. Винниченко, А.Н. Рязанов / Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвуз. сб. ст. БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород, 2013. – Вып. XX. – С. 114–117.

19. Рязанов, А.Н. Теоретическое обоснование комплексного использования доломита и угольных отходов для получения строительных материалов [Текст] / А.Н. Рязанов, В.И. Винниченко, А.А. Плугин // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 138. – С. 77–85.

Плугін Андрій Аркадійович, д-р техн. наук, професор, зав. кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд Української державної академії залізничного транспорту; тел. (057) 730 10 63; тел./факс (057) 771 46 91; E-mail: info@kart.edu.ua; plugin_aa@kart.edu.ua

Винниченко Варвара Іванівна, д-р техн. наук, професор кафедри механізації будівельних процесів Харківського національного університету будівництва і архітектури; тел. (050)167 97 05; E-mail: office@kstuca.kharkov.ua; vvinnichenko@ukr.net

Борзяк Ольга Сергіївна, канд. техн. наук, доцент кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд Української державної академії залізничного транспорту; тел. (057) 730 10 63; E-mail: info@kart.edu.ua; borzjaka@mail.ru

Рязанов Олександр Миколайович, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедри архітектури будівель і споруд Луганського національного аграрного університету; тел. (064 2) 59 97 62; E-mail: rector@lnau.lg.ua; ryazanov@lnau.lg.ua

Plugin Andrii A., doct. of techn. sciences, professor, head of building materials, constructions and buildings department of Ukrainian State Academy of Railway Transport; тел. (38 057) 730 10 63; тел./факс (38 057) 771 46 91; E-mail: info@kart.edu.ua; plugin_aa@kart.edu.ua

Vinnichenko Varvara I., doct. of techn. science, professor of mechanization of constructions process department, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture; tel. (38 050) 167 97 05; E-mail: office@kstuca.kharkov.ua; vvinnichenko@ukr.net

Borziak Olga S., cand. of techn. sciences, docent of building materials, constructions and buildings department of Ukrainian State Academy of Railway Transport; тел. (38 057) 730 10 63; E-mail: info@kart.edu.ua; borzjaka@mail.ru

Ryazanov Oleksandr M., cand. of techn. sciences, docent, head of architecture of constructions and buildings department of Lugansk National Agriculture Univeresity; tel. (064 2) 59 97 62; E-mail: rector@lnau.lg.ua; ryazanov@lnau.lg.ua

УДК 666.913

ОБОСНОВАНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ЧАСТИЦ СЫРЬЕВОГО ГИПСА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ α -ФОРМЫ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХСТАДИЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Канд. техн. наук А.А. Баранова

ОБҐРУНТУВАННЯ ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ ЧАСТИНОК СИРОВИННОГО ГІПСУ ДЛЯ ОТРИМАННЯ α -ФОРМИ ГІПСОВОГО В'ЯЖУЧОГО З ВИКОРИСТАННЯМ ДВОСТАДІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Канд. техн. наук А.А. Баранова

SUBSTANTIATING THE FRACTIONAL MAKEUP OF RAW GYPSUM PARTICLES TO OBTAIN THE GYPSUM BINDER α -FORM USING A TWO-STAGE PROCESS

Cand. of techn. sciences A.A. Baranova

В статье представлена разработанная двухстадийная технология получения гипсового вяжущего α -формы. На первой стадии проводится обжиг мелкодисперсного сырья в турбулентном потоке газообразного теплоносителя. На второй стадии - осуществляется выравнивание температурного поля по всему объему частиц. Проведено обоснование гранулометрического состава частиц сырья для интенсификации процессов получения гипса α -формы. Разработана конструкция камеры томления для равномерного истечения материала на втором этапе термообработки.

Ключевые слова: гипс α -формы, камера томления, диспергирование, саморазрушающийся свод, идеальное вытеснение.

У статті подана розроблена двостадійна технологія отримання гіпсового в'язучого α -форми. На першій стадії проводиться випал дрібнодисперсної сировини в турбулентному потоці газоподібного теплоносія. На другій стадії - здійснюється вирівнювання температурного поля по всьому об'єму частинок. Проведено обґрунтування гранулометричного складу частинок сировини для інтенсифікації процесів одержання гіпсу α -форми. Розроблено конструкцію камери томління для рівномірного витікання матеріалу на другому етапі термообробки.

Ключові слова: гіпс α -форми, камера томління, диспергування, звід, що саморуйнується, ідеальне витіснення.

The paper describes the developed two-stage process for obtaining the α -form gypsum binder. To intensify gypsum heat treatment the fine raw material should be calcined under conditions preventing

formation of secondary calcium sulphate dihydrate. The first heat treatment stage involves fine material calcination in a turbulent flow of a gaseous heat carrier. To ensure a uniform chemical composition of calcined gypsum particles, the second heat treatment stage occurring in a heat-holding chamber involves equalising the temperature field over the entire particle volume. Raw material particles are dispersed to increase the rate of heterogeneous processes. The fractional makeup of raw material particles has been substantiated to intensify the processes of obtaining α -form gypsum. The dispersion process includes two basic stages. The first one involves breakdown of particles with an external force applied usually to their aggregate. The second stage involves aggregation of particles, both spontaneous and that caused by external compressing forces. Rosin-Rammler equations are used to calculate the specific area of material particles fed for calcination. The heat-holding chamber has been designed for even material outflow at the second heat treatment stage.

Keywords: *α -form gypsum, heat holding chamber, dispersion, self-destructing crown, ideal elusion.*

Введение. По обеспечению экономии энергетических ресурсов и требований по экологии гипсовые материалы и изделия на их основе находятся в более предпочтительном положении по сравнению с другими строительными материалами. Это обусловлено простотой и экологичностью их производства. Из всех видов гипсовых вяжущих материалов наибольший интерес вызывает высокопрочный гипс α -формы, так как он при достаточно высокой прочности относится к низкотемпературным и наименее энергозатратным видам вяжущих.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами. Гипс α -формы, как правило, получают в герметичных аппаратах, в которых возможно создать давление (автоклавы, самозапарочные аппараты, демпферы) [1, 2], или в аппаратах для дегидратации двуводрата сульфата кальция в жидких средах [3]. Недостатком таких технологий является высокая затрата энергии, превышающая в десятки раз теоретические расходы на дегидратацию гипса. Это обусловлено тем, что в таких варят куски сырья крупного размера (40 – 70 мм). Для экономии энергоресурсов необходимо обжигать мелкодисперсное сырье. Дальнейшее развитие технологии производства гипсовых вяжущих должно быть основано в первую очередь на интенсификации тепловых процессов и совершенствовании теплотехнического оборудования, работающего на новых научно обоснованных режимах обжига.

Анализ последних исследований и публикаций. Процессы дегидратации двуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ при его термической обработке до полуводного –

$\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ и безводного – CaSO_4 являются основой производства гипсовых вяжущих веществ и имеют большое практическое значение [4- 6]. Анализ современных технологий получения гипса показал, что повышение их эффективности должно базироваться не только на теоретических представлениях процессов дегидратации двуводного гипса, но и на процессах вторичной гидратации полуводного гипса и ангидрита, для чего необходимо создать термодинамические условия.

Определение цели и задачи исследования. Целью исследования является определение фракционного состава частиц сырьевого гипса для получения высокопрочного гипса α -формы путем реализации двухстадийной технологии обжига.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: провести анализ влияния дисперсности частиц гипсового сырья на интенсификацию процесса их обжига с использованием разработанной двухстадийной технологии, обосновать условия, при которых будет происходить равномерное перераспределение температуры в частицах на второй стадии тепловой обработки для получения высокопрочного гипса.

Основная часть исследования. Для интенсификации тепловой обработки гипса необходимо проводить обжиг мелкодисперсного сырья, создавая условия для предотвращения образования вторичного двуводного гипса. Поэтому на первой стадии тепловой обработки проводится обжиг мелкодисперсного материала в турбулентном потоке газообразного теплоносителя. При этом необходимо учитывать термодинамические условия дегидратации двуводного гипса (температуру обжига и давление) с целью

удаления воды в жидкокапельном состоянии. Скорость потока теплоносителя должна отвечать размерам частиц сырья. Для обеспечения однородности химического состава частиц обожженного гипса необходимо реализовать вторую стадию тепловой обработки, которая проводится в камере томления, для выравнивания температурного поля по всему объему частицы и перехода безводной формы сульфата кальция в полугидрат за счет перераспределения влаги из молекул двуводного гипса в безводные [7].

Интенсивность обжига двуводного гипса обусловлена в первую очередь размерами частиц, т.е. чем меньше диаметр частиц сырьевого материала, тем быстрее будет происходить процесс дегидратации [8, 9]. Максимальная скорость обжига будет достигаться в случае использования пылевидного материала, однако в этом случае появляется ряд проблем. Пылевидные частички гипса имеют большую поверхностную энергию, в результате чего будет наблюдаться их агрегация и образование комков неконтролируемого размера, что ведет к нарушению процесса обжига и зонированию химического состава в частице.

Диспергирование твердых тел осуществляется с целью повышения скорости гетерогенных процессов. В процессе диспергирования имеют место два основных этапа. Первый – разрушение частиц внешней силой, прилагаемой обычно к их совокупности. Второй – агрегация частиц, как самопроизвольная, так и вызванная внешними сжимающими усилиями. Изучение диспергирования связано с проблемой прочности твердого тела и проблемой агрегативной устойчивости, рассматриваемой физико-химией дисперсных систем и поверхностных явлений. Оба процесса – разрушение и агрегация – существенным образом зависят от природы внешней среды и условий ее взаимодействия с частицами. Для дисперсных систем вследствие относительно высокоразвитой поверхности раздела фаз влияние среды особенно велико.

Наряду с диспергированием и агрегацией при измельчении, как и при всяком другом виде механической обработки, происходит изменение кристаллической структуры и энергетического состояния поверхностных слоев частиц. Их исследование представляет

интерес для физики поверхностных явлений и очень важно для понимания механизма измельчения. Состояние поверхностных слоев существенно влияет на взаимодействие частиц между собой и со средой и, тем самым, на дисперсность порошков.

Химическая связь адсорбируемой молекулы с поверхностью в общем случае описывается волновой функцией, представляющей собой сумму волновых функций для ковалентной и ионной связи. Расчет энергии химической связи наиболее корректно разработан на основе метода молекулярных орбит Миликена - Гунда. Точность расчетов химической сорбции в значительной мере зависит от возможности учета степени заполнения поверхности, геометрической структуры поверхностного слоя и их влияния на величину суммарной энергии. В тех случаях, когда химическая адсорбция сопровождается диссоциацией молекул на атомы, для ее осуществления необходима некоторая энергия активации. Энергия активации определяется не только механизмом элементарного акта разрушения, но и природой адсорбционных центров. Основная особенность электронной теории заключается в том, что в ней учитывается влияние объема твердого тела. В частности, Коган показал, что в случае малых размеров тела положение уровня Ферми на его поверхности зависит от дисперсности, в связи с чем изменяются и ее удельные адсорбционные свойства. Эффект дисперсности становится заметным, когда размер зерен сравним с длиной дебаевского экранирования.

Характеристикой измельчаемого материала является распределение его частиц по размерам, или его гранулометрический состав. Значения интегральной функции $R(\delta)$ описывается зависимостью Розена – Раммлера

$$R(\delta) = \exp(-b \delta^n), \quad (1)$$

где b и n - параметры идентификации кривой к опытным данным, ($b = 18039,05$, $n = 1,244768$).

Если гранулометрический состав характеризуется числами, приведенными в таблице, то материал представленный частицами менее 0,1 мм составляет менее 2 % (рис. 1).

Гранулометрический состав материала

№ п/п	Диаметр ячейки сита, мм	Остаток на сите (в долях к исходной навеске), R(δ)	Расчетное значение R(δ) по уравнению Розена-Раммлера
1	0,1	0,98	0,988419
2	0,14	0,97	0,976275
3	0,315	0,95	0,871750
4	0,4	0,85	0,795027
5	0,63	0,65	0,543864
6	1,0	0,1	0,193116
7	1,25	0,01	0,070174

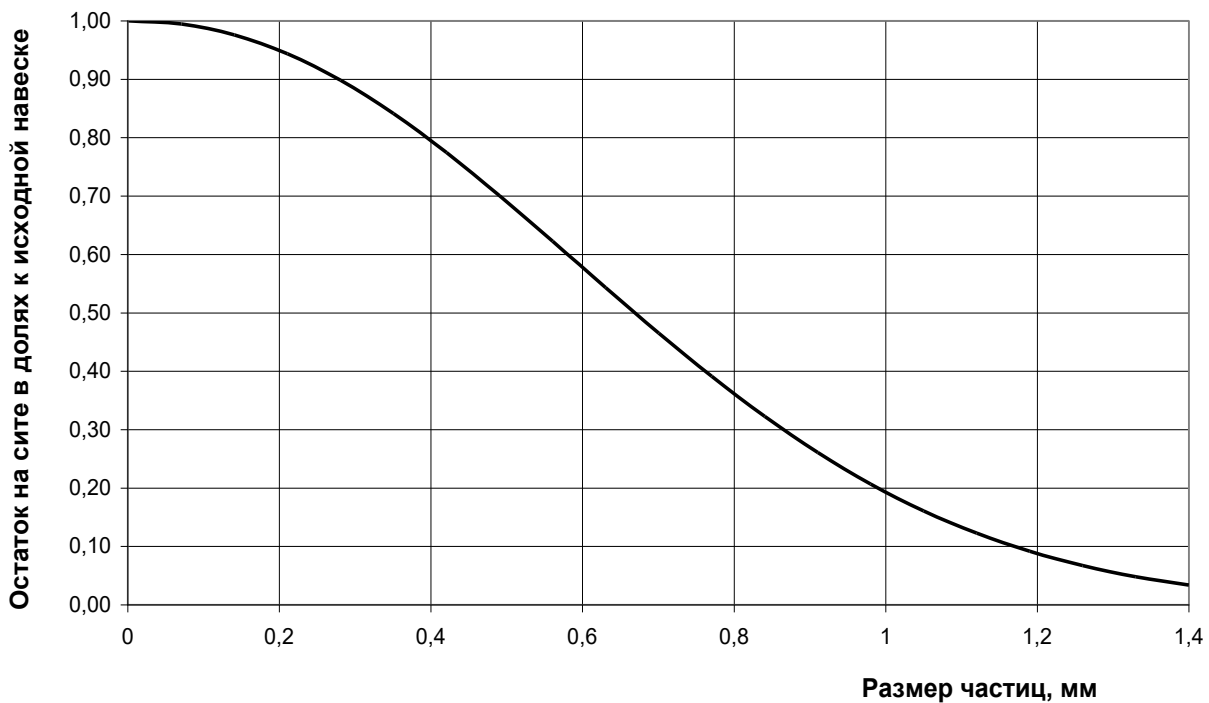


Рис. 1. Характеристика распределения гранулометрического состава измельченного гипсового сырья

Для того чтобы исключить значительное влияние частиц размером менее 0,1 мм, когда проявляется эффект агрегации, необходимо измельчить гипсовый камень до остатка на сите 0,315 порядка 90 %. Рекомендуемая тонкость помола гипсового камня – 0,3-1,0 мм. В соответствии с расчетом по уравнению Розена – Раммлера удельная поверхность частиц материала, подаваемых на обжиг, равна 44 см²/г.

Задачей тепловой обработки гипсового сырья является создание условий образования полуводного гипса по всему объему частицы. Для этого молекулы воды, которые выделяются при дегидратации в результате диффузии из центральной зоны, должны попасть в наружный слой, чтобы в нем произошла реакция образования полуводного гипса, для чего в технологической схеме предусмотрена камера томления. Итак, конструкция камеры

томления должна обеспечивать равномерное распределение температуры по всему объему частицы, то есть частицы должны находиться в равных условиях, для этого истечение обязано быть равномерным по всему объему емкости, необходимо избежать явления сегрегации, налипания частиц, сводообразования.

Для создания режима близкого к идеальному вытеснению гипса принимаем конструкцию камеры томления в виде цилиндра и с разгрузочной частью, которая обеспечивает истечение материала равномерно как сплошное тело.

Сворообразование во многом зависит от формы и размера выпускного отверстия. Образование статического свода в связных мелкофракционных материалах можно объяснить тем, что по линии свода возникают напряжения сжатия (с конечным значением σ_n) в направлении касательной к линии свода, в то время как в направлении нормали к линии свода напряжения равны нулю.

Для образования статического свода необходимо, чтобы вертикальная касательная сила, действующая по периметру выпускного отверстия, могла выдержать массу материала над отверстием.

Очертания свода обычно совпадают с траекториями главных наибольших

напряжений. Напряжение сжатия σ_n достигает максимального значения у основания свода. Напряжение тем выше, чем больше выпускное отверстие. Максимально допустимая величина этого напряжения σ_{max} , отвечающая равновесному состоянию данного материала, определяется кругом напряжений, касательным одновременно оси τ и линии предельных касательных напряжений. Такое напряженное состояние может возникать только при определенном размере выпускного отверстия (сворообразующего). Если размер выпускного отверстия превышает размеры сворообразующего, напряжение сжатия превысит величину σ_{max} . При этом в материале произойдут пластические деформации, равновесие свода нарушится и начнется беспрепятственное истечение материала. Основными параметрами, характеризующими статический свод, является форма кривой свода, максимальная высота и предельное сворообразующее отверстие.

На рис. 2 показана схема образования свода над круглым отверстием. Выделим элементарный объем $abba$ в толще сыпучей массы, образующей свод, при помощи вертикальной цилиндрической поверхности с образующей ab и поверхностями главных напряжений aa и bb .

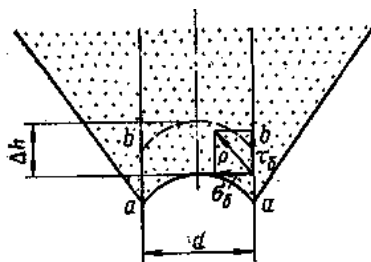


Рис. 2. Схема образования свода над круглым отверстием

Определим вес выделенного элемента

$$G = \frac{\pi d^2}{4} \Delta h \rho g . \quad (2)$$

Условие равновесия выражается зависимостью

$$G = \tau_0 \pi d \Delta h . \quad (3)$$

Приравняв правые части обоих

равенств, получим
$$d = \frac{4\tau_0}{\rho g} .$$

Подставив предельное значение τ_0 , получим необходимый диаметр отверстия, выраженный через параметры сыпучего материала

$$d = \frac{4\tau_0(1 + \sin \varphi)}{\rho g} . \quad (4)$$

Конструкция днища камеры томления должна обеспечивать равномерное истечение гипсового материала. Поэтому предлагается двойное днище, состоящее из горизонтального круглого элемента с максимальным количеством отверстий, размер которых препятствует сводообразованию, и эллиптического наклонного сплошного разгрузочного элемента. Для промышленного образца вместо второго элемента устанавливается регулируемое разгрузочное устройство. Горизонтальный круглый элемент выполняет функцию выравнивания эпюры скоростей частиц, движущихся в камере томления.

Выводы исследования. В результате проведенных исследований обоснован фракционный состав частиц гипсового камня, необходимый для интенсификации процесса обжига в газообразном потоке теплоносителя по двухстадийной технологии. Определена удельная поверхность частиц сырья с использованием уравнения Розена – Раммлера. Найдены условия свободного и равномерного истечения материала по всему поперечному сечению камеры, которые обеспечивают движение материала, близкое к модели идеального вытеснения.

Список использованных источников

1. Кондращенко, Е.В. Термодинамика реакций дегидратации двуhydrата сульфата кальция. [Текст] / Е.В. Кондращенко // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДУБА ХОТБ АБУ, 2002. – Вип. 17. – С. 93 – 96.
2. Спосіб одержання гіпсового в'язучого та установка для його здійснення [Текст]: пат. № 20055 України, МПК6 C04B28/14 / Чернишова Р.О., Долінський А.А.; заявл. 28.02.95; опубл. 25.12.97, Бюл. № 6.
3. Клименко, В.Г. Влияние природы гипсового сырья на активность продуктов его термообработки. [Текст] / В.Г. Клименко, А.Н. Володченко // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 1999. – Т.42. – Вып. 3. – С. 53-56.
4. Кондращенко, Е.В. Исследование перераспределения температуры внутри частиц обожженного гипса в камере томления / Е.В. Кондращенко, А.Н. Баранов, А.А. Баранова // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ, 2008. – Вип. 13. – С. 24 – 30.
5. Будников, П.П. Гипс, его исследование и применение. [Текст] / П.П. Будников. – М.-Л.: Стройиздат, 1943. – 374 с.
6. Ферронская, А.В. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). [Текст]: справочник / А.В. Ферронская. – М., 2004 – 485 с.
7. Спосіб випалу гіпсу у завислому стані при підвищеному тиску [Текст]: пат. № 31289, Україна // Кондращенко О.В., Бабушкін В.І., Баранов А.М., Баранова А.А. (Україна); опубл. 10.04.2008.; Бюл. № 7.
8. Ходаков, Г.С. Тонкое измельчение строительных материалов. [Текст] / Г.С. Ходаков. – М.: Издательство литературы по строительству, 1972. – 240 с.
9. Ходаков, Г.С. Физика измельчения. [Текст] / Г.С. Ходаков. – М.: Наука, 1972. – 307 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор О.В. Кондращенко

Баранова Анна Андріївна, канд. техн. наук, доцент кафедри технології будівельного виробництва і будівельних матеріалів Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова. Тел.: (057) 707-31-10. E-mail: Anna_1504@mail.ru

Baranova Anna Andreevna, cand. of techn. sciences, docent Department of technology building and construction materials production Kharkiv National University urban economy named O.M. Beketov. Tel.: (057) 730-10-42. E-mail: Anna_1504@mail.ru

УДК 691.535

РУЛОННЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ РЕМОНТА И ГИДРОИЗОЛЯЦИИ БЕТОННЫХ, ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Д-р техн. наук А.А. Плугин, кандидаты техн. наук Т.А. Костюк, В.А. Арутюнов, Н.Н. Паргала, Ю.А. Суханова

РУЛОННИЙ КОМПОЗИЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ РЕМОНТУ ТА ГІДРОІЗОЛЯЦІЇ БЕТОННИХ, ЗАЛІЗОБЕТОННИХ І КАМ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ І СПОРУД

Д-р техн. наук А.А. Плугін, канд. техн. наук Т.О. Костюк, асп. В.А. Арутюнов Н.М. Паргала, Ю.А. Суханова

ROLL COMPOSITE MATERIAL FOR REPAIR AND WATERPROOFING OF CONCRETE, REINFORCED CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES AND BUILDINGS

Doct. of techn. sciences A.A. Plugin, cand. of techn. sciences T.A. Kostiuk, postgraduate V.A. Arutiunov, N.M. Partala, Yu.A. Sukhanova

Разработан рулонный композиционный материал для ремонта и гидроизоляции бетонных, железобетонных и каменных конструкций и сооружений. Материал состоит из нетканого материала объемной структуры, насыщенного сухой смесью портландцемента и комплекса химических добавок. При использовании насыщается водой и прижимается к защищаемой поверхности. Отвердевая, прочно сцепляется с основанием, приобретает высокую механическую прочность и водонепроницаемость. В результате физико-химических исследований установлены продукты гидратации цемента в присутствии добавок, обеспечивающие указанные свойства.

Ключевые слова: композиционный материал, портландцемент, химические добавки, ремонт, гидроизоляция.

Розроблено рулонний композиційний матеріал для ремонту і гідроізоляції бетонних, залізобетонних і кам'яних конструкцій і споруд. Матеріал складається із нетканого матеріалу об'ємної структури, насиченого сухою сумішшю портландцементу і комплексу хімічних добавок. При використанні насичується водою і притискається до поверхні, що захищається. Тверднучи, міцно зчіплюється з основою, набуває високу механічну міцність і водонепроникність. У результаті фізико-хімічних досліджень установлені продукти гідратації цементу при наявності добавок, що забезпечують зазначені властивості.

Ключові слова: композиційний матеріал, портландцемент, хімічні добавки, ремонт, гідроізоляція.

Rolled composite material designed to repair and waterproofing of concrete, reinforced concrete and masonry structures and buildings. Stock material consists of a nonwoven three-dimensional structure, saturated dry mixture of portlandcement and a set of chemical additives. When using saturated water and pressed against the surface to be protected. When hardening is firmly engaged with the base, possesses a high mechanical strength and waterproofness. As a result of physico-chemical studies of cement hydration products in the presence of additives that provide these properties are detected.

Keywords: composite material, portlandcement, chemical additives, repair, waterproofing.

Введение. В настоящее время при ремонте, защите и гидроизоляции бетонных, железобетонных и каменных конструкций зданий и сооружений применяется большое количество разных материалов – сухие строительные смеси с широким диапазоном

защитных свойств, в том числе гидроизоляционные, рулонные материалы, полимерные пленки и мембраны, бентонитовые маты и т.д. [1-3]. Эти материалы имеют каждый свои недостатки, ограничивающие их области применения. Так, сухие смеси позволяют

устраивать защитно-гидроизоляционные слои, обладающие высоким сцеплением с защищаемыми поверхностями и выдерживающие гидростатическое давление любого знака, – как на прижим, так и на отрыв. Однако их механизированное нанесение (торкретирование) требует применения специального дорогостоящего оборудования, нанесение вручную – высокой квалификации и тщательного соблюдения технологии, а неточность в соблюдении рецептуры, например, передозировка воды, приводит к усадке, трещинообразованию и резкому снижению водонепроницаемости. Рулонные материалы, полимерные пленки и мембраны, бентонитовые маты работают только при их прижиге давлением воды, а при противоположном давлении нуждаются в устройстве прижимной стенки и, как правило, не могут выполнять несущих функций и т.п. Поэтому получение высококачественного материала, сочетающего в себе полезные свойства сухих смесей и рулонных материалов, является актуальной задачей.

Цель работы – получение материала для ремонта и гидроизоляции бетонных, железобетонных и каменных конструкций и сооружений, сочетающего в себе простоту применения, высокие сцепление с поверхностью, прочность при изгибе и растяжении, водонепроницаемость, не поддающиеся усадке и трещинообразованию.

Аналитический обзор литературных данных. Распространенным способом улучшения физико-механических характеристик цементных материалов для ремонтных и реставрационных работ – прочности при изгибе и растяжении, ударной вязкости, снижении истираемости остается введение армирующих волокнистых наполнителей – асбестовых, полипропиленовых, стеклянных [4, 5]. Повышение адгезии и водонепроницаемости таких композиций достигается преимущественно введением полимерных добавок [5]. Однако применение высокомолекулярных соединений сужает температурный интервал затвердевания до $+5-(+30)^{\circ}\text{C}$, что затрудняет применение материалов в осенне-зимне-весенний период.

В результате предыдущих исследований была разработана сухая строительная смесь на

основе портландцемента для ремонтных работ [6], в которой высокая прочность при изгибе и растяжении и трещиностойкость обеспечивается введением стекловолокна, а высокие адгезия и водонепроницаемость – химически активных добавок (ХАД). ХАД представляет собой многокомпонентную специально подобранную смесь гидроксидов, хлоридов, карбидов, нитратов, сульфатов натрия и кальция и обеспечивают уплотнение и повышение водонепроницаемости верхнего слоя защищаемого бетона. Механизм такого действия обусловлен диффузией компонентов ХАД в заполненные насыщенным раствором $\text{Ca}(\text{OH})_2$ поры и капилляры бетона за счет разницы их концентрации в жидкой фазе нанесенного материала и поровом электролите бетона. Компоненты ХАД и алюминаты цемента взаимодействуют с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с образованием кристаллогидратов, кольматирующих (заращивающих) поры бетона. Недостатком данной смеси является возможность ее нанесения только приемами штукатурных работ.

В [7] показано, что дифференциальная пористость и водонепроницаемость цементного камня связаны зависимостью $K = A^{BE}$, где K – коэффициент проницаемости по воде, E – объем пор радиусом более 0,05 мкм, A и B – эмпирические константы, а поры радиусом менее 0,05 мкм (50 нм) водонепроницаемы. Полагаем, что такие поры в структурах продуктов гидратации формируются как межчастичные пустоты и по размерам сопоставимы с их частицами, поэтому для еще большего повышения водонепроницаемости затвердевшей смеси и кольматируемого порового пространства остаются резервы, заключающиеся в синтезе дополнительных продуктов гидратации, размер частиц которых не превышает 0,05 мкм.

Рабочие гипотезы. Замена в сухой смеси портландцемента, химически активных добавок, заполнителя и армирующего стекловолокна [6] последних двух компонентов рулонным волокнистым компонентом позволит получить самоклеящийся материал с более высокими прочностью при изгибе и растяжении, сцеплением с защищаемой поверхностью, водонепроницаемостью, не поддающийся усадке и трещинообразованию; для повышения водонепроницаемости цементного камня и кольматируемого порового

пространства следует синтезировать дополнительное количество продуктов гидратации, размер частиц которых не превышает 0,05 мкм.

Задачи исследований. Выбор рулонного волокнистого компонента и разработка способа его насыщения компонентами сухой смеси; разработка способа нанесения полученного рулонного композиционного материала РКМ на защищаемую поверхность; уточнение соотношения компонентов РКМ, определение его физико-механических и гидрофизических характеристик и сравнение с [6]; физико-химические исследования продуктов гидратации смеси для установления составляющих, обеспечивающих достижение требуемых характеристик.

Методы исследований. Физико-механические свойства РКМ определяли по ДСТУ Б.В.2.7-126 и ДСТУ Б.В.2.7-23 на образцах-балочках размером 16×4×4 см, изготовленных путем послойной закладки и вибрирования полос водонасыщенного РКМ в формы. Сцепление (адгезию) РКМ с поверхностью бетона определяли по ГОСТ 31356 на образцах, изготовленных путем его нанесения на плитки из бетона размером 20×20×4 см. Водонепроницаемость и морозостойкость РКМ определяли по ГОСТ 12730.5 с помощью прибора АГАМА-2РМ. Физико-химические исследования выполнили в составе

рентгенофазового анализа и дифференциального термического анализа. При расшифровке рентгенограмм и термограмм использовали данные [8, 9]. Структуру продуктов гидратации исследовали на сколах материала с помощью сканирующего электронного микроскопа.

Результаты исследований. Для замены заполнителя и стекловолокна выбрали нетканый материал объемной структуры НМОС из полимерного волокна [10].

Насыщение НМОС остальными компонентами осуществляют следующим образом: сыпучие компоненты смешивают в сухом состоянии в соответствии с [6]; НМОС располагают горизонтально и путем воздушного распыления наносят на него водный раствор метилцеллюлозы; переворачивают НМОС, равномерно рассыпают по его обратной поверхности сухую смесь сыпучих компонентов и сворачивают в рулон смесь внутрь.

РКМ наносят на предварительно увлажненную защищаемую поверхность следующим образом: в емкость заливают воду из расчета 0,15–0,17 от массы РКМ; материал погружают в воду и выдерживают 30–60 с; после полного насыщения водой РКМ накладывают (раскатывают) внутренней стороной на поверхность наподобие «пластыря» (рис. 1).



Рис. 1. Рулонный композиционный материал РКМ и его применение:
а – рулон; б – водонасыщенный РКМ; в – наклеивание РКМ на поверхность – склейка двух бетонных труб

Результаты исследований РКМ при различных дозировках ХАД представлены в

таблице. Как видно из таблицы, при сопоставимой прочности при сжатии,

водонепроницаемости, морозостойкости
прочность РКМ при изгибе до 35 % выше,
сцепление с поверхностью бетона – до 26 %

выше, водопоглощение – до 27 % ниже, чем у смеси [6].

Результаты физико-химических исследований представлены на рис. 2 и 3.

Таблица

Физико-механические свойства рулонного композиционного материала

№ п/п	Показатели	Составы РКМ ¹			
		1	2	3	[7]
1	Предел прочности при сжатии, МПа	37,4	41,4	38,8	41,3
2	Предел прочности при изгибе, МПа	15,7	17,4	14,2	12,9
3	Сцепление с поверхностью бетона ² , МПа	3,3	3,9	3,5	3,1
4	Коэффициент истираемости	0,42	0,41	0,41	0,41
5	Средняя плотность, кг/м ³	2165	2120	2150	2220
6	Водопоглощение по массе, %	1,4	0,95	1,1	1,3
7	Водонепроницаемость, атм	12	12	12	12
8	Морозостойкость, цикл	250	250	250	250

¹ Составы 1–3 отличаются содержанием ХАД

² Адгезия РКМ к бетону выше когезионной прочности бетона – разрушение по бетону на глубине 5 мм от контактной зоны

Анализ рентгенограмм (рис. 2) показал, что портландцементный камень с ХАД (рис. 2, б) по фазовому составу близок к бездобавочному портландцементному камню (рис. 2, а), однако отличается меньшим содержанием портландита (дифракционные максимумы, Å: 1,77ср; 2,62ос; 4,98ср), а также большим содержанием кальцита (1,89ос; 2,10с; 2,29ср; 3,06ос) и, возможно, низкоосновных гидросиликатов кальция типа CSH(I) (3,07ос; 2,8сл становятся интенсивнее, но однозначно не идентифицируются в связи с совпадением с максимумами кальцита и этtringита соответственно).

Анализ термограмм (рис. 3) подтвердил, что портландцементный камень с ХАД (рис. 3, б) по фазовому составу близок к бездобавочному портландцементному камню (рис. 3, а). На кривых ДТА преобладают эндоэффекты, характерные для гидросиликатного геля и высокоосновных гидросиликатов кальция C₂SH(II) – при 140–150 °С, портландита – при 470–500 °С, гидросиликатов кальция от высокоосновных до сильнозакристаллизованных низкоосновных типа ксонотлита, а также, возможно, кальцита –

при 810–830 °С. Отличие отмечается в виде более волнистого характера кривых ДТА цементного камня с ХАД (рис. 3, б), свидетельствующего о большем разнообразии продуктов его гидратации, и наличии на них небольших эндоэффектов при 280 и 840 °С, которые могут свидетельствовать о наличии сильнозакристаллизованных низкоосновных гидросиликатов кальция типа ксонотлита, тоберморита, а также гидросульфоалюминатов, гидрохлоралюминатов, гидрокарбоалюминатов кальция.

Расчет потери массы по термогравиметрическим кривым (TG, рис. 3) показал, что при нагревании до 1000 °С потеря массы цементного камня с ХАД 29,3 % (рис. 3, б) больше, чем цементного камня без добавок 28 % (рис. 3, а), что может свидетельствовать о большем количестве кристаллических фаз – портландита, гидросульфоалюминатов, гидрохлоралюминатов, гидрокарбоалюминатов кальция, содержащих большое количество химически связанной воды, а также кальцита, теряющего массу при температуре до 1000 °С за счет декарбонизации.

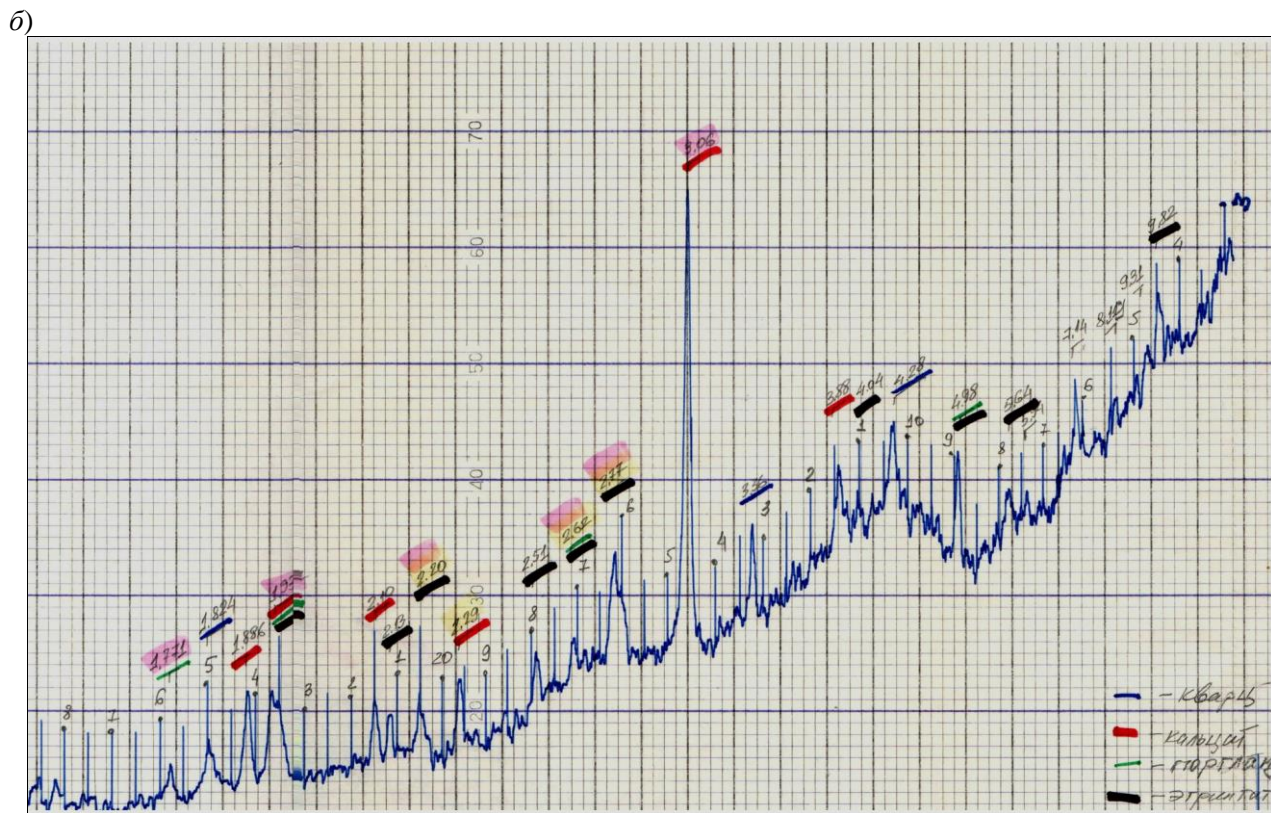
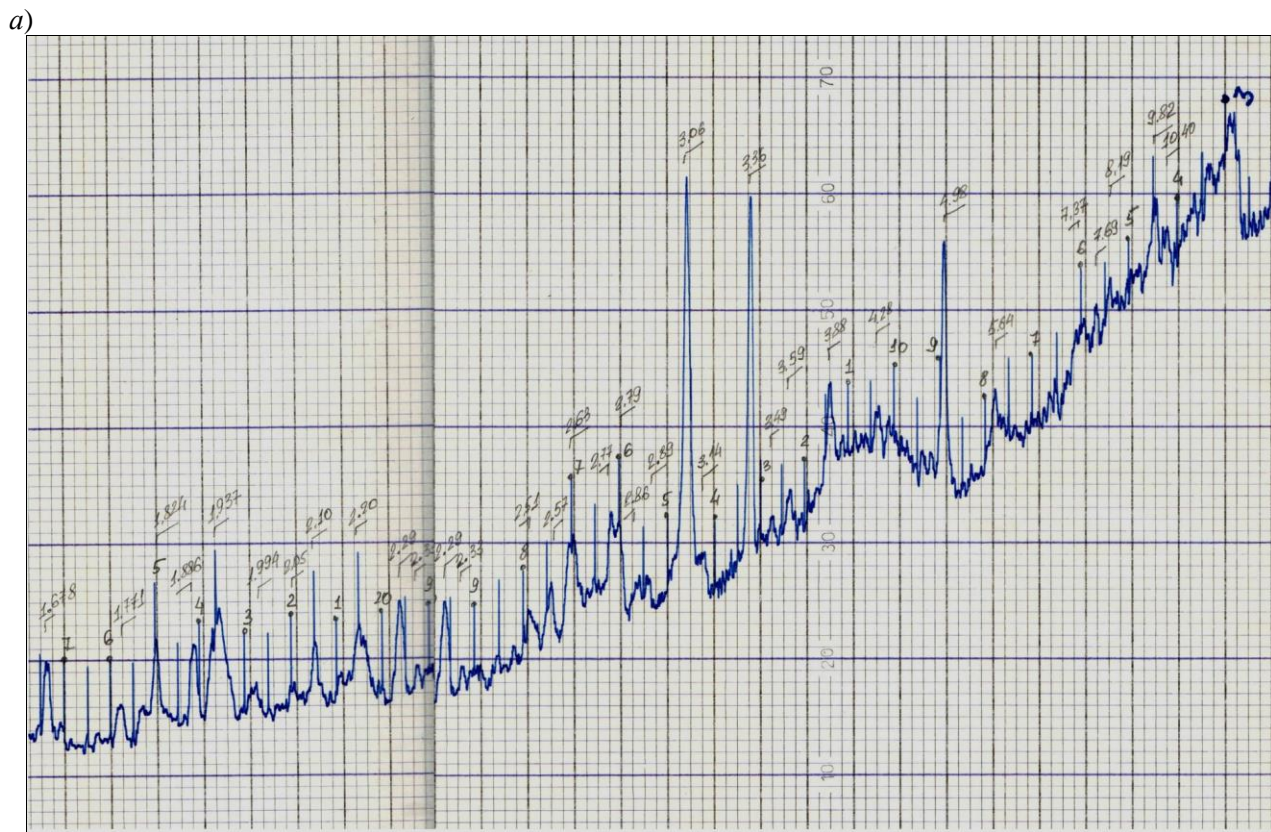


Рис. 2. Рентгенограммы портландцементного камня: а – без добавок; б – с ХАД

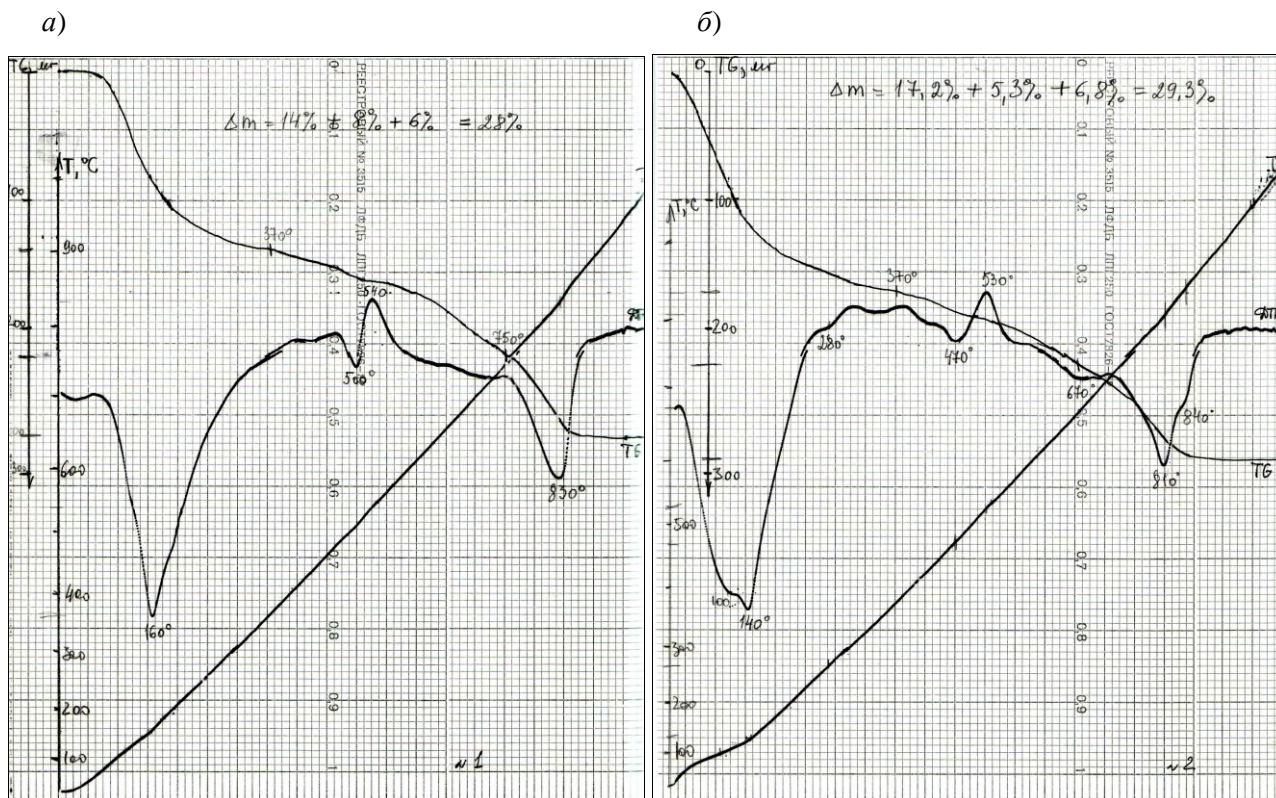


Рис. 3. Термограмми портландцементного камня: а – без добавок; б – с ХАД

Таким образом, физико-химические исследования показали, что ХАД обуславливает образование дополнительного количества как низкоосновных гидросиликатов кальция типа SCH(I), ксонотлита, тоберморита, так и кристаллогидратов гидросульфалюминатов, гидрохлоралюминатов, гидрокарбоалюминатов кальция. Это не нарушает баланс между количеством частиц с отрицательным и положительным поверхностным зарядом, но способствует образованию более плотной структуры продуктов гидратации со смещением размера пор за счет тонкодисперсных гидросиликатов кальция в меньшую сторону (к водонепроницаемым порам).

О более плотной структуре продуктов гидратации портландцемента с ХАД свидетельствует сравнение электронно-микроскопических снимков, представленных на рис. 4. При одинаковом увеличении на снимке рис. 4, б вокруг отверстия от «вырванного» волокна отмечается более однородная и плотная структура продуктов

гидратации, тогда как на рис. 4, а – более зернистая с отчетливо различимыми межчастичными пустотами – порами.

Выводы и рекомендации.

1. Получен простой в использовании самоклеящийся рулонный композиционный материал РКМ из нетканого материала объемной структуры НМОС, портландцемента и химически активных добавок ХАД, характеризующийся повышенным сцеплением с поверхностью, прочностью при изгибе и растяжении, водонепроницаемостью.

2. Установлено, что НМОС обеспечивает повышение прочности цементного камня при изгибе на 35 % до 17,4 МПа, сцепления с поверхностью бетона – на 26 % до 3,9 МПа, снижение водопоглощения – на 27 % до 0,95 % по массе.

3. Установлено, что наблюдаемое улучшение физико-механических и гидрофизических свойств в результате введения ХАД обусловлено образованием дополнительного количества как

низкоосновных гидросиликатов кальция, так и кристаллогидратов гидросульфоалюминатов, гидрохлоралюминатов, гидрокарбоалюминатов кальция, а также кальцита.

4. Полученный РКМ рекомендуется использовать для ремонта и гидроизоляции

бетонных, железобетонных и каменных конструкций и сооружений, силовой герметичной заделки швов и стыков, например, между бетонными или асбестоцементными трубами и т.п.

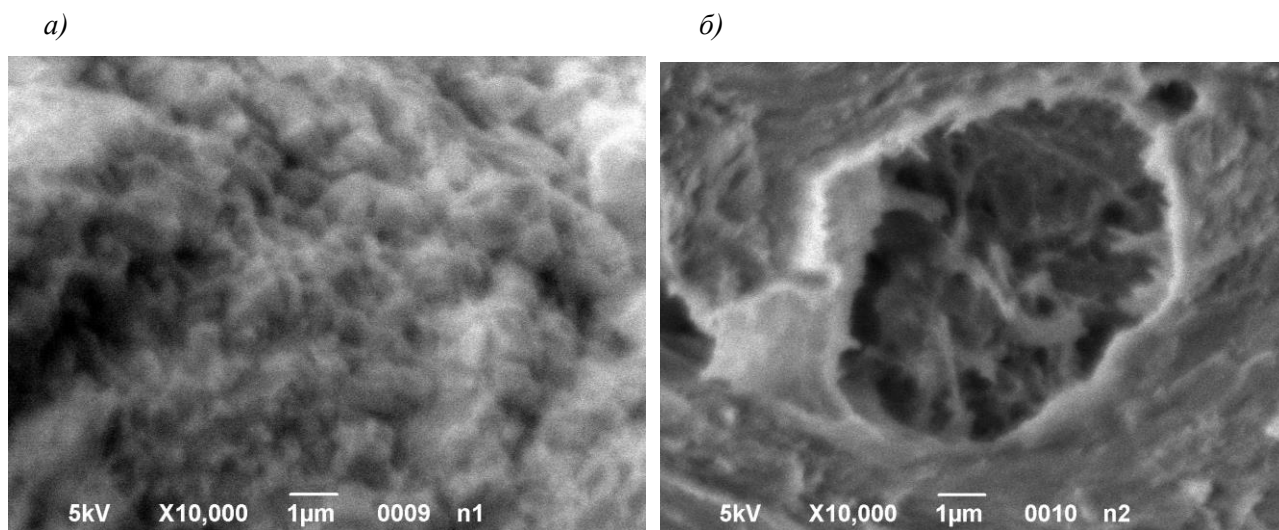


Рис. 4. Электронно-микроскопические снимки сколов портландцементного камня:
а – без добавок; *б* – с ХАД и НМОС (округлая область размером 5–7 мкм – отверстие, из которого при раскалывании «вырвано» волокно)

Список использованных источников

1. Москвин, В.М. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты [Текст] / В.М. Москвин, Ф.М.Иванов, С.Н.Алексеев, Г.А.Гузеев. – М.: Стройиздат, 1980. – 533 с.
2. Розенталь, Н.К. Коррозионная стойкость модифицированных бетонов [Текст] / Н.К. Розенталь // Технологии бетонов. – 2009. – № 1; № 2.
3. Розенталь, Н.К. Коррозионная стойкость цементных бетонов низкой и особо низкой проницаемости [Текст] / Н.К. Розенталь. – М.: ФГУП ЦПП, 2006. – 520 с.
4. Майстренко, А.Н. Использование украинскими фирмами современных материалов и технологий для ремонта и строительства [Текст] / А.Н. Майстренко, В.И. Пелипенко, Г.А. Забава, М.Д. Вайсман // Будівництво України. – 2002. – № 1. – С.42–43.
5. Сучасні композиційні будівельно-оздоблювальні матеріали [Текст]: підручник / П.В. Захарченко, Е.М. Долгий, Ю.О. Галаган [та ін.]. – К.: КНУБА, 2005. – 512 с.
6. Суха будівельна суміш для ремонтних робіт [Текст]: пат. на корисну модель 57543 UA / Т.О. Костюк, О.Г. Вандоловський, М.Г. Салія, Д.О. Бондаренко; заявник і патентовласник Харк. нац. ун-т буд-ва і архітектури; опубл. 10.03.2011.
7. Ягудеев, Р.Ш. Разработка оптимальных условий эксплуатации нефтяных и газовых месторождений путем качественного цементирования скважин [Текст]: автореф. дис.... канд. техн. наук / Р.Ш. Ягудеев. – Алматы: КНТУ им. К.И. Сатпаева, 2010. – 31 с.
8. Пиндюк, Т.Ф. Методы исследования строительных материалов [Текст] / Т.Ф. Пиндюк, И.Л. Чулкова. – Омск: СибАДИ, 2011. – 59 с.
9. Горшков, В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ [Текст] / В.Г. Горшков, В.В. Тимашев, В.Г. Савельев. – М.: Высш. шк., 1981. – 335 с.

10. Композиційний матеріал для ремонтних та інших будівельних робіт [Текст]: пат.103280 UA / Т.О. Костюк, В.А. Арутюнов, А.А. Пługін, О.В. Старкова, Д.О. Бондаренко; заявник і патентовласник Харк. нац. ун-т буд-ва і архітектури; заявл. 08.10.2012; опубл. 25.09.2013; бюл. № 18.

Пługін Андрій Аркадійович, д-р техн. наук, професор, зав. кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд Української державної академії залізничного транспорту; тел. (057) 730 10 63; тел./факс (057) 771 46 91; E-mail: info@kart.edu.ua; plugin_aa@kart.edu.ua

Костюк Тетяна Олександрівна, канд. техн. наук, доцент кафедри будівельних матеріалів і виробів Харківського національного університету будівництва і архітектури; тел. (057) 706 20 73; E-mail: office@kstuca.kharkov.ua; takostuk@ukr.net

Арутюнов Валерій Ашотович, аспірант кафедри будівельних матеріалів і виробів Харківського національного університету будівництва і архітектури; E-mail: office@kstuca.kharkov.ua

Партала Наталія Миколаївна, завідувач лабораторії кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд Української державної академії залізничного транспорту; тел. (057) 730 10 63; E-mail: info@kart.edu.ua; natabim@rambler.ru

Суханова Юлія Андріївна, провідний інженер ТОВ «Гідротехпроект»; тел./факс (095) 043 88 38; E-mail: jvine@mail.ru

Plugin Andrii A., doct. of techn. sciences, professor, head of building materials, constructions and buildings department of Ukrainian State Academy of Railway Transport; тел. (38 057) 730 10 63; тел./факс (38 057) 771 46 91; E-mail: info@kart.edu.ua; plugin_aa@kart.edu.ua

Kostuk Tatiana A., cand. of techn. science, Associate Professor, Department of building materials and ware, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture; тел. (38 057) 706 20 73; E-mail: office@kstuca.kharkov.ua; takostuk@ukr.net

Arutiunov Valerii A., postgraduate student, Department of building materials and ware, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture.

Partala Natalia M., head of learning laboratory building materials, constructions and buildings of Ukrainian State Academy of Railway Transport; тел. (38 057) 730 10 63; E-mail: info@kart.edu.ua; natabim@rambler.ru

Sukhanova Yulia A., leading engineer of design and research institute «Hydrotechproject»; тел. (095) 043 88 38; E-mail: jvine@mail.ru

УДК 666.97 (075.8)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ БЕТОННЫХ ЦИЛИНДРОВ С ПОЛЫМ СЕЧЕНИЕМ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ВИБРОВАКУУМИРОВАНИЕМ

Д-р техн. наук А.Г. Вандоловский, канд. техн. наук Башир Н. Юнис

ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ ПРИ РОЗТЯГУВАННІ БЕТОННИХ ЦИЛІНДРІВ З ПОРОЖНИСТИМ ПЕРЕТИНОМ, ВИГОТОВЛЕНИХ ВІБРОВАКУУМУВАННЯМ

Д-р техн. наук О.Г. Вандоловський, канд. техн. наук Башир Н. Юніс

DETERMINATION OF TENSILE STRENGTH OF CONCRETE CYLINDERS WITH HOLLOW SECTION MADE BY VIBRO-VACUUM PRESSURE

Doct. of techn. sciences Vandolovskyy O.G., cand. of techn. sciences Basheer N. Younis

В статье представлены результаты лабораторных испытаний бетонных цилиндров с полым сечением на прочность при растяжении. Полученное преобразование формулы Клейна позволяет определять диапазон области применения бетонных цилиндров и подбирать необходимый показатель их прочности.

Ключевые слова: прочности при растяжении, бетонные цилиндры с полым сечением, вибровакуумирование, внешняя нагрузка, несущая способность.

У статті наведено результати лабораторних випробувань бетонних циліндрів з порожнистим перерізом на міцність при розтягуванні. Отримане перетворення формули Клейна дає змогу визначати діапазон галузі застосування бетонних циліндрів і підбирати необхідний показник їх міцності.

Ключові слова: міцності при розтяганні, бетонні циліндри з порожнистим перерізом, вібровакуумування, зовнішнє навантаження, несуча здатність.

In the present article results of laboratory testing concrete cylinders with a hollow cross-section of tensile strength. The resulting conversion formula to determine the range of Klein scope of concrete cylinders and select the desired indicator of their strength.

Keywords: tensile strength of concrete cylinders with a hollow section, vibro-vacuum pressure, external load bearing capacity

Введение. Бетонные цилиндры с полым сечением различного назначения широко используются в химической и нефтехимической промышленности для транспортировки особо агрессивных и стерильных сред, в строительстве, а также в системе городского коммунального хозяйства. Обеспечение надежной работы современных строительных изделий в течение всего срока эксплуатации связано прежде всего с сохранением их целостности при различных режимах нагрузки и существенно зависит от точности методов определения прочности с учётом методов изготовления. На основании этого определение прочности при растяжении материала напряженного состояния является актуальной проблемой для бетонных цилиндров с полым сечением.

Цель работы. Определение экспериментальным путём прочности бетонных цилиндров с полым сечением при растяжении, изготовленных разработанным методом формования – вибровакуумированием, на изготовленном автором оборудовании.

Результаты исследования. Отмечен весомый вклад в развитие проблемы фундаментальными работами Р.В. Бейли, В.В. Болотина, Г. Генки, О.М. Гузя, А.О. Каминского, Ю.М. Шевченко и др. [1, 5].

Производственной практикой доказано [1], что использование вибровакуумной обработки бетонных смесей при формировании сборных изделий и возведении конструкций из монолитного бетона позволяет устранить проблему водопотребности заполнителей и соответственно существенно улучшить

качество бетона (по прочности, морозостойкости и др.). Доказано [2], что сочетание вибрации с другими способами значительно повышает эффективность процесса уплотнения бетонной смеси. На основании этого автором был предложен принципиально новый метод изготовления бетонных цилиндров с полым сечением, который включает в себя вакуумирование – отсос из бетонной смеси избыточной воды и воздуха, и вибрирование – воздействие на бетонную смесь колебательных движений.

Вибровакуумирование обеспечивает такие положительные свойства бетона, как интенсивный рост прочности в начальный период твердения, сокращение времени на тепловую обработку изделий, уменьшение металлоемкости технологического оборудования и др. [3, 4]. Степень уплотнения бетонной смеси зависит от частоты и амплитуды колебаний вибратора, а также от продолжительности вибрирования. Для уплотнения бетонных смесей амплитуда колебаний находится в пределах 0,3-0,7 мм при частоте колебаний около 3000 в минуту.

Для вакуумной обработки [5] уложенного бетона применяют стационарные и передвижные установки, состоящие из вакуум-насоса и вакуум-щита, покрытого фильтрующим материалом (рис. 1).

В лаборатории кафедры строительных материалов и изделий ХГУСА были проведены испытания, в результате чего были изготовлены бетонные цилиндры с полым сечением (рис. 2) на лабораторной установке, разработанной автором способом вибровакуумирования.



Рис. 1. Разработанная установка для изготовления бетонных цилиндров с полым сечением способом вибровакуумирования



Рис. 2. Полученные образцы бетонных цилиндров с полым сечением

Данные экспериментов показали, что прочность при растяжении вибровакуумных бетонных цилиндров на 40 % выше, чем у цилиндров, полученных послойным осевым прессованием и вибрированием.

Результаты испытаний. Для определения несущей способности и прочности при растяжении цилиндров с полым сечением были использованы метод «трех опор» и формула Клейна [2], в результате чего была установлена максимальная разрушающая нагрузка (предельная) P на 1 пог. м цилиндра (рис. 3).

Следующим этапом было определено нормальное напряжение σ_p на основании величин P . Для этого была использована формула Клейна:

$$\sigma_p = \frac{1,1 \cdot P \cdot r_{cp}}{6 \cdot c^2}, \quad (1)$$

где p – приведенная нагрузка.

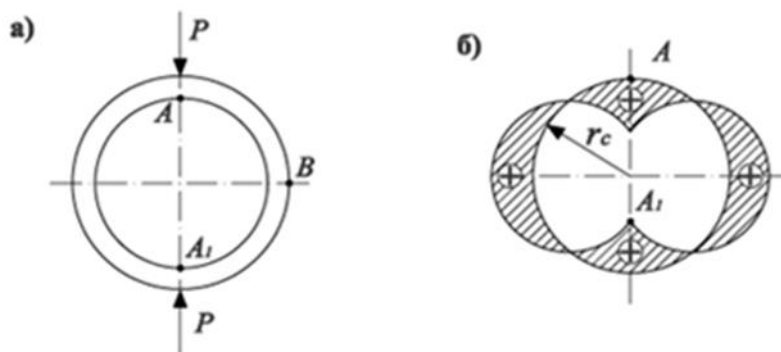


Рис. 3. Основные нагрузки на цилиндры с полым сечением и трубы: а – внешняя приведенная нагрузка; б – эпюра моментов от нагрузки

Ввиду того, что в формуле (1) приведены различные геометрические показатели, которые нельзя использовать при проектировании цилиндров и труб, А.Г. Вандоловским было

предложено использовать в расчётах соотношение $n = \frac{d}{c}$, что позволяет привести формулу (1) к виду:

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \frac{1,1 \cdot p \cdot \left(d + \frac{d}{n} \right)}{100 \cdot 2 \cdot \frac{d^2}{n^2}} = 0,0055 \cdot p \cdot d \cdot \left(d + \frac{d}{n} \right) \cdot \frac{d^2}{n^2} = \\ &= 0,0055 \cdot p \cdot \left(\frac{d + nd}{n} \right) \cdot \frac{d^2}{n^2} = 0,0055 \cdot p \cdot \frac{(dn^2 + n^3 d)}{n^2 d} = \\ &= 0,0055 \cdot p \cdot \frac{dn^2(1+n)}{nd^2} = 0,0055 \cdot p \cdot \frac{n}{d} (1+n) = 0,0055 \cdot n(1+n) \frac{p}{d} \end{aligned}$$

$$\sigma_p = A \frac{p}{d}, \tag{2}$$

где $A = 0,0055n(n+1)$.

Юнис Б.Н. и Семененко Н.В. [6] доказали возможность использования коэффициентов А в узком диапазоне фактически используемых цилиндров ($n = 6 \dots 9$), что даёт возможность использовать калькулятор в инженерных расчётах (рис. 4). В этом диапазоне для внешней нагрузки P:

$$A = 0,0064 n^2. \tag{3}$$

В таблице приведены сравнительные результаты вычислений по точной формуле (1) и предложенной (3). Вычисленные отклонения не превышают 2,4 %.

Таблица

Величины коэффициентов А в интервале $n = 6 \dots 9$

n	$A=0,0055n(n+1)$	$A=0,007618 n^{1,9}$	ΔA	%
6	0,23	0,23	0,000	0
7	0,308	0,3073	0,001	0,3
8	0,396	0,396	0,000	0
9	0,495	0,4954	0,000	0

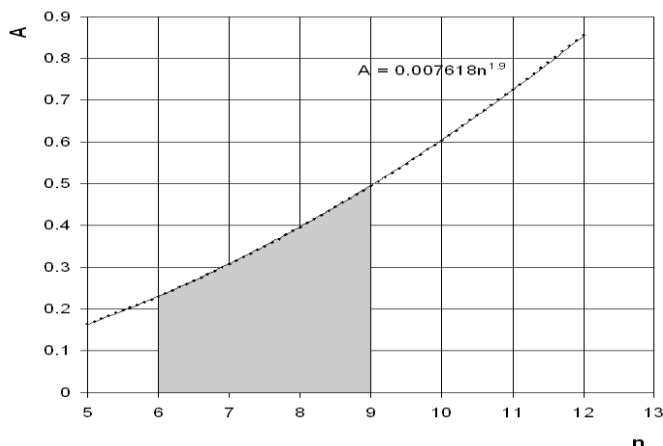


Рис. 4. Коэффициенты А для расчёта бетонных цилиндров с полым сечением

Выводы. На основании анализа и обобщения литературных данных, а также проведенных автором исследований установлено, что высокое качество уплотнения достигается при использовании способа формирования бетонных цилиндров с полым сечением вибровакуумированием. Преобразование известных зависимостей, позволяющих определить нормальные кольцевые напряжения от внешней нагрузки Р, позволило получить новые преобразованные

зависимости для вычисления напряжений в бетонных цилиндрах с полым сечением при совместном действии внешней (приведённой) нагрузки. Использование этих уравнений позволяет определять диапазон области применения бетонных цилиндров и подбирать необходимый показатель их прочности. Данные исследования актуальны для строительных изделий типа трубопроводов, колонн, свай, пирсов и т.п.

Список использованных источников

1. Самуль, В.И. Основы теории упругости и пластичности [Текст] / В.И. Самуль. – М.: Высш. шк., 1970.
2. Клейн, Г.К. Расчёт подземных трубопроводов [Текст] / Г.К. Клейн. – М.: Стройиздат, 1969.
3. Асирьян, А.М. Исследование новых возможностей использования вакуума в технологии бетонов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / А.М. Асирьян. – Ереван, 1966.– 133 с.
4. Скрамтаев, Б.Г. Вакуумирование бетона [Текст] / Б.Г. Скрамтаев, А.Е. Десов // Строительная промышленность.– 1938.– № 3.– С.64-72.
5. Батраков, В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика [Текст] / В.Г. Батраков. – М.: Технопроект, 1998. – 768 с.
6. Вандоловский, А.Г. Преобразование зависимости Ляме применительно к расчету бетонных трубопроводов [Текст] / А.Г. Вандоловский, Н.В. Семененко, Б.Н. Юнис // Науковий вісник будівництва. – Харків : ХОТВ АБУ, 2009. – № 51. – С. 103.

Вандоловский Александр Георгиевич, д-р техн. наук, профессор, завідувачий кафедрою будівельних матеріалів і виробів Харківського національного університету будівництва та архітектури. Тел. (057) 706-20-63.
Юнис Башир Н., кандидат технических наук, доцент кафедры будівельної механіки Харківського національного університету будівництва та архітектури. Тел. (057) 706-20-63.

Vandolovskyi Georgiyovych Alexander, Ph.D., doct. of techn. sciences, professor of materials zaveduyuschy Department stroitel and izdelij Kharkiv National University of Construction and architecture. Tel. (057) 706-20-63.
Younis Bashir N. cand. of techn. sciences, associate professor of the department of mechanics stroytelnoy Kharkiv National University of Construction and architecture. Tel. (057) 706-20-63.

УДК 620.193.7

РАЗРАБОТКА СХЕМ ПРОТЕКАНИЯ ПОСТОЯННЫХ ТОКОВ УТЕЧКИ ЧЕРЕЗ БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Д-р хим. наук А.Н. Плагин, д-р техн. наук А.А. Плагин, кандидаты техн. наук Д.А. Плагин, Л.В. Трикоз, Ал.А. Плагин

ROZROBLENNIA SХEM PROTІKANNIA POSTІЙНИХ СТРУМІВ ВИТОКУ КРІЗЬ БЕТОННІ Й ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ

Д-р хім. наук А.М. Плагін, д-р техн. наук А.А. Плагін, кандидати техн. наук Д.А. Плагін, Л.В. Трикоз, Ол.А. Плагін

DEVELOPMENT OF FLOW ROUTES OF DC LEAKAGE CURRENT THROUGH CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS

Doct. of chem. sciences A.N. Plugin, doct. of techn. sciences A.A. Plugin, candidates of techn. sciences D.A. Plugin, L.V. Trykoz, Al.A. Plugin

Установлено, что одной из основных причин повреждений и преждевременного снижения долговечности бетонных и железобетонных конструкций сооружений, эксплуатируемых на железных дорогах Украины, электрифицированных постоянным током, является несовершенство теории электрокоррозии бетона и железобетона и конструкций из них. В рамках развития новых теоретических представлений разработаны принципиально отличающиеся от существующих новые схемы протекания электрокоррозионноопасных токов утечки с рельсов, токов от электрополя контактных проводов, а также от избыточных зарядов Земли природного и антропогенного характера.

Ключевые слова: электрокоррозия бетона и железобетона, токи утечки, мост, тоннель, пассажирские платформы, схемы протекания.

Встановлено, що однією з основних причин пошкоджень і передчасного зниження довговічності бетонних і залізобетонних конструкцій споруд, які експлуатуються на залізницях України, що електрифіковані постійним струмом, є недосконалість теорії електрокорозії бетону й залізобетону і конструкцій з них. У рамках розвитку нових теоретичних уявлень розроблено нові схеми, що принципово відрізняються від існуючих, протікання електрокорозійнонебезпечних струмів витоку з рейок, струмів від електрополя контактних проводів, а також від надмірних зарядів Землі природного й антропогенного характеру.

Ключові слова: електрокорозія бетону і залізобетону, струми витоку, міст, тунель, пасажирські платформи, схеми протікання.

It is found that one of the main causes of premature damage and reduce durability of concrete and reinforced structures, that are maintained on the railways of Ukraine, that electrified by a DC, is the imperfection of the electrocorrosion theory of concrete and reinforced concrete structures and constructions of them. The leakage current is a very corrosion-dangerous item for concrete and reinforced concrete, that are work in dry and wet condition. As part of the development of theory a new scheme of flow routes are developed, that different from existing schemes. It is the schemes for corrosion due to leakage-current from the rails, currents from electric field from contact wires, as well as the Earth's excess charges of natural and anthropogenic character.

Keywords: electro-corrosion of concrete and reinforced concrete, leakage current, bridge, tunnel, passenger platforms, flow routes

Введение. Постановка проблемы в общем виде, ее связь с важными научными и

практическими задачами. На основании длительных исследований состояния бетонных

и железобетонных конструкций сооружений, эксплуатируемых на железных дорогах Украины, электрифицированных постоянным током, установлено, что одной из основных причин повреждений и преждевременного снижения долговечности указанных конструкций является несовершенство теории электрокоррозии бетона и железобетона и конструкций из них. В наибольшей степени это относится к обводненным конструкциям.

Анализ последних исследований и публикаций. Одним из фрагментов несовершенства теории является несоответствие схем протекания токов утечки

через конструкции, в частности представленных на рис. 1, 2 [1, 2].

Это обусловлено, на наш взгляд, тем что:

- бетон рассматривается как электрическое активное сопротивление, намного порядков больше, чем сопротивление арматуры, но намного меньше, чем сопротивление изоляторов;

- токи от контактных проводов через воздух попасть на конструкции не могут из-за считающегося бесконечным сопротивления воздуха;

- бетон как таковой считается неподверженным электрокоррозии.

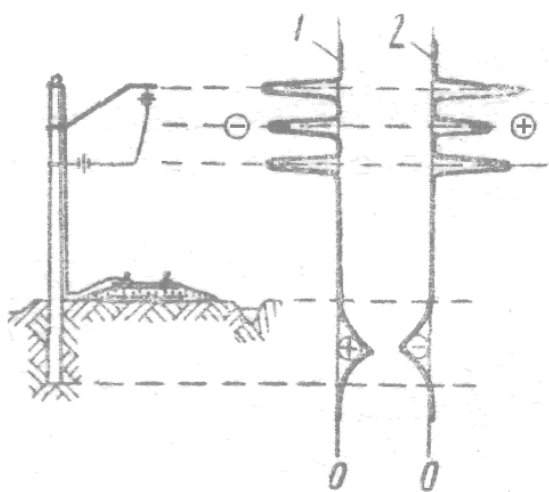
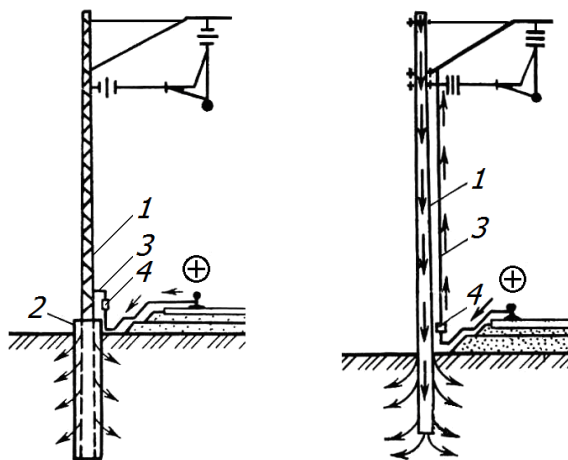


Рис. 1. Распределение зон утечки тока и протекания вдоль арматуры опоры при положительных (1) и отрицательных (2) значениях потенциалов «рельс-земля» [1]



1 – опора; 2 – фундамент; 3 – заземляющий проводник; 4 – поврежденный искровой промежуток
Рис. 2. Схема стекания тока с рельсов через фундаменты металлических (а) и железобетонных (б) опор при неисправной изоляции [2]

Подобные схемы представлены и для других конструкций, в частности мостов, железобетонных шпал и др. В этих схемах предполагается, что ток утечки протекает только по арматуре, которая при этом подвергается электрокоррозии. Однако для сложных условий эксплуатации (сочетание обводнения конструкций со значительными токами утечки с рельсов) эти пути не соответствуют действительным путям протекания тока утечки.

Особенностью действия постоянного тока на электрифицированных путях является то, что в действительности это не постоянный, а пульсирующий однонаправленный

постоянный ток. При таком токе и обводненности бетон обладает очень высокой емкостной проводимостью, обусловленной его гигантской диэлектрической проницаемостью, что в условиях пульсирующего однонаправленного постоянного тока создает сопоставимую с активной и даже превышающую ее емкостную проводимость $2\pi fC$. Кроме того, на основе выполненных аналитических исследований нами установлено, что интенсивную электрокоррозию железобетонных конструкций вызывают также природные и антропогенные избыточные заряды в верхних слоях грунта.

Определение цели и задачи исследования. С учетом изложенного нами разработаны принципиально отличающиеся от существующих новые схемы протекания электрокоррозионноопасных токов утечки с

рельсов, токов от электрополя контактных проводов, от избыточных зарядов Земли природного и антропогенного характера (рис. 3).

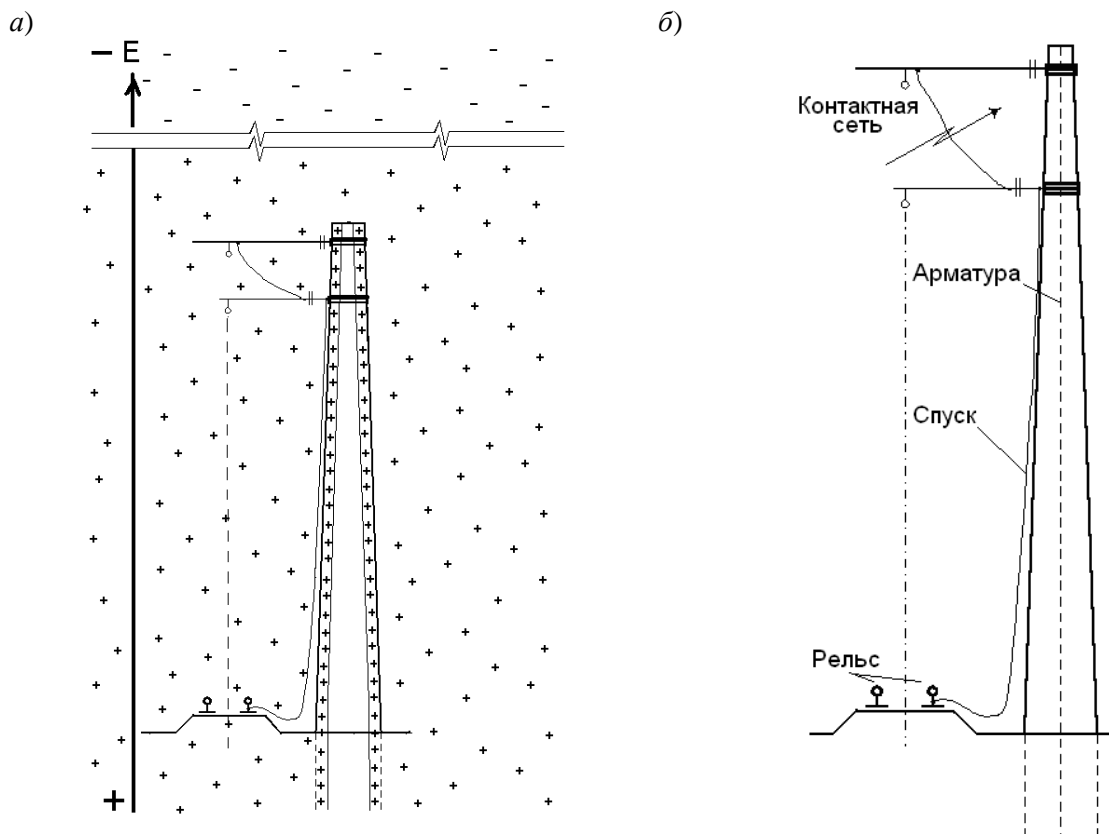


Рис. 3. Схема заземления консоли железобетонной опоры в обычных условиях (а) и при избыточном положительном заряде Земли (б) [3]

Согласно этим схемам и с учетом высокой емкостной проводимости бетона ток в железобетонных опорах и в поверхностных слоях фундаментов металлических опор, а также в других обводненных железобетонных конструкциях протекает по схемам с параллельным соединением активного и емкостного сопротивления арматуры, точнее, ее защитного слоя. При этом в связи с тем, что арматура в начале эксплуатации опоры или фундамента находится в щелочной среде бетона, электрокоррозии подвергается в первую очередь бетон.

Основная часть исследований. В железобетонных опорах контактной сети, для которых обнаружена высокая повреждаемость

от избыточного положительного заряда, возникающего при космическом запуске ракет, опора приобретает избыточный положительный заряд. В случае, когда комель опоры имеет исправную гидроизоляцию, это приводит в дождливую погоду к выносу катионов Ca^{2+} на поверхность опоры и их стеканию с водным потоком в грунт. Вслед за катионами в грунт стекают также гидроксильные ионы, т. е. протекает интенсивная электрокоррозия бетона в опорах. В сухую погоду токи от избыточного заряда на опоре стекают в грунт и достигают максимальных величин при высоком уровне грунтовых вод (рис. 4).

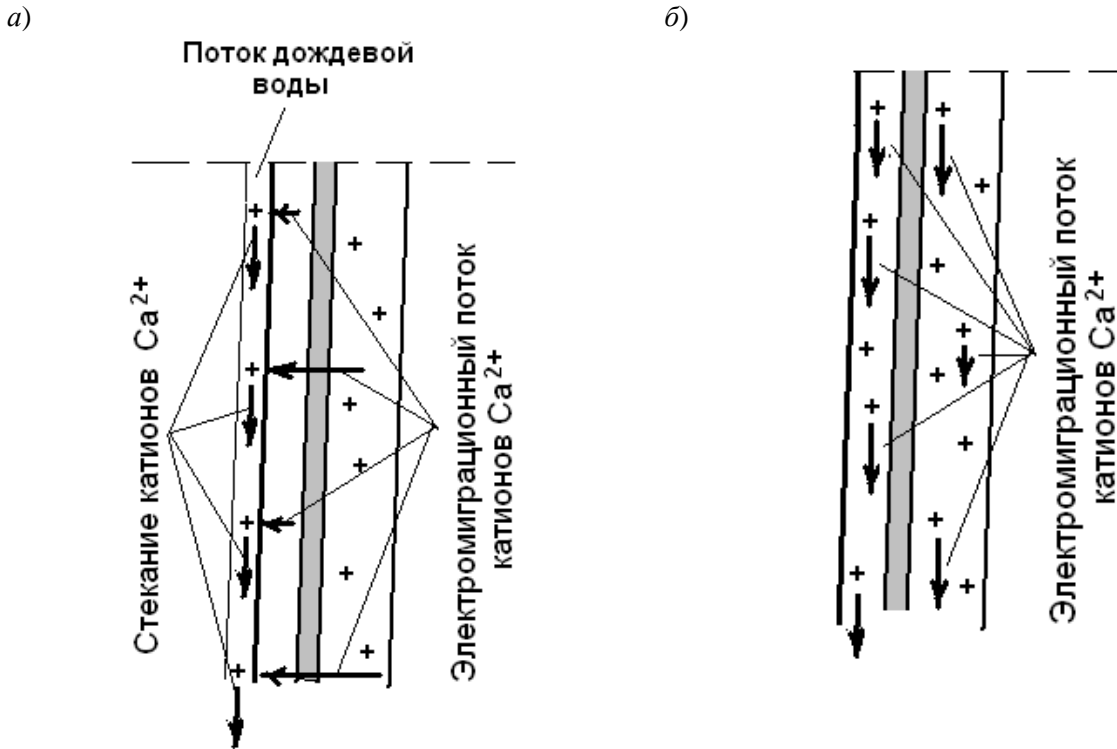


Рис. 4. Стеkanie токов при избыточном положительном заряде Земли в дождливую (а) и сухую (б) погоду

Избыточный положительный заряд может быть природным, например, у подножия гор или на побережье морей, океанов, больших рек и др. В этом случае избыточный положительный заряд накапливается в конструкциях обделки тоннеля. При поврежденной гидроизоляции обделки из бетона или раствора каменной кладки возникают электромиграционные потоки катионов Ca^{2+} , которые с потоками воды через обделку стекают внутрь тоннеля и уносятся за его пределы по водоотводным лоткам (рис. 5). То есть протекает электрокоррозия бетона и раствора, а также железобетона обделки тоннеля.

По схеме протекания тока утечки с рельсов по конструкциям высокой пассажирской платформы (рис. 6) ток с рельсов проходит через бетон и раствор, который является хорошим проводником электрического тока. Стеkanie тока утечки с конструкций проходит по кратчайшим путям с наименьшим сопротивлением. Таким местом является более близкий к ним торец бетонного блока-опоры. В период дождей по этому месту под действием постоянного потенциала на

рельсе возникает направленный поток катионов кальция Ca^{2+} , а за ними анионов OH^- из бетона опоры в землю, точнее в воду грунта, то есть протекает электрокоррозийное выщелачивание бетона.

Но при этом растет концентрация этих ионов в воде грунта, и электромиграционный поток останавливается, за счет чего останавливается электрокоррозийное выщелачивание бетона. Процесс выщелачивания и разрушения таким образом бетона опоры будет продолжаться лишь при условии отведения ионов из-под опоры в грунт, другими словами, когда возникает диффузионный поток ионов от опоры в грунт и растекание ионов в нем (по аналогии с сопротивлением растекания тока в грунте). При этом общий поток ионов из бетона опоры и, соответственно, скорость электрокоррозии бетона определяются коэффициентом диффузии ионов в грунте.

На скорость растекания ионов в грунте влияет также его влажность, скорость течения грунтовых вод, а потому и напор грунтовых вод, т. е. отношение разницы уровней грунтовой воды под платформой и в водоеме к

расстоянию между ним. Расположение водоема или водотока неподалеку от платформы обуславливает ускорение такого потока и, соответственно, ускорение вынесения ионов из бетона опор, т. е. электрокоррозию бетона.

По схеме протекания токов утечки с рельсов по конструкциям высоких пассажирских платформ с железобетонными стойками и ригелями (рис. 6) ток утечки попадает в конструкции в период дождя через мокрый от дождя грунт перед платформой и частично под ней через защитный слой бетона на стойку и через ее арматурный каркас в каркас железобетонного ригеля. Ригели и железобетонные ребристые плиты соединены друг с другом через закладные детали, которые приварены к их арматурным каркасам или соединены с каркасами другим способом. Следовательно, потенциал от рельса передается в арматурный каркас наружных граней плит по всей их поверхности. Поверхность грунта с наружной стороны платформы, как правило, переходит в откос, в связи с чем во время дождей с этой поверхности и на откосе

происходит вымывание катионов K^+ и Na^+ (в основном), и грунт имеет в этом месте избыточный отрицательный заряд. Соответственно, с боковой грани плиты возникает электромиграционный поток катионов Ca^{2+} из бетона и катионов Fe^{2+} из арматуры, т. е. электрокоррозия железобетона наружной грани железобетонной плиты. Согласно схеме протекания токов в конструкциях путепровода возникает поток ионов как от потенциала рельсов, так и от электрического поля контактного провода (рис. 7, а).

В условиях, когда под путепроводом сухие грунты (большинство путепроводов), на электрокоррозию их конструкций в большей степени влияют не токи утечки с рельса, а электрическое поле, наведенное контактными проводами. В этом случае большое значение имеет состояние балласта (загрязненность), состояние рельсовых креплений (повреждения) и удаленность путепровода от водоема или водотока (реки).

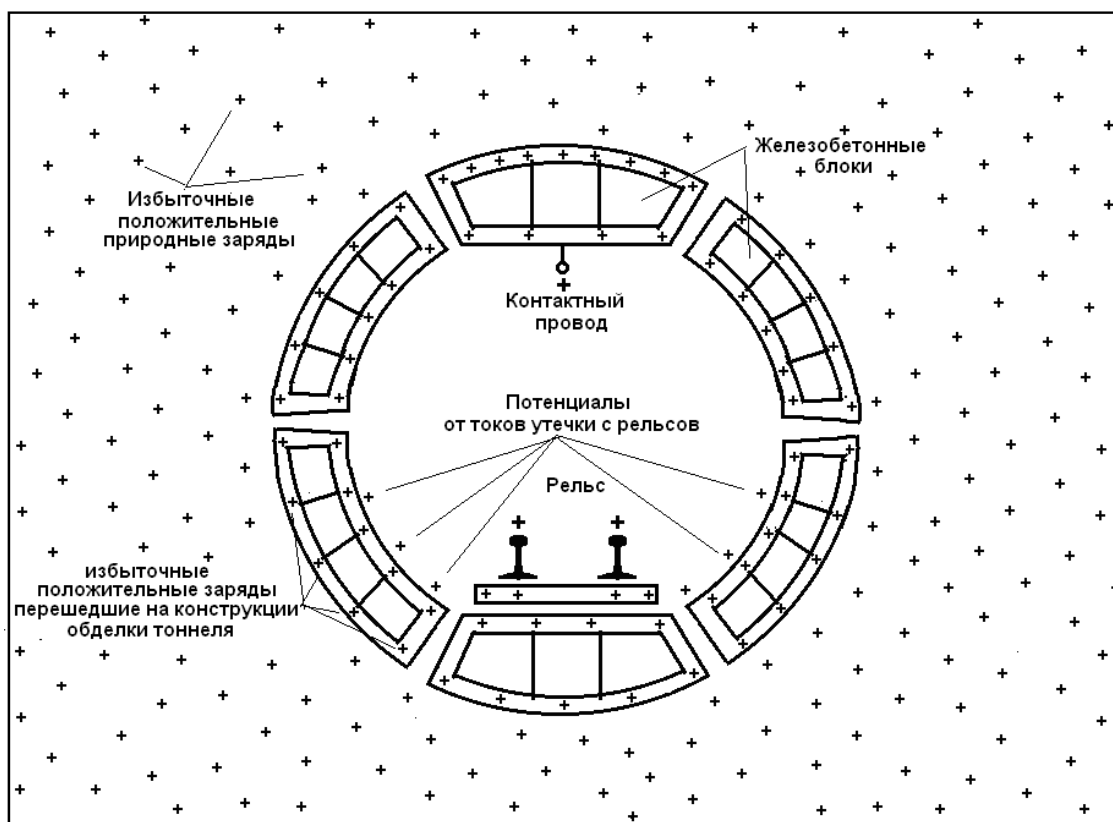


Рис. 5. Схема перетекания избыточного положительного природного заряда на конструкции обделки тоннеля

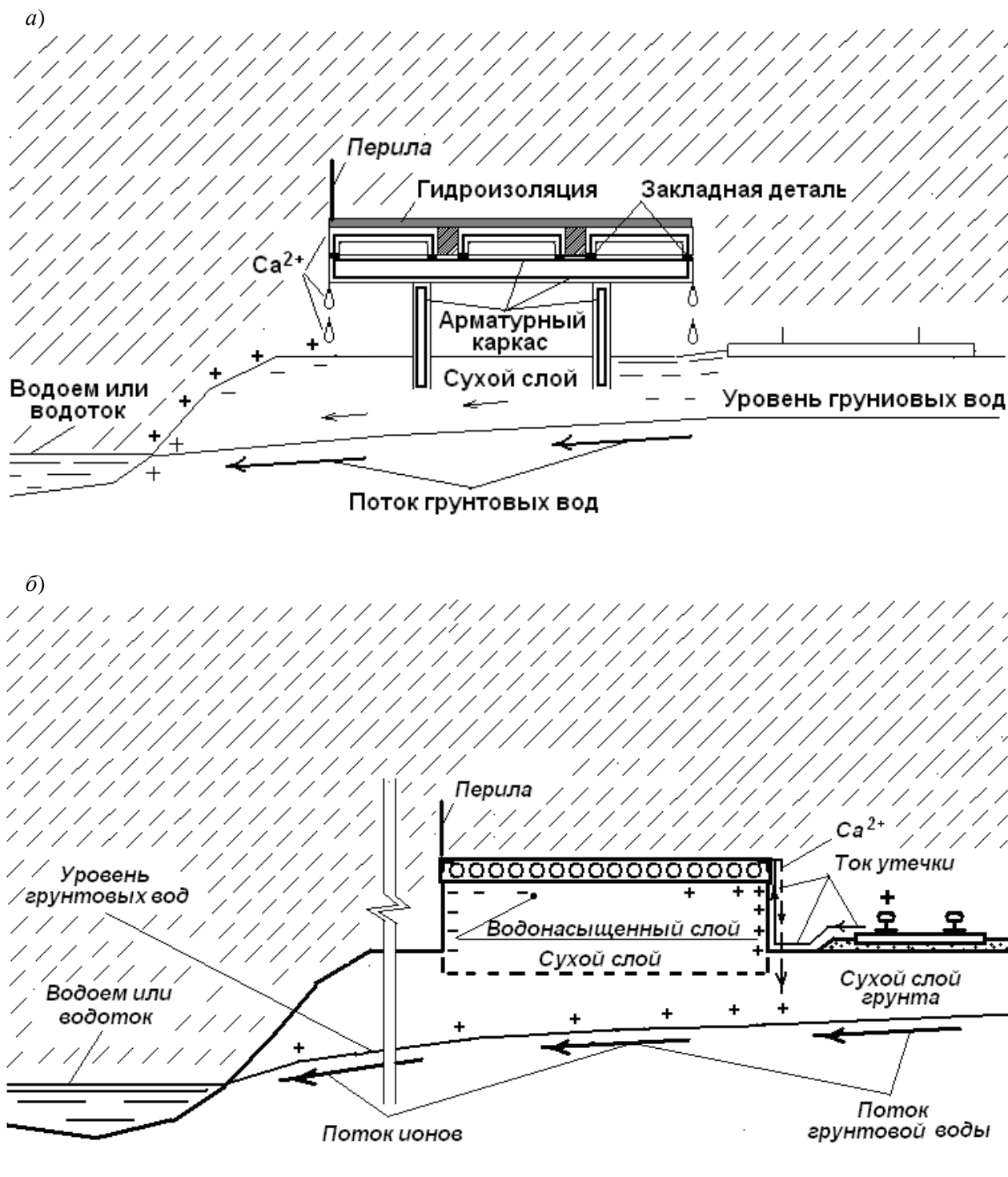


Рис. 6. Схема протекания тока утечки с рельсов в конструкции высокой пассажирской платформы с бетонными опорами (а) и с железобетонными стойками и ригелями (б)

Влияние водоемов и рек на электрокоррозию конструкций путепровода состоит в том, что под путепроводом грунт, как

правило, является сухим, поэтому протекание тока утечки, возникающего от контактной сети, проходит по крайним конструкциям (опорам) в

грунт и грунтовую воду в водоем или реку (рис. 7, б). Такая зависимость подтверждается графиком на рис. 8, построенным нами по результатам исследований состояния конструкций высоких пассажирских платформ.

При креплении контактных проводов к опорам контактной сети схема протекания токов утечки по конструкциям мостов через речку на участках с положительным потенциалом существенно отличается (рис. 9). Токи утечки стекают с рельсов, проходят через элементы проезжей части, пролетные строения,

опоры и фундаменты и через них – в речку. На выходе из опоры или фундаментов в речку переходят электромиграционным путем ионы Ca^{2+} , а вслед за ними OH^- , возникает электрокоррозия бетона. При снижении рН и разуплотнении бетона возникает электрокоррозия арматуры. Кроме того, токи утечки могут протекать через плиту балластного корыта (при нарушенной гидроизоляции) и по боковым граням пролетного строения во время дождя.

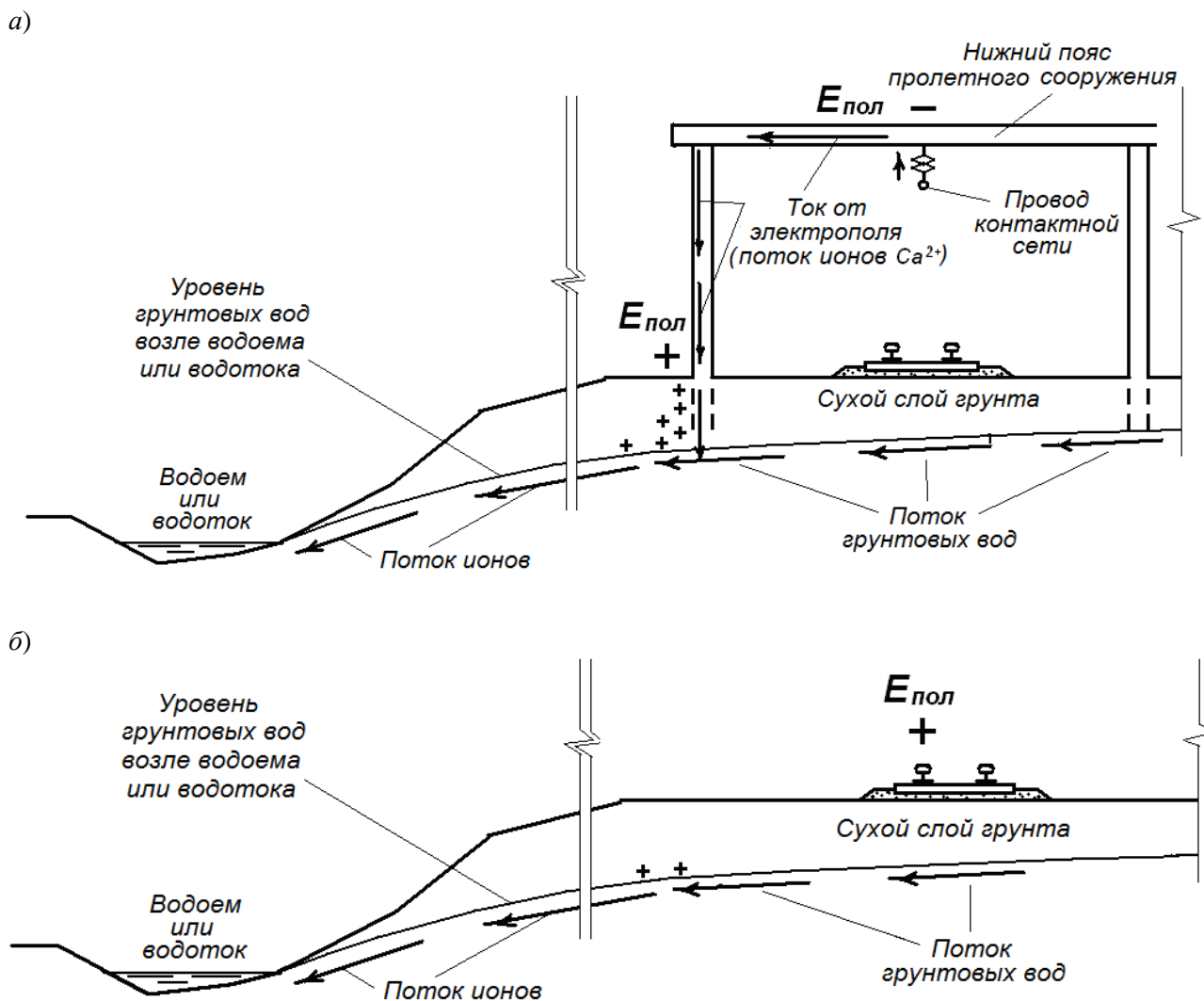


Рис. 7. Схема протекания тока (выноса ионов), возникающего от электрического поля:

а – созданного контактным проводом, через конструкции путепровода и грунтовые воды в водоем или водоток (грунтовые воды расположены близко к поверхности грунта); б – на участке рельсового пути недалеко от путепровода, через грунтовые воды в водоем или водоток (грунтовые воды расположены глубоко от поверхности грунта)

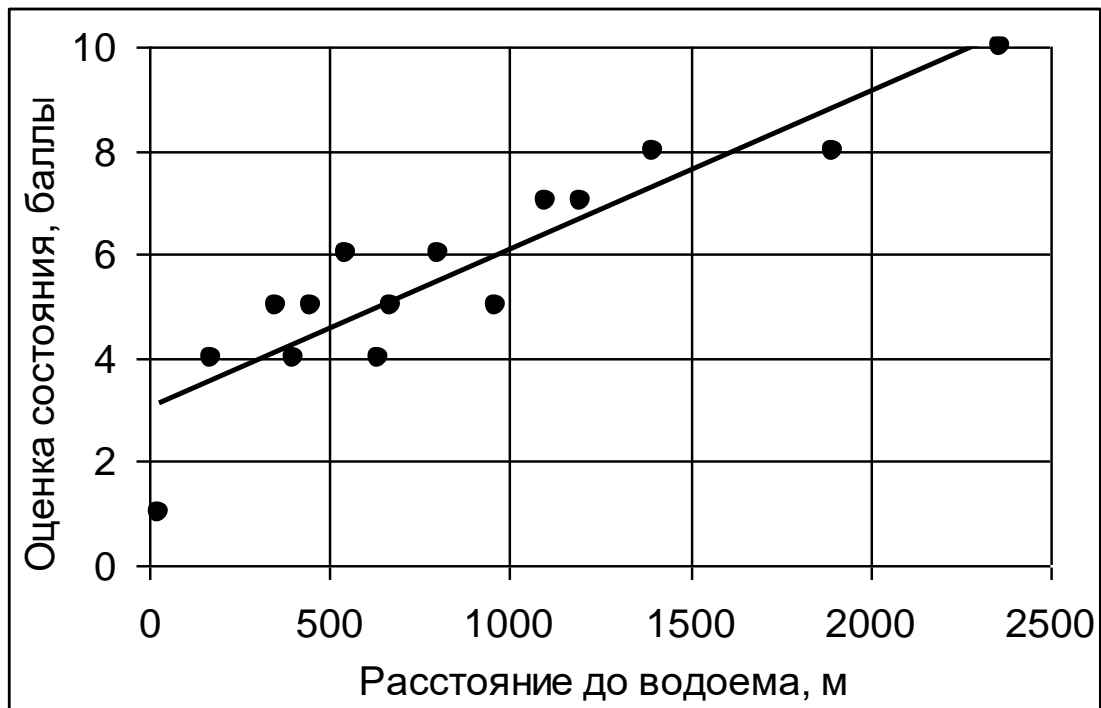


Рис. 8. Зависимость состояния конструкций платформы от ее расстояния до водоема

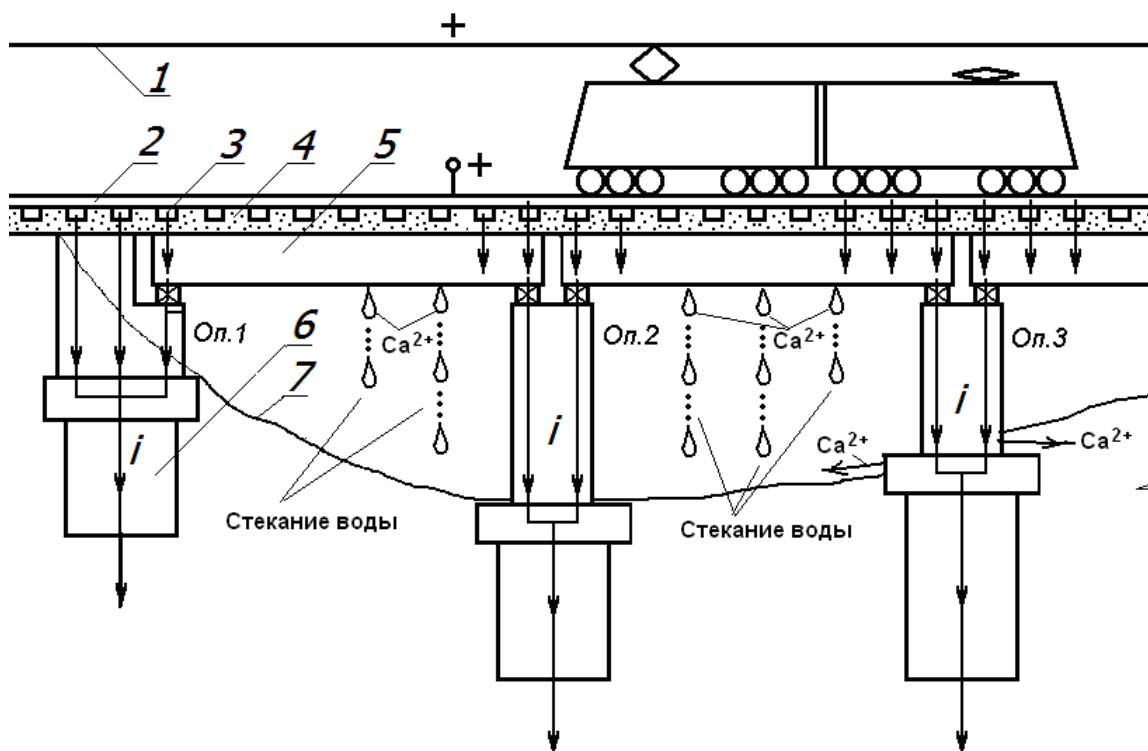


Рис. 9. Схема протекания токов утечки по конструкциям железобетонного моста:
 1 – контактный провод; 2 – рельсы; 3 – шпалы; 4 – балласт; 5 – пролетные строения;
 6 – опоры; 7 – грунт; Оп.1 ÷ Оп.3 – номера опор

В конструкциях вантовых мостов также могут возникать через некоторое время после строительства очень большие избыточные отрицательные заряды, накопленные тысячелетиями, и в связи с этим происходит разрушение конструкций мостов. Согласно схеме на рис. 10 избыточные отрицательные заряды перетекают (протекают токи) через фундаменты по опорам в конструкции пролетных строений и ванты. Накапливаясь в них, избыточные заряды в виде электронов в стали увеличивают отрицательный заряд

ферритовых зерен и вызывают отталкивание между ними. В результате ослабевают силы притяжения между зернами феррита и в определенный момент эти силы становятся близкими к притягивающим, сталь переходит в состояние эластичности или даже текучести. Соответственно, пролетное строение моста приобретает эластические огромные по величине деформации, и такой мост разрушается или подвергается очень большим колебаниям (например, Такоумский мост в США [4], Волгоградский мост в России [5] и др.).

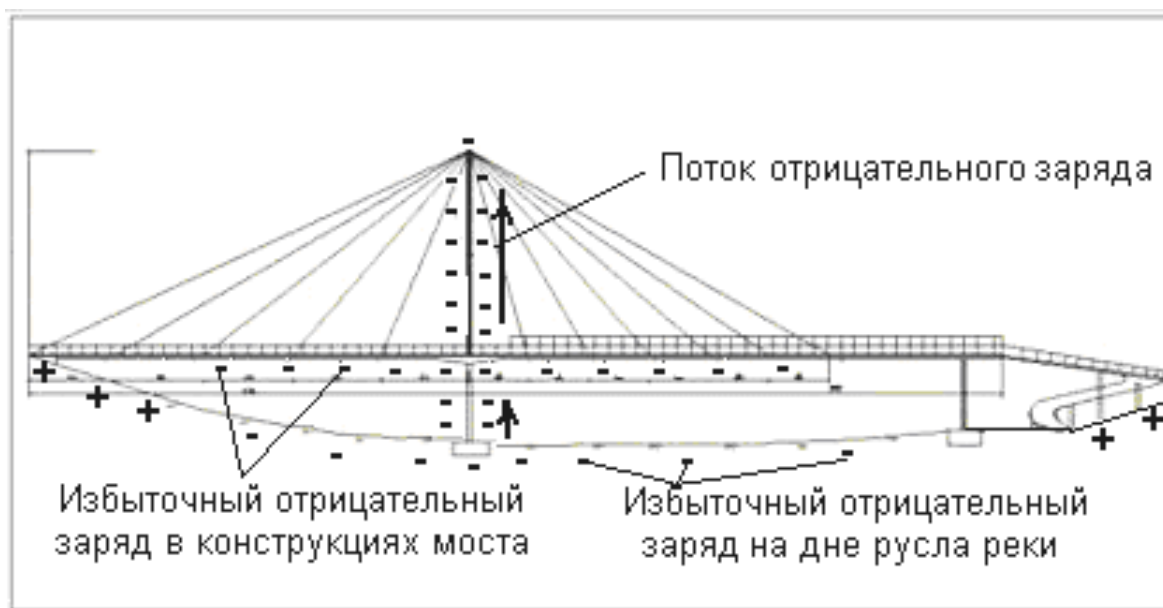


Рис. 10. Схема перетекания избыточного отрицательного заряда со дна русла реки в конструкции вантового моста

Выводы и перспективы дальнейшего развития. На основе рассмотренных схем разработаны и внедрены совместно с другими авторами кафедры СМКС УкрДАЗТ комплекс новых методик проведения эксплуатационных исследований электрокоррозионной опасности

бетонных, железобетонных, каменных и металлических конструкций сооружений, а также высокоэффективные материалы и технологии для их защиты от электрокоррозии и обеспечения несущей способности и высокой долговечности.

Список использованных источников

1. Котельников, А.В. Блуждающие токи электрифицированного транспорта [Текст] / А.В. Котельников. – М.: Транспорт, 1986. – 279 с.
2. Кудрявцев, А.А. Несущая способность опорных конструкций контактной сети [Текст] / А.А. Кудрявцев. – М.: Транспорт, 1988. – 160 с.
3. Экспериментальные исследования коротких замыканий на разземленных опорах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://edu.dvgups.ru/METDOC/GDTRAN/DEPEN/ELSN_TR/REL_ZA/MET/DINKIN/UP5.htm. – Загл. с экрана. (Дата обращения: 20.02.2014).

4. Висячие мосты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gendocs.ru>. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 19.02.2014).

5. Качающийся (танцующий) мост в Волгограде [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.youtube.com/watch?v=4qHmA0DyHzc. – Загл. с экрана. (Дата обращения: 20.02.2014).

Плугін Аркадій Миколайович, доктор хім. наук, професор кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057)730-10-63. E-mail: plugin.star@mail.ru

Плугін Андрій Аркадійович, доктор техн. наук, професор кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057)730-10-63. E-mail: plugin-aa@rambler.ru

Плугін Дмитро Артурович, канд. техн. наук, доцент кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057)730-10-63. E-mail: plugin-da@mail.ru

Трикоз Людмила Вікторівна, канд. техн. наук, доцент кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057)730-10-68. E-mail: lvtrikoz@ukr.net

Плугін Олексій Андрійович, канд. техн. наук, доцент кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057)730-10-63. E-mail: plugin07@rambler.ru

Plugin Arkadij, doct. of chem. sciences, professor Department Building Materials, Constructions and Structures Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel. (057)730-10-63. E-mail: plugin.star@mail.ru

Plugin Andriy, doct. of techn. sciences, professor Department Building Materials, Constructions and Structures Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel. (057)730-10-63. E-mail: plugin-aa@rambler.ru

Plugin Dmitrij, cand. of techn. sciences, associate professor Department Building Materials, Constructions and Structures Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel. (057)730-10-63. E-mail: plugin-da@mail.ru

Trykoz Liudmyla, cand. of techn. sciences, associate professor Department Building Materials, Constructions and Structures Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel. (057)730-10-68. E-mail: lvtrikoz@ukr.net

Plugin Oleksij, cand. of techn. sciences, associate professor Department Building Materials, Constructions and Structures Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel. (057)730-10-63. E-mail: plugin07@rambler.ru

УДК 624.016.001.2

НЕКОТОРЫЕ СООБРАЖЕНИЯ О КРИТЕРИЯХ ОПТИМАЛЬНОСТИ

Кандидаты техн. наук Ю.П. Китов, Г.Л. Ватуля, М.А. Веревичева

ДЕЯКІ МІРКУВАННЯ ЩОДО КРИТЕРІЇВ ОПТИМАЛЬНОСТІ

Кандидати техн. наук Ю.П. Кітов, Г.Л. Ватуля, М.А. Веревичева

SOME CONSIDERATIONS ON THE CRITERIA OF OPTIMALITY

Candidates of techn. sciences Y.P. Kitov, G.L. Vatulia, M.A. Verevicheva

В последнее время в качестве одного из подходов к формированию рациональных конструкций, помимо классического критерия (минимум объема или веса), используется подход, в основе которого лежат энергетические принципы (минимум потенциальной энергии деформации). В статье сравниваются результаты оптимизации по двум указанным критериям на примере стержневой конструкции (фермы).

Ключевые слова: оптимизация, целевая функция, ограничения, объем, потенциальная энергия.

Останнім часом як один з підходів до формування раціональних конструкцій, окрім класичного критерію (мінімум об'єму або ваги), використовується підхід, в основі якого лежать енергетичні принципи (мінімум потенційної енергії деформації). У статті порівнюються результати оптимізації за двома вказаними критеріями на прикладі стержневої конструкції (ферми).

Ключові слова: оптимізація, цільова функція, обмеження, об'єм, потенційна енергія.

Lately as one of methods of rational constructions formation, besides a classic criterion (a minimum of volume or weight), is assumed the approach based on power principles (a minimum of potential energy of deformation). In the article the authors provide the comparison of optimization result on examples of bridge truss.

Keywords: Optimization, objective function, limitations, volume, potential energy.

Постановка задачі в общем виде. В практике строительства необходимо использовать эффективные строительные конструкции. Для этого постоянно совершенствуются критерии и методы оптимизации как в общем виде, так и применительно к расчетным схемам.

Обзор последних исследований. Классическими критериями оптимальности конструкций из одного материала являются объем либо вес [1 – 4]. Если же конструкция состоит из различных материалов, например, из

стали и бетона, то критерием считается стоимость.

Наряду с этим в качестве одного из подходов используется критерий минимальности потенциальной энергии деформации [5, 6]. Правомерность такого подхода обосновывается [6] следующим образом. Рассмотрим напряжения и потенциальную энергию для двух случаев напряженного состояния – сжатия и изгиба элементов, приведенных на рис. 1.

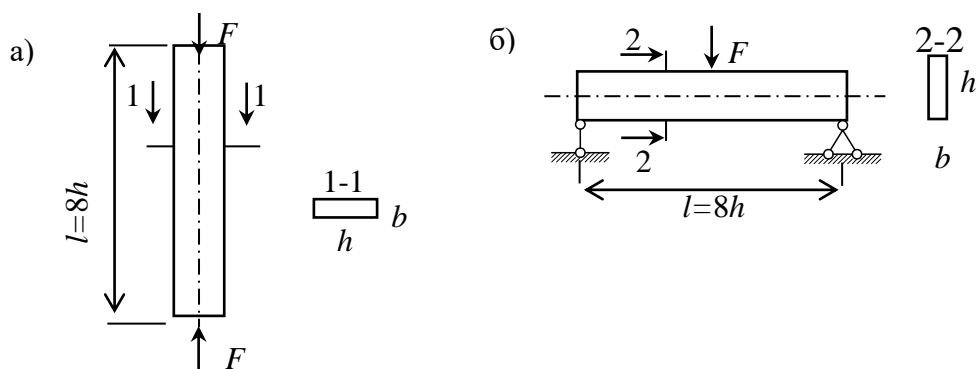


Рис. 1. Деформируемые элементы: а) сжатый, б) изогнутый

Соответствующие напряжения равны

$$\sigma_c = -\frac{F}{bh}, \quad \sigma_{и} = \pm 12 \frac{F}{bh},$$

т. е. напряжение в элементе при изгибе в 12 раз больше напряжения при осевом сжатии.

Потенциальная энергия

$$U_c = \frac{1}{2} \int_0^l \frac{N^2}{EA} dx = \frac{1}{2} \frac{F^2 l}{Ebh} = \frac{4F^2}{Eb},$$

$$U_{и} = \frac{1}{2} \int_0^l \frac{M^2}{EJ} dx = \frac{64F^2}{Eb},$$

т. е. потенциальная энергия деформаций при изгибе в 16 раз больше, чем при сжатии. Очевидно, в обоих случаях, энергия деформаций является интегральной строго положительной величиной, отражающей уровень напряженно-деформированного состояния. Поэтому минимум потенциальной энергии деформаций можно принимать в качестве критерия рациональности конструкции.

Цель исследований. Цель работы – сравнить результаты оптимизации по двум указанным критериям (минимум объема и потенциальной энергии) на примере стержневой конструкции – фермы как элемента подмножества систем с заданной топологией.

Постановка задачі. Рассмотрим сначала гипотетический случай, когда все стержни системы испытывают только деформацию растяжения. Тогда потенциальная энергия системы

$$U = \sum_{i=1}^n \frac{N_i^2 l_i}{2EA_i}, \quad (1)$$

где n – количество элементов системы;

l_i – длина i -го стержня;

N_i – усилие в i -м стержне;

A_i – площадь сечения i -го стержня;

E – модуль упругости.

Площади сечения стержней определяются из условия прочности:

$$A_i \geq \frac{N_i}{mR_y}, \quad (2)$$

где mR_y – расчетное сопротивление материала стержня при растяжении.

Преобразуем выражение (1), умножив числитель и знаменатель на A_i . С учетом того, что $A_i l_i = V_i$ – объем материала i -го стержня, а отношение $\frac{N_i}{A_i} = mR_y$ согласно формуле (2), получим:

$$U = k \sum_{i=1}^n V_i = kV, \quad (3)$$

где V – объем материала всей конструкции;

k – постоянный множитель,

$$k = \frac{(mR_y)^2}{2E}. \quad (4)$$

Из выражений (3) и (4) следует, что при одних и тех же оптимальных значениях топологических переменных

$$\min U = k \min V, \quad (5)$$

т. е. оптимальные проекты, найденные по критерию минимума объема и энергии, тождественны.

В действительности же в стержнях системы возникают как растягивающие, так и сжимающие усилия. Для сжатых стержней площади сечений определяются из условия устойчивости

$$A_i \geq \frac{N_i}{\varphi_i mR_y}, \quad (6)$$

где φ_i – коэффициент уменьшения основного расчетного сопротивления при растяжении, $\varphi_i \leq 1$.

Потенциальная энергия системы в этом случае выражается через объем материала следующим образом:

$$U = k \sum_{i=1}^n \varphi_i^2 V_i, \quad (7)$$

где V_i – объем i -го стержня с учетом формулы (6).

Из выражения (7) следует, что $\min U$ и $\min V$ достигаются при различных значениях геометрических параметров оптимизируемой системы. Таким образом, оптимальные системы, полученные из условий минимальности потенциальной энергии и минимальности объема, не совпадают. Исследуем, какая из них является более рациональной и в каком смысле.

Сравнение двух оптимальных решений на примере фермы с одним оптимизируемым размером $y_1 \equiv y_{1-2}$ (рис. 2, а).

Ферма состоит из стальных стержней трубчатого сечения (рис. 2, б), $mR_y = 180$ МПа, длины стержней выражаются в метрах, площади сечений и объемы материала, соответственно, в сантиметрах квадратных и сантиметрах кубических. Усилия – в килоньютонах.

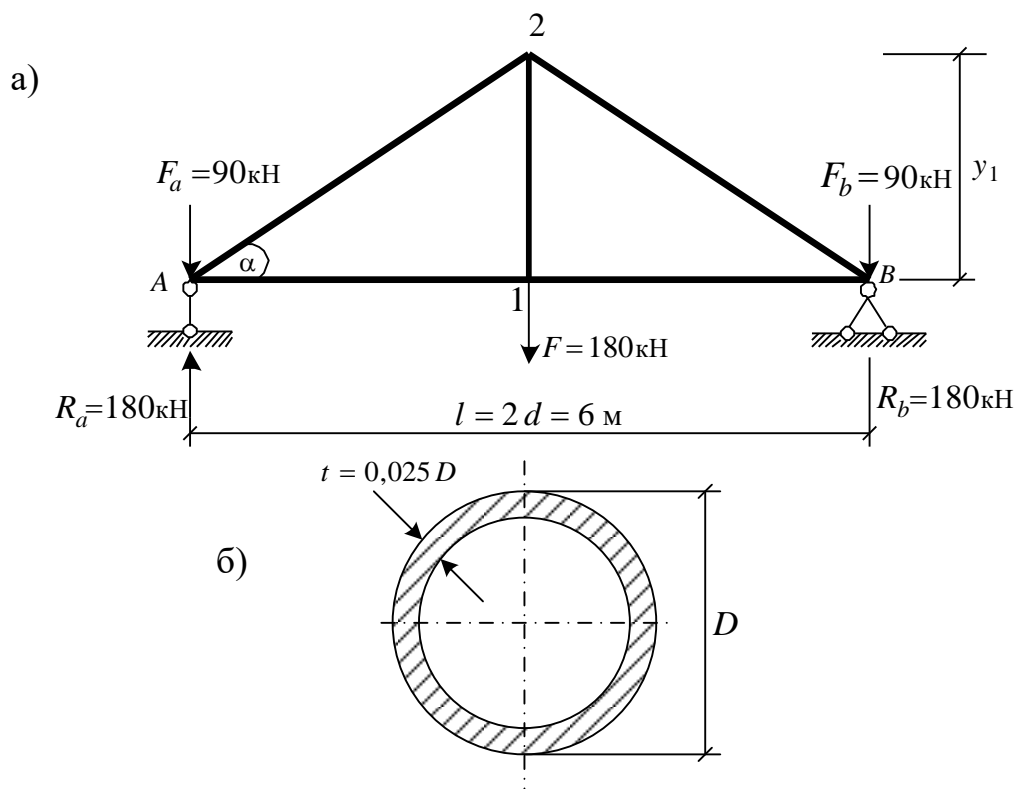


Рис. 2. Ферма: а – расчетная схема, б – трубчатое сечение стержня фермы

Геометрические характеристики сечения и гибкость элемента:

$$A = \frac{\pi}{4} [D^2 - (D - 2t)^2] = 0,07657632D^2, \quad J = \frac{\pi}{64} [D^4 - (D - 2t)^4],$$

$$i = \sqrt{\frac{J}{A}} = \sqrt{0,11890635 D^2} \approx 1,2461 \sqrt{A}; \quad \lambda = \frac{l}{i} = \frac{l}{1,2461 \sqrt{A}}.$$

1. Оптимизация размеров из условия минимизации объема материала фермы

$$V(y_1) = 2 \frac{|N_{A-2}(y_1)| l_{A-2}(y_1)}{\varphi_{A-2}(y_1) m R_y} + 2 \frac{N_{A-1}(y_1) l_{A-1}(y_1)}{m R_y} + \frac{N_{1-2}(y_1) l_{1-2}(y_1)}{m R_y}, \quad (8)$$

где усилия определяются по формулам:

$$N_{A-2} = -\frac{R_a - F_a}{\sin \alpha} = -\frac{R_a - F_a}{y_1} \sqrt{d^2 + y_1^2} = -\frac{90 \sqrt{9 + y_1^2}}{y_1}, \quad l_{A-2} = \sqrt{d^2 + y_1^2};$$

$$N_{A-1} = -N_{A-2} \cos \alpha = \frac{R_a - F_a}{y_1} d = \frac{270}{y_1}, \quad l_{A-1} = d; \quad N_{1-2} = 180 \text{ кН}, \quad l_{1-2} = y_1,$$

площади сечений и гибкости:

$$A_{A-2} = \frac{|N_{A-2}|}{\varphi_{A-2} m R_y} \cdot 10, \quad \lambda_{A-2} = \frac{\sqrt{9 + y_1^2} \cdot 100}{m_1 \sqrt{A_{A-2}}}, \quad m_1 = 1,2461,$$

$$A_{A-1} = \frac{N_{A-1}}{\varphi_{A-2} m R_y} \cdot 10, \quad \lambda_{A-1} = \frac{100 d}{m_1 \sqrt{A_{A-1}}},$$

$$A_{1-2} = \frac{N_{1-2}}{\varphi_{A-2} m R_y} \cdot 10, \quad \lambda_{1-2} = \frac{100 y_1}{m_1 \sqrt{A_{1-2}}}.$$

Окончательно получаем:

$$V(y_1) = \frac{180 \cdot 10^3}{m R_y} \left(\frac{9 + y_1^2}{\varphi_{A-2}(y_1) y_1} + \frac{9}{y_1} + y_1 \right). \quad (9)$$

Для вычисления коэффициента φ в зависимости от гибкости λ в интервале $60 \leq \lambda \leq 150$ используется выражение, полученное интерполяцией табличных данных [7]:

$$\varphi(\lambda) = 1,111 \cdot 10^{-6} \cdot \lambda_{\text{пр}}^3 - 1,389 \cdot 10^{-4} \lambda_{\text{пр}}^2 - 2,5 \cdot 10^{-3} \lambda_{\text{пр}} + 0,86, \quad (10)$$

$$\lambda_{\text{пр}} = (l / m_1 \sqrt{A} - 0,6) \cdot 10^2,$$

где l выражается в метрах.

В общем случае функцию (8), заданную аналитически, можно оптимизировать с помощью метода Ньютона [8], записав условия оптимальности. Определение площадей сечений сжатых стержней производилось методом последовательных приближений с использованием зависимости (10).

Получено минимальное значение $\min V$ и соответствующее значение переменной y_1 :

$$y_1 = 2,32 \text{ м}, \quad \min V = 15026 \text{ см}^3.$$

2. Оптимизация размеров фермы из условия минимизации потенциальной энергии

Согласно выражениям (9), (7), получаем

$$U(y_1) = \frac{180 \cdot 10^3}{m R_y} \left(\frac{9 + y_1^2}{y_1} \varphi_{A-2}(y_1) + \frac{9}{y_1} + y_1 \right). \quad (11)$$

Выразим, как и в предыдущем случае, функцию $U(y_1)$ в табличном виде. Получим:

$$y_1 = 3,92 \text{ м}, \quad \min U = 937 \text{ Дж}.$$

При этом объем $V(y_1) = 18466 \text{ см}^3$, что на 23 % превышает $\min V$.

На рис. 3 показан вид фермы, полученной в соответствии с двумя критериями оптимальности.

Очевидна більша матеріалоемкість фермы, полученной по критерию минимальной потенциальной энергии. На рис. 4 показаны графики зависимости $V(y_1)$ и $U(y_1)$.

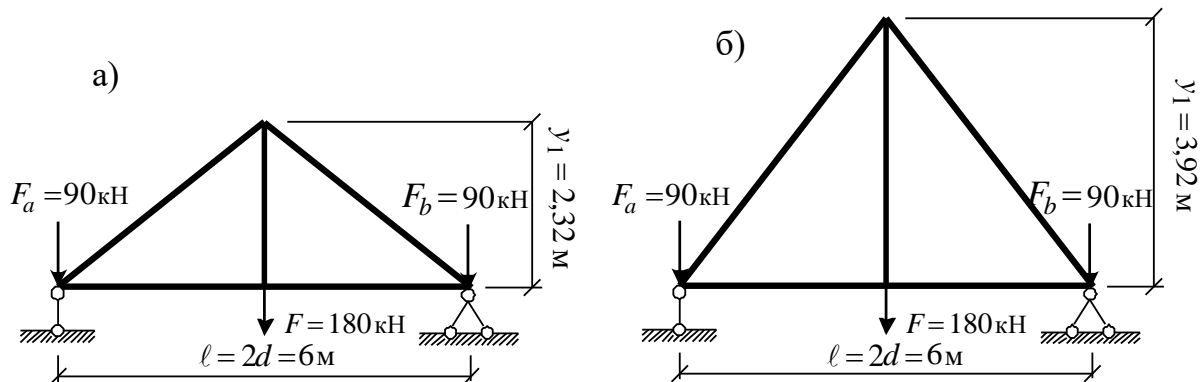


Рис. 3. Оптимальная ферма, полученная при минимизации объема (а); при минимизации потенциальной энергии (б)

Однако для фермы, полученной для $\min U$, увеличивается жесткость системы и,

соответственно, уменьшаются прогибы. Прогиб вычислялся методом Мора по формуле

$$f(y_1) = \frac{1}{EF} \left[2 \frac{N_{A-2}^2(y_1) l_{A-2}(y_1)}{A_{A-2}(y_1)} + 2 \frac{N_{A-1}^2(y_1) l_{A-1}(y_1)}{A_{A-1}} + \frac{N_{1-2}^2(y_1) l_{1-2}(y_1)}{A_{1-2}} \right].$$

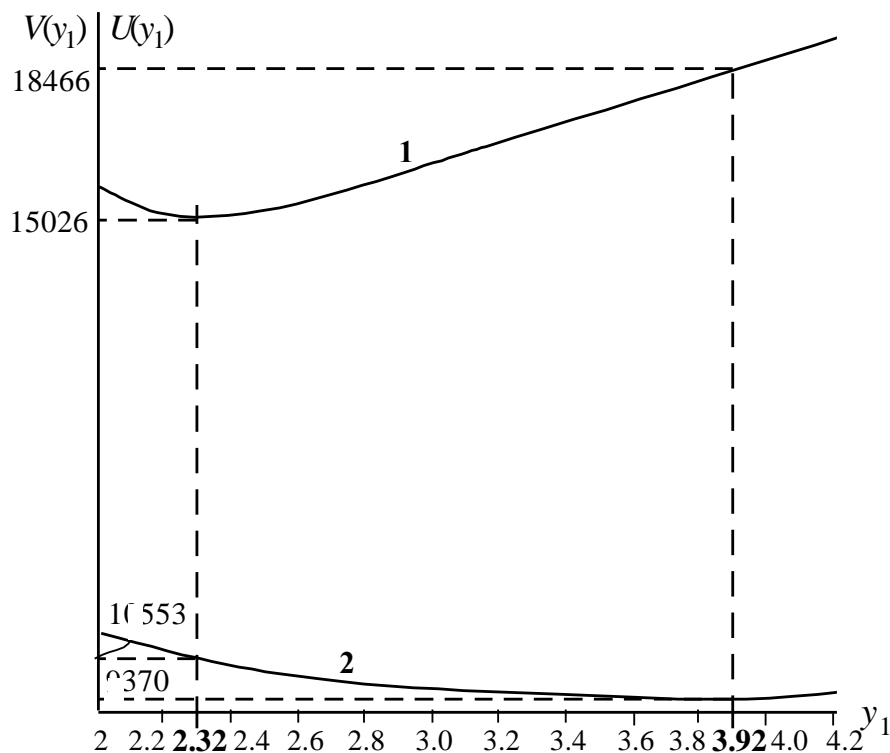


Рис. 4. Графики зависимостей 1) $V(y_1)$, см³; 2) $U(y_1)$, Дж

Значение прогиба $f_V(y_1)$ при $y_1 = 2,32$ м (т. е. при $\min V$) в точке приложения силы составляет 0,950 см. Прогиб $f_U(y_1)$, который достигается при $y_1 = 3,92$ м (т. е. при $\min U$), равен 0,843 см, т.е. на 11,3 % меньше.

Оптимизация фермы минимального объема с ограничением по жесткости

Изменим площади поперечных сечений элементов полученной фермы с минимальным

объемом (рис. 3, а) так, чтобы прогиб точки приложения силы $f_V(y_1)$ при $y_1 = 2,32$ м уменьшился и стал как можно ближе к прогибу $f_U(y_1)$ при $y_1 = 3,92$ м (т. е. при $\min U$). Для этого минимизируем целевую функцию

$$F = |f_V(2,32) - f_U(3,92)|, \quad (12)$$

где $f_U(3,92) = 0,843$ см, $f_V(2,32)$ вычисляется методом Мора по формуле

$$f_V = \frac{1}{EF} \left[2 \frac{N_{A-2}^2 l_{A-2}}{A_{A-2} + \delta A_{A-2}} + 2 \frac{N_{A-1}^2 l_{A-1}}{A_{A-1} + \delta A_{A-1}} + \frac{N_{1-2}^2 l_{1-2}}{A_{1-2} + \delta A_{1-2}} \right].$$

В этой формуле усилия в элементах, их длины и площади получены при минимизации объема, параметрами оптимизации функции (12) являются добавки к площадям поперечных сечений δA_{A-2} , δA_{A-1} , δA_{1-2} .

Оптимизация осуществлялась двумя методами: комплекс-методом Бокса [8, 9] и методом динамического программирования [2]. Ограничение в комплекс-методе ставилось на процент приращения каждой из площадей:

$$\delta A \leq \alpha A.$$

Получено значение прогиба $f(2,32) = 0,843$ см; увеличение площадей растянутых стержней (т. е. А-1 и 1-2) составило соответственно 16 % и 4,56 %, увеличение площади сжатого стержня А-2 – 0,14 %. При этом объем материала фермы стал равным

$V = 17015$ см³, увеличившись по сравнению с минимальным на 13,2 % и оставшись меньше полученного при минимуме потенциальной энергии на 7,9 %.

Выводы. В работе приведено сравнение двух критериев оптимизации стержневой системы на примере фермы. Показано, что с точки зрения экономичности предпочтителен критерий минимальности объема материала. Однако критерий минимальности потенциальной энергии обеспечивает большую жесткость системы.

Предложено проводить оптимизацию в два этапа: сначала минимизировать объем, а затем с использованием полученных размеров стоек минимизировать прогибы. Показано, что при этом можно получить ферму менее ресурсоемкую, чем полученная по критерию минимума энергии, при равных условиях по прочности и жесткости.

Список использованных источников

1. Виноградов, А.И. Проблема оптимального проектирования в строительной механике [Текст] / А.И. Виноградов. – Харьков: Вища школа, 1973. – 168 с.
2. Китов, Ю.П. Применение динамического программирования к расчету оптимальных статически определимых ферм [Текст] / Ю.П. Китов, И.С. Храповицкий // Труды ХИИТ. – Харьков: ХИИТ, 1971. – Вып. 127. – С. 54 – 62.
3. Клюев, С.В. Оптимальное проектирование стержневых систем [Текст]: монография / С.В. Клюев. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2007. – 130 с.
4. Китов, Ю.П. Оптимизация статически неопределимых балок переменного сечения [Текст] / Ю.П. Китов, М.А. Веревичева // 36. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 138. – С. 236 – 243.

5. Васильков, Г.В. Эволюционная теория жизненного цикла механических систем: Теория сооружений. Изд. 2. Синергетика: от прошлого к будущему [Текст] / Г.В. Васильков. – М.: URSS, 2013. – № 39. – 320 с.

6. Шмуклер, В.С. Каркасные системы облегченного типа [Текст] / В.С. Шмуклер, Ю.А. Климов, Н.П. Бурак. – Харьков: Золотые страницы, 2008. – 336 с.

7. Александров, А.В. Сопротивление материалов [Текст] / А.В. Александров, В.Д. Потапов, Б.П. Державин. – М.: Высшая школа, 2000. – 560 с.

8. Ермуратский, П.В. Разработка и исследование методов экспериментальной оптимизации многофакторных объектов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / П.В. Ермуратский. – М.: Московский энергетический ин-т, 1970. – 211 с.

9. M.J. Vox. A new method of constrained optimization and a Comparison with other methods [Text] // The Computer Journal. – 1965. – Vol. 8. – P. 42 – 52.

Рецензент д-р техн., наук, профессор А.Н. Даренский

Ватуля Глеб Леонидович, канд. техн. наук, доцент, завідуючий кафедрою будівельної механіки та гідравліки Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057) 730-10-71.

Кітов Юрій Петрович, канд. техн. наук, професор кафедри будівельної механіки та гідравліки Української державної академії залізничного транспорту. Тел.(057) 730-10-71.

Веревічева Марина Анатоліївна, канд. техн. наук, доцент кафедри будівельної механіки та гідравліки Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057) 730-10-71.

Vatulia Gleb Leonidovich, cand. of techn. sciences, associate professor, department zaveduyuschy stroitelnaya mechanics and gidravlika Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel .. (057) 730-10-71.

Kitov Yuri Petrovich cand. of techn. sciences, professor of the department stroitelnaya mechanics and gidravlika Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel. (057) 730-10-71.

Verevicheva Marina Anatolevna, cand. of techn. sciences, associate professor, the department stroitelnaya mechanics and gidravlika Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel. (057) 730-10-71.

УДК 624.015.37

НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ СТАЛЕБЕТОННИХ КОЛОН ПРИ НАВАНТАЖЕННІ НА ЦЕНТРАЛЬНИЙ СТИСК

Канд. техн. наук Ю.В. Глазунов

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ СТАЛЕБЕТОННЫХ КОЛОНН ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ СЖАТИИ

Канд. техн. наук Ю.В.Глазунов

RISE STRONG STEEL-CONCRETE COLUMNS ON THE PROCESS OF LONGITUDINAL HAS BEEN DEVELOPED

Cand. of techn. sciences Y. Glazunov

Розроблено способи розрахунку сталебетонних колон на центральний стиск при передачі поздовжнього навантаження на бетон, на сталь; експериментальні дані про вплив способів передачі поздовжнього навантаження на характер деформування та зруйнування сталебетонних колон, а також вплив сил зчеплення між бетоном і сталлю на несучу здатність сталебетонних колон.

***Ключові слова:** сталебетон, зовнішнє армування, тензодатчики, бетонне ядро, стальна оболонка, сталебетонний елемент.*

Разработаны способы расчета сталебетонных колонн на центральное сжатие при передаче продольной нагрузки на бетон, на сталь; экспериментальные данные о влиянии способов передачи продольной нагрузки на характер деформирования и разрушения сталебетонных колонн; исследования о влиянии сил сцепления между бетоном и сталью на несущую способность сталебетонных колонн.

Ключевые слова: *сталебетон, внешнее армирование, тензодатчики, бетонное ядро, стальная оболочка, сталебетонный элемент.*

A method of strength calculation of rectangular section of steel-concrete columns depending on the process of longitudinal loading has been developed. Theoretical and experimental data have been compared. Cite experiment and theoretical investigation steel concrete constructions depending on the process of longitudinal loading has been developed and method their calculation. There was executed the experimental and theoretical researches of the steel-concrete elements, working by center compression.

Keywords: *steel-concrete, method their calculation, rectangular section, process of longitudinal loading, have been compared.*

Вступ. З розвитком виробничих сил у галузі будівництва виникає необхідність упровадження все більш ефективних і економічних конструкцій. Бетон у сполученні зі сталюю арматурою виявляється основним матеріалом для житлово-громадянського, промислового, енергетичного, транспортного та сільськогосподарського будівництва.

Заміна сталевих конструкцій залізобетонними надає можливість економити сталь, але це не завжди пов'язано з економією грошових коштів. Тому поряд з пошуками успішно конкуруючих рішень в залізобетоні, стимулюється розвиток інших комплексних матеріалів та конструкцій, зокрема сталебетонних.

Концентроване розташування листової арматури на зовнішніх гранях сталебетонних конструкцій дає змогу знизити їх масу, зменшити розміри перерізу в порівнянні із залізобетонними конструкціями та одержати економію сталі при однаковій висоті.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Конструкції із зовнішнім армуванням належать до найбільш ефективних і економічних конструкцій. Вони одержали розповсюдження в різних галузях будівництва в нашій країні та за кордоном. Цьому сприяли розширення галузі застосування залізобетону (у тому числі для спеціальних споруд енергетичного та гідротехнічного будівництва), можливість використання зовнішньої арматури як опалубки при монолітному засобі збудування, що визначає техніко-економічну ефективність таких конструкцій.

Широке застосування сталебетонних колон стримується через недостатню розробленість способів розрахунку, які повинні відображати особливості зовнішнього поздовжнього навантаження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах [1-3] зазначено важливість упровадження конструкцій із зовнішнім армуванням як найбільш економічних конструкцій у порівнянні з традиційними залізобетонними. Економічність таких конструкцій забезпечується за рахунок більш раціонального використання матеріалів.

У науковій праці [1] відмічено, що армування бетону зовнішньою оболонкою сприяє підвищенню міцності такого конструктивного елемента, як сталебетон. Досягаються найкращі показники щодо роботи бетону при навантаженні, у результаті чого зменшуються усадочні деформації і підвищується опір бетону дії агресивного середовища.

У роботі [2] надано дослідження фізико-механічних властивостей матеріалів, які містяться у складі сталебетонних конструкцій. Показано вплив матеріалів на несучу здатність і деформації сталебетонних елементів. Визначені геометричні характеристики поперечного перерізу конструкції із сталебетону. Показані теоретичні рішення для оцінки напружено-деформованого стану згинаючих стрижнів з урахуванням об'ємного напруженого стану бетонного ядра.

У роботах [3-5] розроблено методику розрахунку сталебетонних елементів прямокутного поперечного перерізу на міцність при осьовому стиску. Показано взаємодію сталюї оболонки і бетонного ядра, яке працює

в умовах об'ємного напруженого стану зі змінними параметрами деформування. Наведені числові розрахунки напружено-деформованого і граничного стану перерізу сталобетонної конструкції.

Визначення мети та задачі дослідження. У даному дослідженні необхідно було визначити вплив способів передачі зовнішнього поздовжнього навантаження на несучу здатність сталобетонних коротких колон прямокутного перерізу.

Основна задача дослідження така:

- розроблення способу розрахунку сталобетонних колон на центральний стиск при передачі поздовжнього навантаження на кожний конструктивний елемент окремо;
- визначення наявності сил зчеплення між бетоном і сталлю та їх вплив на несучу здатність сталобетонних колон;
- перевірка міцності сталобетонних балкових конструкцій при роботі на згин, з визначенням сил зсуву по площині з'єднання листової арматури і бетону по довжині балки;
- одержання експериментальних даних про вплив способів передачі поздовжнього навантаження на характер деформування та зруйнування сталобетонних колон.

Основна частина дослідження. У наведеному дослідженні виконано таке:

- розроблені способи розрахунку сталобетонних колон на центральний стиск при передачі поздовжнього навантаження на кожний конструктивний елемент окремо;
- визначено наявність сил зчеплення між бетоном і сталлю та їх вплив на несучу здатність сталобетонних колон;
- перевірено міцність сталобетонних балкових конструкцій при роботі на згин, з визначенням сил зсуву по площині з'єднання листової арматури і бетону по довжині балки;
- одержано експериментальні дані про вплив способів передачі поздовжнього навантаження на характер деформування та зруйнування сталобетонних колон.

Експериментальні дослідження сталобетонних зразків проведені на осьовий стиск при передачі поздовжнього навантаження на бетон і сталь одночасно; на стальну обойму

в зразку, заповненому бетоном; на стальну обойму в зразку без бетонного ядра.

При таких способах передачі навантажень на поздовжніх сторонах пластин обойми згинаючі моменти відсутні. Це дає змогу розглядати металеву обойму як окремі шарнірно-оперті пластини, завантажені в поздовжньому і в поперечному напрямках. При цьому припускається, що односторонні контактні зв'язки між заповнювачем і обоймою не перешкоджають згину пластин назовні.

Центрування колон у процесі випробування виконували згідно з показниками тензодатчиків. Колони завантажувалися етапами з витримками для зняття показників вимірювальних приладів. Відрахування за приладами починали знімати з початку навантаження.

Розглянемо приклад передачі сили одночасно на сталь і бетон (рисунк).

Запишемо умови рівноваги:

$$N_s + N_c = N_{Ed}, \quad (1)$$

де N_s – розрахунковий опір сталевій оболонки за нормального зусилля; N_c – розрахункове нормальне зусилля стиску у бетонному ядрі; N_{Ed} – розрахункове значення зовнішньої прикладеної осьової сили.

Умова сумісності деформацій:

$$\Delta L_c = \Delta L_s,$$

$$\frac{N_s L}{E_s A_s} = \frac{N_c L}{E_c A_c}, \quad (2)$$

де E_s – розрахункове значення модуля пружності сталевій оболонки; E_c – модуль пружності бетону; A_s – площа поперечного перерізу сталевій оболонки; A_c – площа поперечного перерізу бетону.

Площа перерізу оболонки:

$$A_s = 2bh + 2(b - 2h)h = 4h(b - 2h). \quad (3)$$

Площа перерізу бетону:

$$A_c = (b - 2h)^2. \quad (4)$$

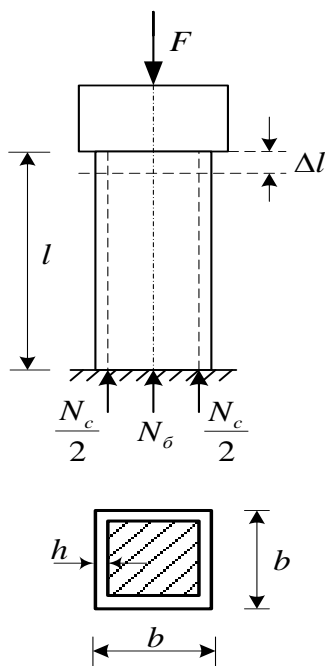


Рис. 1. Приклад передачі сили одночасно на сталь і бетон

Розмір поперечного перерізу бетону після деформації визначається так:

$$b'_c = b_c \cdot \varepsilon'_c = b_c \nu_c \varepsilon_c = b_c \nu_c \frac{N_c}{E_c A_c} = \frac{\nu_c N_c}{E_c} \cdot \frac{b_c}{A_c} = \frac{\nu_c N_c}{E_c} \cdot \frac{1}{b - 2h} \quad (5)$$

Внутрішній розмір поперечного перерізу оболонки:

$$b'_s = b_c \cdot \varepsilon'_{au} = b_c \nu_s \varepsilon_{au} = b_c \nu_s \frac{N_s}{E_s A_s} = \frac{\nu_s N_s}{E_s} \cdot \frac{1}{4h} \quad (6)$$

Сили зчеплення, які припадають на кожен елементарну ділянку ℓ , визначаються наступним чином

$$\frac{b'_s - b'_c}{2} = \frac{\frac{\nu_s N_s}{E_s} \cdot \frac{1}{4h} - \frac{\nu_c N_c}{E_c} \cdot \frac{1}{b - 2h}}{2} = \frac{\nu_s N_s}{E_s} \cdot \frac{1}{8h} - \frac{\nu_c N_c}{E_c} \cdot \frac{1}{2(b - 2h)} \quad (7)$$

У сталобетонних колонах наявність обойми, яка є опором переміщенню бетону в поперечному напрямку, приводить до збільшення міцності бетону, а наявність заповнювача всередині оболонки збільшує її стійкість. Бетон і сталь у такому сполученні створюють найбільш сприятливі умови для спільної роботи.

Сталобетонні зразки були випробувані при передачі поздовжнього навантаження на

бетон і сталь одночасно при наявності і відсутності сил зчеплення; на бетон; на сталеву обойму у зразку, який заповнений бетоном; на одному торці на бетон, на другому – на сталь; на сталеву обойму у зразку без бетонного ядра.

У процесі випробувань замірялися поздовжні і поперечні деформації сталеві обойми. Для цього по всьому периметру середнього перерізу у поздовжньому і поперечному напрямках наклеювалися тензодатчики.

Результати випробувань сталених обойм у зразках без бетонного ядра показують, що розрахунки критичних напружень і границі несучої здатності надають надмірну, у порівнянні з експериментальними результатами, відносно помилку, яка не перевищує 15 %.

У результаті проведених експериментальних досліджень у зразках були визначені граничні навантаження, при яких бетонні призми утримувалися у металевих оболонках контактними силами зчеплення між сталлю і бетоном.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Проведений аналіз одержаних результатів дає змогу зробити такі висновки:

1. Розроблена і експериментально перевірена методика розрахунку сталобетонних колон на центральний стиск при передачі навантаження “на бетон”; “на оболонку”;

2. При передачі поздовжнього навантаження на бетон несуча здатність сталобетонних колон складає в середньому 0,8 від несучої здатності при передачі навантаження одночасно на бетон і оболонку.

Порівняння з несучою здатністю бетонних колон показує, що наявність обойми надає можливість збільшити несучу здатність сталобетонних колон у середньому у два рази;

3. Несуча здатність при передачі навантаження на обойму складає в середньому 0,46 від несучої здатності при завантаженні бетону й обойми одночасно і перевищує в середньому в 1,9 разу несучу здатність порожніх колон;

4. Результати випробувань сталобетонних колон, у яких відсутнє зчеплення між бетоном і сталлю, на центральний стиск при передачі поздовжнього навантаження на бетон і сталль одночасно, показують, що сили зчеплення не виявляють істотного впливу на їх несучу здатність.

Використання в будівництві сталобетонних колон прямокутного перерізу, в основу конструкції яких покладені розроблені способи розрахунків, дає змогу при більших навантаженнях та обмежених розмірах поперечних перерізів знизити витрату сталі на 28-35 % у порівнянні із залізобетонними колонами.

Список використаних джерел

1. Грушко, И.М. Повышение прочности и выносливости бетона [Текст] / И.М. Грушко, А.Г. Ильин, Э.Д. Чихладзе. – Харьков: Изд-во при Харьковском гос. университете, 1986. – 150 с.
2. Стороженко, Л.І. Сталезалізобетонні конструкції [Текст] / Л.І. Стороженко, О.В. Семко. – Полтава, 2001. – 55 с.
3. Чихладзе, Э.Д. Расчет сталобетонных элементов прямоугольного сечения на прочность при осевом сжатии [Текст] / Э.Д. Чихладзе, А.Д. Арсланханов // Бетон и железобетон. – 1993. – № 1. – С. 13-15.
4. Лопатто, А.Э. О свойствах бетона, твердеющего в замкнутой обойме, и жесткости трубобетонных элементов [Текст] / А.Э. Лопатто // Строительные конструкции. – К., 1973. – С. 232.
5. Глазунов, Ю.В. Вплив способів передачі поздовжнього навантаження на несучу здатність сталобетонних коротких колон прямокутного перерізу [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. – Харків, 1997. – 22 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор А.А. Плуґін

Глазунов Юрий Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры будівельної механіки та гідравліки Української державної академії залізничного транспорту. Контактний тел.: (057) 730-10-70. E-mail: budmekh@ukr.net

Glazunov Yuri, cand. of techn. sciences, docent chair builds mechanic and hydraulic Ukrainian State Academy Railway Transport. Contact telephone: (057) 730-10-70. E-mail: budmekh@ukr.net

УДК 682.147.25

САНАЦИЯ ВОДОПРОВОДНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

Д-р техн. наук Д. Ф. Гончаренко, асп. А.И. Алейникова, техн. директор КП «Харьковводоканал» В.В. Паболков, канд. техн. наук О.В. Старкова

САНАЦІЯ ВОДОПРОВІДНИХ МАГІСТРАЛЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ СКЛОПЛАСТИКОВИХ ТРУБ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРА

Д-р техн. наук Д. Ф. Гончаренко, асп. А.І. Алейнікова, техн. директор КП «Харківводоканал» В.В. Паболков, канд. техн. наук О.В. Старкова

THE REHABILITATION OF WATER PIPELINES USING THE LARGE DIAMETERS FIBERGLASS PIPES

Doct. of techn. sciences D.F. Goncharenko, postgraduate A.I. Aleynikova, V.V. Pabolkov, cand. of techn. sciences O.V. Starkova

Представлены основные факторы, влияющие на эксплуатационную долговечность водопроводных магистралей. Приведены технические характеристики труб из различных материалов. Особое внимание уделено стеклопластиковым трубам. Предложены технические и технологические решения, принятые при санации водопроводной магистрали, обеспечивающей питьевой водой жилой массив Харькова.

Ключевые слова: износ, эксплуатационная долговечность, водовод, санация, стеклопластик.

Подано основні фактори, що впливають на експлуатаційну довговічність водопровідних магістралей. Наведено технічні характеристики труб з різних матеріалів. Особливу увагу приділено склопластиковим трубам. Запропоновано технічні і технологічні рішення, що було прийнято при санації водопровідної магістралі, що забезпечує питною водою житловий масив Харкова.

Ключові слова: знос, експлуатаційна довговічність, водогін, санация, склопластик.

The main factors influencing the useful life of water pipelines are presented. Noted that Ukraine is in disrepair about 30 % of the total length of water supply networks. The fourth part of water supply facilities and networks (in value terms) actually worked amortization period. In Ukraine glad facilities operated for more than 100 years in Kharkov - 125 years. The technical characteristics of tubes made of various materials are presented. Particular attention is paid fiberglass pipes. Proposed technical and technological solutions adopted in the rehabilitation of water pipelines, which provides drinking water to the residential area of Kharkov.

Keywords: depreciation, operational durability, aqueduct, sanitation, fibreglass.

Введение. Трубопроводные системы, транспортирующие воду для любого населенного пункта, – наиболее дорогие и уязвимые части инженерных инфраструктур. От их надежной и бесперебойной работы зависит состояние окружающей среды, комфортность проживания, эффективная работа предприятий города. Стоимость транспортировки воды составляет в отдельных случаях до 70 % стоимости всей системы водоснабжения города. В связи с этим обеспечение надежной работоспособности

водопроводных магистралей является приоритетным направлением работы городских коммунальных служб. Тенденции последних лет свидетельствуют о том, что коммунальные службы городов Европы и СНГ все больше внимания уделяют технологиям ремонта и восстановления водопроводных трубопроводов, связанным с заменой труб из чугуна, стали и железобетона на трубы из современных материалов. Эффективными при этом являются бестраншейные методы ремонта и

восстановления трубопроводов с использованием полиэтиленовых труб.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами. Переход к рыночной экономике, реформирование жилищно-коммунального комплекса в условиях значительного износа и старения инженерных систем водоснабжения городов Украины и СНГ, недостаток материальных и финансовых ресурсов на их реновацию значительно обострили в последние годы проблему обеспечения требуемой надежности и экологической безопасности инженерных коммуникаций города.

Трубопроводные системы – неотъемлемая часть инфраструктуры современных городов, а городские водопроводные и водоотводящие сети являются не только наиболее функционально значимым элементом систем водоснабжения и водоотведения, но и, как показывает практика эксплуатации, наиболее уязвимым.

Таким образом, важной задачей является обеспечение надежной и бесперебойной работы водопроводных сетей с целью обеспечения благоприятного состояния окружающей среды, комфортного проживания, эффективной работы промышленных и коммунальных предприятий города.

Анализ последних исследований и публикаций. Обостряющаяся проблема аварийных ситуаций на водных объектах требует создания оснащенных современной техникой мобильных подразделений аварийных служб, способных оперативно проводить в том числе и бестраншейный ремонт коммуникаций, а также внедрения специализированных мониторинговых систем за состоянием объектов, сетей и сооружений. Для решения этих задач наряду с национальными инициативами необходимы развитие международного сотрудничества и обмен новыми технологиями [1].

В последние годы большое внимание вопросам восстановления подземных трубопроводов уделено российскими учеными, работающими в этой области. Значительный анализ прогрессивного отечественного и зарубежного опыта восстановления, санации и прокладки водопроводных сетей с использованием бестраншейных технологий выполнен С.В. Храменковым [1–3], в работах

которого, посвященных защите трубопроводов от коррозии и современным методам нанесения внутренних защитных покрытий, приведены характеристики материалов и оборудования для их реализации.

Значительное внимание [3] уделено вопросам обеспечения надежности водопроводной сети. Как отмечает автор, в связи со значительной протяженностью самортизированных труб и ограниченностью средств на реновацию сети большое значение имеет научно обоснованная стратегия восстановления трубопроводов, основанная на оценке и прогнозе показателей надежности трубопроводов и автоматизированном выборе из большого числа потенциальных для восстановления участков трубопроводов некоторого ограниченного количества первоочередных объектов восстановления. Кроме того, автором рассмотрены вопросы использования надежных и долговечных труб и арматуры, обеспечивающих эффективное сопротивление внешней и внутренней коррозии, оптимизации стратегии восстановления и обновления сети, увеличения объемов перекладки и санации участков трубопроводов с приоритетным применением бестраншейных способов восстановления.

О.Г. Примин [4] останавливается на оценке и прогнозировании состояния трубопроводов. Автор принимает участие в решении задачи кардинального снижения числа отказов трубопроводов и оборудования, обеспечения надежной и устойчивой работы водопроводной сети Москвы.

В.А. Орлов [1, 5, 6] вопросы эксплуатации, реконструкции и строительства водопроводных сетей связывает с учетом экологического фактора, уделяя основное внимание бестраншейным методам производства ремонтно-восстановительных работ.

Разработке программы реконструкции водопроводных сетей на основе моделирования процесса подачи и распределения воды в Санкт-Петербурге посвящена работа П.П. Махнева с соавторами [7]. Перспективным, по мнению авторов, методом реконструкции является протаскивание предварительно обжатых или же деформированных пластмассовых труб по технологиям Roll-down, Swagelining и др.

Результаты исследований Питера Бруссига [8, 9], проводимых им более 30 лет,

сосредоточены на вопросах коррозии и инкрустации трубопроводов, выполненных из стали. В работе [9] рассмотрен анализ поврежденных труб из полиэтилена, транспортирующих питьевую воду.

Михаэль Ульбрих [10] достаточно подробно рассматриваются вопросы преимущества и недостатка труб из полиэтилена. При выборе труб водоснабжения автор отдает предпочтение трубам PE-100, которые, по его мнению, обеспечивают высокое качество транспортируемой воды.

Работы Герхарда Киссельбаха [11, 12] посвящены надежности и срокам эксплуатации подземных напорных трубопроводов из полиэтилена. Особое внимание уделено исследованиям с помощью метода конечных элементов поведения структуры полиэтиленовых напорных труб в результате посторонних воздействий, например неоднородной почвы, на которую укладываются трубы, либо механического воздействия острых предметов или инструментов, которые приводят к выходу из строя полиэтиленовых труб, имеющих большую чувствительность к посторонним предметам. Как отмечено в этих работах, даже незначительные точечные нагрузки могут вызвать большие локальные деформации и большие локальные искривления в стенке трубы, т.е. привести к повреждению или выходу трубы из строя.

Многие исследователи серьезно рассматривают перспективы бестраншейного метода восстановления систем водоснабжения. В работе В.И. Агапчева [13] приведены объемы работ, выполняемые этим методом в других странах. Подчеркнута важность внедрения этого метода в городах России.

Определение цели и задач исследования. Изложенное выше дает основание сделать вывод о том, что вопросы исследования и разработки эффективной технологии восстановления водопроводных магистралей с течением времени не утрачивают своей актуальности.

Целью настоящего исследования является разработка технологии санации водопроводных магистралей с использованием стеклопластиковых труб большого диаметра.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– исследовать основные факторы, влияющие на эксплуатационную долговечность водопроводных магистралей;

– проанализировать технические характеристики труб из различных материалов; особое внимание уделить стеклопластиковым трубам;

– предложить технические и технологические решения для санации водопроводной магистрали, обеспечивающей питьевой водой жилой массив Харькова.

Основная часть исследования. Общая протяженность водопроводных сетей Украины составляет более 87000 км. Более 250 специализированных коммунальных предприятий ежедневно подают 8,3 м³ питьевой воды. Централизованным водоснабжением обеспечено 70 % населения Украины. Среднее водопотребление в Украине составляет примерно 320 литра в сутки на одного человека, что выше европейского уровня [14].

В Украине в аварийном состоянии находится около 30 % общей длины водопроводных сетей. Четвертая часть водопроводных сооружений и сетей (в стоимостном выражении) фактически отработала срок амортизации, закончился срок амортизации каждой пятой насосной станции. В Украине ряд сооружений работает уже более 100 лет, в Харькове – 125 лет [14].

Неудовлетворительное техническое состояние водопроводных сетей в городах приводит к значительным потерям питьевой воды, которые составляют до 30 % общего объема ее подачи. Значительное место в энергосбережении систем водообеспечения занимает процесс транспортировки воды по водопроводным магистралям. Изменение условий работы последних, вызванное увеличением со временем макрошероховатости и коррозии внутренних поверхностей труб, влечет за собой повышение коэффициента гидравлического сопротивления и, как следствие, увеличение расхода электроэнергии на транспортировку воды [1, 14].

В современной практике строительства водоводов и наружных водопроводных сетей широко применяются чугунные, стальные, асбестоцементные и железобетонные трубы. В настоящее время в мировой практике предпочтение все чаще отдается предварительно напряженным железобетонным

трубам и трубам из синтетических материалов (пластмассовым) [1, 14].

Долгие годы планирование и строительство трубопроводов водопроводных сетей велось без учета требований надежности по применяемым материалам и организационно-технических возможностей эксплуатационных организаций [14]. Поэтому весьма значительное количество водопроводных сетей большинства городов Украины проложено из стальных труб, изготовленных из дешевых марок стали, без защиты внутренней и внешней поверхности труб от коррозии. К 1990 году потребление стальных труб в СССР достигло астрономической величины – 24 млн т [14]. Это количество превышало потребление стальных труб во всем мире. Стальные трубопроводы, не защищенные от коррозии, сравнительно дешевы. Катастрофические же последствия их коррозии проявляются лишь через несколько лет эксплуатации.

В конце 90-х годов минувшего столетия среднее число аварийных повреждений трубопроводов на единицу их длины в Украине примерно вдвое превышало этот показатель в странах западной и центральной Европы,

удельное количество аварий за последнее десятилетие возросло примерно в пять раз. По оценкам специалистов, в Украине примерно 70 % подземных трубопроводов собрано из стальных труб [14]. В системах горячего и холодного водоснабжения и отопления показатель достигает 95 %. Несмотря на широкую распространенность к их основным недостаткам следует отнести:

- срок службы (10 лет);
- невысокую стойкость к коррозии;
- способы соединения (сварка, резьбовые соединения);
- слабую деформируемость при повышении температуры;
- возможность разрыва при резком повышении давления.

В г. Харькове эксплуатируется около 150 км стальных трубопроводов диаметром 700-1400 мм, возраст 95 % из них свыше 30 лет [15, 16]. Водоснабжение крупнейшего в Харькове Алексеевского жилого массива осуществляется через стальной водовод диаметром $D_y=700$ мм, который в настоящее время стал технически непригодным для дальнейшей эксплуатации (рис. 1).



Рис. 1. Внутренняя стенка стального водовода диаметром $D_y=700$ мм со следами инкрустации и внутренней коррозии

Ввиду аварийного состояния данного водовода наблюдались большие потери воды питьевого качества, а также значительные

затраты электроэнергии на ее подачу к потребителям. Причинами низкой надежности этого водовода являются:

- износ труб;
- неправильный выбор материала труб и класса их прочности, отвечающего фактическим внешним и внутренним нагрузкам, воздействующим на трубопровод;
- несоблюдение технологии производства работ в процессе укладки и монтажа трубопровода;
- отсутствие необходимых мер по защите трубопровода от агрессивного воздействия внешней и внутренней среды;
- разрушающие давления вследствие гидравлических ударов и падение долговременной прочности; несоответствие качества труб требованиям ГОСТ.

Следует отметить, что рассматриваемый трубопровод эксплуатируется на протяжении

35 лет. В то же время проведенные исследования [16] показали, что эксплуатационная долговечность чугунных водопроводных труб по ул. Рымарской в Харькове, замена которых на полиэтиленовые была выполнена в 2009 году, составила более 60 лет.

Как известно, все более широкое применение в последние годы как за рубежом, так и в Украине находят трубы из пластмасс, в том числе из полиэтилена и стеклопластика [17]. В нашем случае при сравнении вариантов замены стального трубопровода предпочтение было отдано трубам из стеклопластика.

В табл. 1 приведены технические характеристики труб из различных материалов, подтверждающих преимущества стеклопластиковых труб.

Таблица 1

Технические характеристики труб из различных материалов

Техническая характеристика	Материал труб			
	стеклопластик	полиэтилен	бетон	сталь
Срок службы	50 и более лет	50 лет	20 лет	25-30 лет
Вес	малый	малый	высокий	высокий
Коррозионная стойкость	высокая	высокая	низкая	низкая
Износостойкость	высокая	высокая	низкая	низкая
Биообрастание, заиливание	не подвержена	не подвержена	высокая	высокая
Затраты на монтаж	низкие	высокие (сварка)	высокие	высокие (сварка)
Скорость соединения	2 - 3 минуты	продолжительная	продолжительная	продолжительная
Ремонтопригодность	высокая	высокая	низкая	высокая

С учетом рыночных, технологических и финансовых аспектов производство стеклопластиковых труб имеет ряд преимуществ и может быть аргументировано в связи с возрастающей потребностью в трубах номенклатуры, которая не охватывается производимыми пластмассовыми трубами и фасонными изделиями для наружной прокладки, а именно труб с внутренним диаметром свыше 300 мм (табл. 2).

Задача повышения надежности обеспечения водой Алексеевского жилого массива решилась за счет перекладки отдельных участков водовода с применением труб из материалов с повышенной коррозионной устойчивостью и пониженным

гидравлическим сопротивлением. Кроме этого обследование камер, установленных на существующем водоводе, указало на необходимость их реконструкции с заменой задвижек, клапанов, скоб для спуска в камеру и т. д. Вместо вышедшего из строя стального водовода открытым способом прокладывался новый из стеклопластиковых труб DN 1000 PN 10 SN 1000 производства фирмы «SUBOR» (Турция) (рис. 2).

В соответствие с разработанной технической документацией укладка стеклопластиковых трубопроводов в грунт осуществляется на песчаной подушке 10 см и присыпкой трубы на высоту не менее 20 см (рис. 3).

Основные преимущества стеклопластиковых труб по сравнению с изготовленными из традиционного металла

Преимущества стеклопластиковых труб	Легкий вес трубопровода (труба из стеклопластика весит в 6-8 раз меньше аналогичной стальной трубы)
	Снижение затрат на техническое обслуживание ввиду того, что трубопровод практически не подвержен коррозии и зарастаниям, не требуется проведение защитных мероприятий, в том числе нанесение антикоррозионных покрытий и мероприятий по электрохимической защите от коррозии
	Снижение расхода теплоизоляционного материала в связи с низкой теплопроводностью стеклопластика
	Отсутствие влагопоглощения позволяет отказаться от применения гидроизолирующих материалов
	Атмосферостойкость обеспечивает продолжительную эксплуатацию в любых климатических условиях
	Теплостойкость определяется достаточно высоким значением удельной теплоемкости;
	Краткие сроки монтажа и сокращенные затраты на восстановительные работы вследствие конструктивных особенностей труб и соединительных деталей, при этом ремонтно-восстановительные работы не требуют специального оборудования
	Длительный ресурс эксплуатации



Рис. 2. Монтаж стеклопластиковой трубы

На рис. 4 и рис. 5 показано конструктивное соединение стеклопластиковых труб с помощью раструбов. Монтаж стыков

труб производится непосредственно в траншее. Схема сборки раструбного соединения приведена на рис. 6.

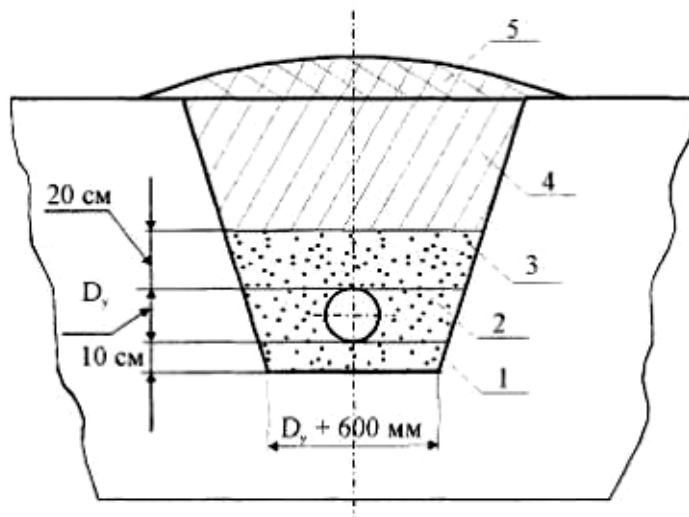


Рис. 3. Схема укладки стеклопластиковой трубы в грунт:
1 – подсыпка дна траншеи (ложе для трубопровода); 2 – уплотняемый трамбовкой грунт-подбивка; 3 – присыпка над верхней образующей трубопровода; 4 – засыпка вынутым грунтом (минеральным); 5 – плодородная почва

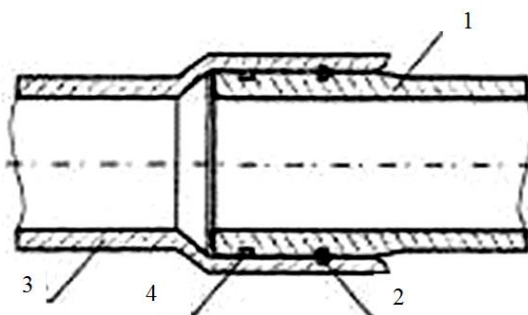


Рис. 4. Раструбная конструкция стыка стеклопластиковых труб:
1 – труба нипельная; 2 – элемент стопорный; 3 – труба раструбная; 4 – уплотнение резиновое



Рис. 5. Раструбное соединение стеклопластиковых труб в камере

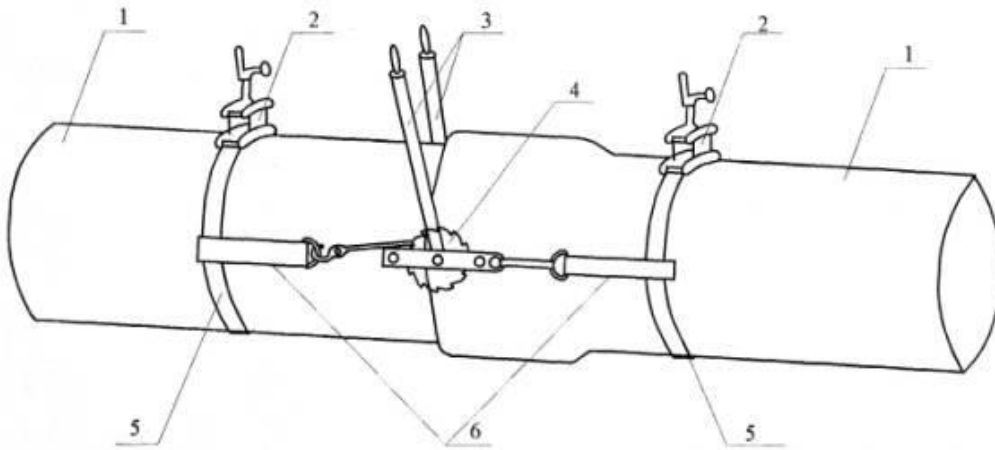


Рис. 6. Схема сборки раструбного соединения:
1 – труба; 2 – стяжной хомут; 3 – рычаги; 4 – храповой механизм;
5 – мягкая лента хомута; 6 – стяжная лента

Соединение стеклопластиковых труб с металлической запорной арматурой и стальными трубами осуществлялось с помощью фланцевых соединений (рис. 7). Затяжка болтов фланцевых соединений труб

производилась динамометрическими ключами равномерно в диаметрально противоположном порядке, что позволило избежать перекосов и концентрации напряжений на бурт стеклопластиковой трубы.



Рис. 7. Фланцевое соединение водовода из стеклопластика диаметром $D_y=1000$ мм по ул. Ахсарова в Харькове

Обратная засыпка выполнялась песчаным грунтом с углом внутреннего трения не менее 30° до достижения коэффициента $k=0,95$. Перед сдачей в эксплуатацию водовод испытывался

на прочность и герметичность, была проведена промывка и дезинфекция.

Выводы по результатам исследования и перспективы, дальнейшее развитие данного направления. Технические решения, принятые при перекладке водовода по ул. Ахсарова в Харькове, обеспечили бесперебойное снабжение Алексеевского жилого массива необходимым количеством питьевой воды с улучшенным качеством.

Применение стеклопластика в качестве материала трубопровода позволило существенно снизить стоимость и сроки проведения работ, что является ключевым моментом в условиях ограниченного финансирования, а также значительно повысить эксплуатационную долговечность водопроводных сетей.

Список использованных источников

1. Храменков, Г.В. Бестраншейные методы восстановления водопроводных и водоотводящих сетей [Текст] / Г.В. Храменков, О.Г. Примин, В.А. Орлов. – М.: ТИМР, 2000. – 177 с.
2. Храменков, С.В. Современные бестраншейные методы ремонта трубопроводов [Текст] / С.В. Храменков и др. // Водоснабжение и санитарная техника (ВСТ). – 1998. – Вып. 3. – С. 6–9.
3. Храменков, С.В. Принципы обеспечения надежности водопроводной сети в условиях сокращения водопотребления [Текст] / С.В. Храменков // Водоснабжение и санитарная техника (ВСТ). – 2003. – Вып. 5, ч. 2. – С. 27–31.
4. Примин, О.Г. Оценка и прогноз технического состояния трубопроводов [Текст] / О.Г. Примин // Водоснабжение и санитарная техника (ВСТ). – 2006. – Вып. 1, ч. 1. – С. 25–28.
5. Орлов, В.А. Эксплуатация, реконструкция и строительство водопроводных и водоотводящих сетей с учетом экологического фактора [Текст] / В.А. Орлов // Строительство и архитектура, 1997. – Вып. 2. – С. 33.
6. Орлов, В.А. Стратегия и методы восстановления подземных трубопроводов [Текст] / В.А. Орлов, В.А. Харькин. – М.: Стройиздат, 2001. – 94 с.
7. Махнев, П.П. Разработка программы реконструкции водопроводных сетей на основе моделирования процесса подачи и распределения воды [Текст] / П.П. Махнев, М.Ю. Юдин и др. // Водоснабжение и санитарная техника (ВСТ). – 2003. – Вып. 10. – С. 2–5.
8. Brussig, P. Schäden an erdverleg ten Wasserleitung (Teil 1) [Текст] / P. Brussig // Wasserwirtschaft–Wassertechnik. – 1990. – №3. – P. 62–67.
9. Brussig, P. Schädigung einer Polyetylenrohrleitung durch Trinkwasser [Текст] / P. Brussig // Wasser–Abwasser. – 2003. – №1. – P. 5–6.
10. Ulbrich, M. Trinkwasserrohrleitung aus Polyetylen [Текст] / M. Ulbrich // Wasser–Abwasser. – 2002. – №5. – P. 413–420.
11. Kiesselbach, G. Sicherheit and Nutzungsdaner erdverlegter PE–Druckrohrleitung [Текст] / G. Kiesselbach // Wasser–Abwasser. – 2004. – №2. – P. 118–123.
12. Kohler, H. Optimiertes Stumpfschweißen für PE nach DVS mit dem +GF+CTC Verfahren [Текст] / H. Kohler // Wasser–Abwasser. – 2003. – №1. – P. 19–21.
13. Агапчев, В.И. Состояние и перспективы бестраншейного метода восстановления систем водоснабжения и водоотведения [Текст] / В.И. Агапчев, В.А. Виноградов, В.А. Мартешова, Н.Г. Пермяков // Водоснабжение и санитарная техника (ВСТ). – 2003. – Вып. 12. – С. 17–19.
14. Петросов, В.А. Устойчивость водоснабжения [Текст] / В.А. Петросов. – Харьков: Издательский дом «Фактор», 2007. – 357 с.
15. Гончаренко, Д.Ф. Анализ состояния магистральных водоводов системы водоснабжения г. Харькова. Факторы, влияющие на их эксплуатационную долговечность [Текст] / Д.Ф. Гончаренко, А.И. Алейникова // Наук. вісн. будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2013.– Вип. 72. – С. 369–375.
16. Гончаренко, Д.Ф. Технологические решения замены трубопроводов водоснабжения [Текст] / Д.Ф. Гончаренко, О.В. Старкова, Х. Вевеллер, В.В. Паболков // Наук. вісн. будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2009.– Вип. 54. – С. 46–51.

17. Колотило, М.І. Труби, фасонні деталі, арматура та обладнання систем зовнішнього водопостачання і каналізації [Текст]: довідковий посібник / М.І. Колотило та ін. – Харків: Митець, 2004. – 253 с.

Гончаренко Дмитрий Федорович, д-р техн. наук, профессор, проректор по научно-педагогической работе Харьковского национального университета строительства и архитектуры. Тел.: (057)700-02-40. E-mail: gonch@kstuca.kharkov.ua.

Алейникова Алевтина Игоревна, аспирантка кафедры технологии строительного производства Харьковского национального университета строительства и архитектуры.

Паболков Владимир Васильевич, технический директор КП «Харьковводоканал».

Старкова Ольга Владимировна, канд. техн. наук, доцент кафедры экономической кибернетики и информационных технологий Харьковского национального университета строительства и архитектуры. Тел.: (067)753-58-86. E-mail: starkova_o@ukr.net.

Goncharenko Dmytro F., doct. of techn. sciences, professor, Vice Rector of research and educational work, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture. Tel.: (057)700-02-40. E-mail: gonch@kstuca.kharkov.ua.

Aleynikova Alevtina I., postgraduate student Chair of construction technologies, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture.

Pabolkov Volodymir V., Technical Director, Communal Enterprise «Kharkivvodokanal».

Starkova Olga V., cand. of techn. sciences, Associate Professor, Department of Economic Cybernetics and Information Technologies, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture. Tel.: (067)753-58-86. E-mail: starkova_o@ukr.net.

УДК 65.05+628.23

РАСЧЕТ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ КРЕПИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА СЕТЯХ ВОДООТВЕДЕНИЯ В СЛОЖНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Д-р техн. наук Д.Ф. Гончаренко, кандидаты техн. наук П.Г. Галушко, Б.С. Сорокин, Д.А. Бондаренко

РОЗРАХУНОК НЕСУЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ КРІПЛЕННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РЕМОНТНО-ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ НА МЕРЕЖАХ ВОДОВІДВЕДЕННЯ У СКЛАДНИХ ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ

Д-р техн. наук Д.Ф. Гончаренко, кандидати техн. наук П.Г. Галушко, Б.С. Сорокін, Д.О. Бондаренко

CALCULATION OF THE BEARING ELEMENTS OF ROOF SUPPORTS TO IMPLEMENTATION THE REPAIR-RESTORATION WORKS ON SEWERAGE NETWORKS IN COMPLEX GEOLOGICAL CONDITIONS

Doct. of techn. sciences D.F. Goncharenko, candidates of techn. sciences P.G. Galushko, B.S. Sorokin, D.A. Bondarenko

Значительная часть канализационных сетей в городах Украины находится в настоящее время в аварийном или предаварийном состоянии. В этой связи первостепенное значение приобретает задача разработки экологически безопасных и экономически эффективных решений проведения ремонта и восстановления канализационных сетей в стесненных городских условиях. В статье приведены результаты расчетов крепи на расчетную комбинацию загрузки, включающую давление грунта котлована, строительные машины и транспорт на поверхности грунта в месте проведения ремонтно-восстановительных работ на канализационных трубопроводах.

Ключевые слова: системы водоотведения, крепь, ремонтно-восстановительные работы.

Значна частина каналізаційних мереж у містах України знаходиться на сьогодні в аварійному або предаварійному стані. У зв'язку із цим першочергового значення набуває завдання розроблення екологічно безпечних і економічно ефективних рішень проведення ремонту та відновлення каналізаційних мереж в обмежених міських умовах. У статті наведено результати розрахунків кріплення на розрахункову комбінацію навантаження, що включає тиск ґрунту котлована, будівельні машини і транспорт на поверхні ґрунту в місці проведення ремонтно-відновлювальних робіт на каналізаційних трубопроводах.

Ключові слова: системи водовідведення, кріплення, ремонтно-відновлювальні роботи.

A considerable part of sewerage networks in the cities of Ukraine is currently in an emergency or pre-emergency state. In this context, the task of paramount importance to develop environmentally sound and cost effective solutions for repair and restoration of sewerage networks in crowded urban environments. Analysis of the literature showed that most of them devoted to the technological, technical and organizational solutions repair and restoration of pipelines laid at shallow depths. Thus, the research questions and the development of effective technologies for the rehabilitation of sewer pipes located in difficult geological conditions, should be further developed. This article gives an analysis of the existing lining structures used for repair work on the sewerage networks. Installed worst case geotechnical conditions. Shows the results of the lining on the calculated load combinations, including earth pressure excavation, construction machinery and vehicles on the ground surface at the site of the repair work of sewerage pipelines at depths greater than 4-5 m. Proposed rational decision angular mates horizontal frames lining.

Keywords: sewerage system, roof support, repairs work.

Введение. Значительная часть канализационных сетей в городах Украины находится в настоящее время в аварийном или предаварийном состоянии. Подтверждением этого являются многочисленные аварии на сетях, происходящие как в мегаполисах, так и малых городах страны.

Во многих городах Украины канализационные трубопроводы располагаются в водонасыщенных грунтах, чаще всего в водонасыщенных песках. Кроме того, в зоне их расположения ґрунты в большинстве случаев различны по составу, так как их структура нарушается при прокладке сетей. Нередко вблизи и над канализационными трубопроводами проходят другие коммунальные сети. Очень часто канализационные трубопроводы находятся под проезжей частью дорог и тротуарами. Ремонтно-восстановительные мероприятия на сетях канализации во многих случаях приходится проводить без остановки их работы, что увеличивает продолжительность ремонта.

В настоящее время значительная часть канализационных трубопроводов, расположенных на глубине 5 м и более, практически полностью выработала свой

ресурс, что подтверждается увеличивающимся с каждым годом числом аварий [1-3]. Проведение ремонтно-восстановительных работ на значительной глубине в условиях плотной городской застройки при минимальных размерах строительных площадок характеризуется высокой трудоемкостью и продолжительностью, что приводит к значительным финансовым затратам.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами. Чаще всего ремонтно-восстановительные работы ведутся в плотно застроенных частях города при минимальных размерах строительных площадок и минимальных объемах вскрышных работ на поверхности ґрунта.

Трудоемкость и продолжительность ремонтно-восстановительных работ резко возрастает, если поврежденный трубопровод заложен в водонасыщенных грунтах на глубине более 6 м. При этом водопонижение осуществляется через пробуренные скважины, вскрытие выработки производится с использованием трудоемкого временного крепления или дорогостоящего металлического шпунтового ограждения.

В этой связи первостепенное значение приобретает задача разработки экологически безопасных и экономически эффективных решений проведения ремонта и восстановления канализационных сетей в водонасыщенных грунтах на глубине от 7 до 10 м в стесненных городских условиях.

Анализ последних исследований и публикаций. В городах Украины накоплен большой опыт ремонта и восстановления сетей водоотведения с применением современных материалов и конструкций.

В ряде опубликованных работ рассмотрены технологические, технические и организационные решения ремонта и восстановления трубопроводов, проложенных на небольшой и значительной глубине, а также в полупроходных тоннелях.

Заслуживают внимания вопросы повышения эксплуатационной долговечности канализационных сетей Харькова, рассмотренные в работах И.А. Абрамовича [4-6].

Разработке технологических решений, повышающих эффективность ремонтно-восстановительных работ при ликвидации аварий на канализационных коллекторах, посвящены исследования И.В. Коринько, А.Н. Коваленко [7-9].

В этих работах теоретически обоснованы и разработаны технологические решения по ликвидации аварий на канализационных коллекторах, отличительной особенностью которых является двойная защита массива и поверхности грунта от сдвижения и деформаций путем искусственного закрепления грунта и встречного продавливания через завал колец вторичной обделки.

В исследованиях Д.Ф. Гончаренко, обобщенных в работе [10], представлена методика определения состояния сетей и выбора метода их ремонта и восстановления, которая включает:

- существующие подходы к определению состояния конструкций сетей водоотведения;
- научное обоснование методики определения состояния сетей водоотведения и выбора стратегии их ремонта;
- методологические основы моделирования визуализации сетей водоотведения;
- рекомендации по выбору методов ремонта и восстановления сетей.

В работах А.А. Добряева [11, 12] разработаны технологические, технические и организационные решения ремонта и восстановления трубопроводов открытым способом с применением ребристого полиэтилена. Предложена методика расчета монолитного железобетонного трубопровода, футерованного ребристым полиэтиленом.

В научных публикациях С.В. Храменкова, О.Г. Примина, В.Н. Орлова выполнен анализ прогрессивного отечественного и зарубежного опыта восстановления, санации и прокладки водопроводных и водоотводящих (канализационных) сетей с помощью бестраншейных технологий. Рассмотрены вопросы защиты трубопроводов от коррозии. Описаны современные методы нанесения внутренних защитных покрытий, приведены характеристики материалов и оборудования для их реализации [13-15].

Научные исследования Е.Б. Клейна [16-18] посвящены вопросам разработки технических, технологических и организационных решений, направленных на повышение эффективности ремонтно-восстановительных работ на канализационных сетях, расположенных в водонасыщенных грунтах. Автором рассмотрены основные факторы, которые снижают надежность эксплуатации сетей, расположенных в водонасыщенных грунтах и причины их разрушения.

Среди зарубежных ученых, исследовавших открытый и закрытый способы ремонта и восстановления трубопроводов водоотведения, следует отметить Д. Штайна [19], М. Доманна, Г. Файена, Р. Хаусмана, Г. Риссе [20], Ф. Губера [21], П. Пфанненшмидта, Й. Хорстмана [22], У. Винклера [23] и др. В работах этих авторов основное внимание уделено материалам и конструкциям, которые используются при открытом способе строительства и ремонта сетей водоотведения. По мнению исследователей, главными являются трубы из высокопрочного бетона и железобетона, полиэтилена, полихлорвинила, полимербетона, стеклопластика и других высокоэффективных материалов и конструкций.

Определение цели и задач исследования. Изложенное выше дает основание сделать вывод о том, что вопросы

исследования и разработки эффективной технологии восстановления канализационных трубопроводов, расположенных в сложных геологических условиях, требуют своего дальнейшего развития.

Целью настоящего исследования является расчет несущих элементов крепи для производства ремонтно-восстановительных работ на сетях водоотведения в сложных геологических условиях.

Для достижения поставленной цели необходимо решить такие задачи:

- осуществить анализ существующих конструкций крепей;
- определить наиболее неблагоприятные варианты инженерно-геологических условий эксплуатации крепи;
- провести расчет элементов крепи на расчетную комбинацию загрузки, включающую давление грунта котлована, строительные машины и транспорт на поверхности грунта в месте проведения

ремонтно-восстановительных работ на глубинах, превышающих 4-5 м.

Основная часть исследования. Опыт выполнения работ по ликвидации аварий на канализационных трубопроводах Харькова [3] показывает, что при значительной глубине заложения и наличии грунтовых вод практически во всех случаях возникает необходимость устройства шпунтового ограждения в виде крепи (рис. 1).

Как правило, крепь устанавливается в несколько этапов на всю глубину заложения трубопроводов. При наличии грунтовых вод работы по устройству крепи сопровождаются мероприятиями по водопонижению [24].

Выполненный авторами работы [24] анализ проведенных в последние годы ремонтно-восстановительных работ на канализационных трубопроводах Харькова показал, что в качестве основного несущего профиля для устройства крепи использовался двутавр № 30.



Рис. 1. Устройство крепи и системы иглофильтров вакуумного водопонижения на одном из участков сети водоотведения Харькова

В то же время наблюдения, выполненные при устройстве крепи на трубопроводах, залегающих на глубине более 4-5 м, показали, что в некоторых случаях наблюдается деформация несущих конструкций крепи, что может привести к обвалам и непредвиденным последствиям.

Следует отметить, что применение в некоторых случаях инвентарной крепи как

отечественного, так и зарубежного производства не всегда представляется возможным в силу специфических условий исторически сложившейся городской среды.

Отсутствие в настоящее время рекомендаций по расчету и проектированию крепей для их устройства на глубинах залегания трубопроводов более 5 м подтверждает актуальность рассматриваемой задачи.

В данной статье авторами приведен расчет крепи, которая может быть использована на больших глубинах в различных инженерно-геологических условиях. Предварительно установлены наиболее неблагоприятные варианты инженерно-геологических условий, в частности выдвинуто предположение, что грунт на всех глубинах одинаковый – песок пылеватый, водонасыщенный. Плотность грунта принята равной 2 т/м^3 , модуль упругости – 1000 т/м^2 , коэффициент Пуассона – $0,3$.

Расчет и проектирование крепи выполнены в запас прочности с грунтовыми условиями на 10% .

Грунт в условиях строительной площадки представлен в виде массива объемных конечных элементов. Размер массива принят $32 \times 32 \times 9 \text{ м}$, а объемные конечные элементы – в виде прямоугольных призм с размерами $0,4 \times 0,4 \times 0,4 \text{ м}$. Определение давления на боковые поверхности котлована от собственного веса грунта выполнено предварительно вручную по методике Кулона-Мора. Окончательный расчет выполнен с использованием программного комплекса «ЛИРА», версия 9.6.

Для определения наиболее неблагоприятной схемы загрузки в условиях строительной площадки предварительно рассмотрено два варианта:

– размещение в зоне котлована автомобильного крана, оборудованного грейферным ковшом и автомобиля КРАЗ 256;

– размещение в зоне котлована автомобиля КРАЗ 256, автомобильного крана и троллейбуса ЛАЗ – Е301Д1 (при условии выполнения работ на проезжей части микрорайона).

По результатам расчета напряжений в грунте по боковой стенке котлована (рис. 2) наиболее неблагоприятным вариантом загрузки является второй вариант, схема которого представлена на рис. 3.

Крепь представляет собой набор горизонтальных рам, расположенных по высоте котлована на отметках: $0,0 \text{ м} - 1,6 \text{ м}$; $1,6 \text{ м} - 3,2 \text{ м}$; $3,2 \text{ м} - 4,4 \text{ м}$; $4,4 \text{ м} - 5,6 \text{ м}$; $5,6 \text{ м} - 6,4 \text{ м}$; $6,4 \text{ м} - 7,2 \text{ м}$ (рис. 4).

Нагрузки на каждую раму собраны с соответствующих грузовых площадей и приложены в виде равномерной распределенной нагрузки по всему контуру рамы. Элементами, передающими нагрузку на рамы, являются сплошные обшивки, выполненные из доски толщиной 50 мм .

Каждая горизонтальная рама представляет собой прямоугольную в плане, геометрически неизменяемую конструкцию с размерами в осях $7,0 \times 3,0 \text{ м}$.

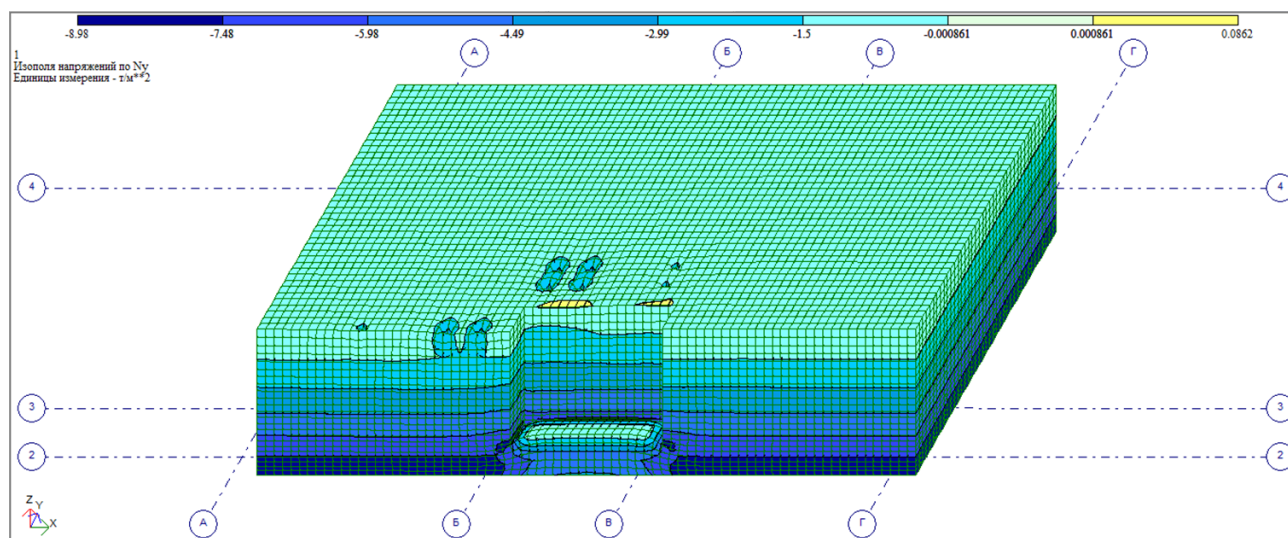


Рис. 2. Напряжения в грунте по боковой стенке котлована при загрузке краном, троллейбусом и самосвалом

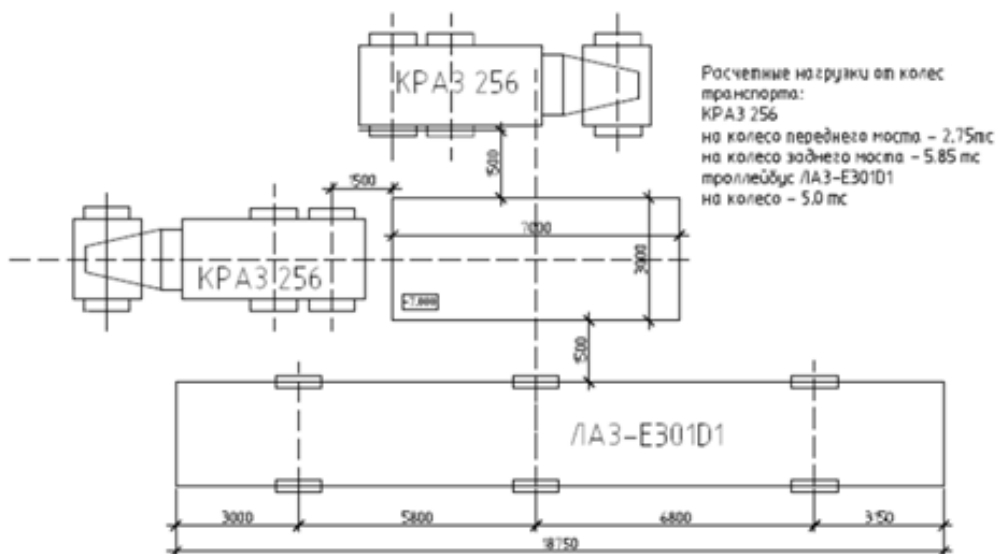


Рис. 3. Схема расположения строительных машин и общественного транспорта

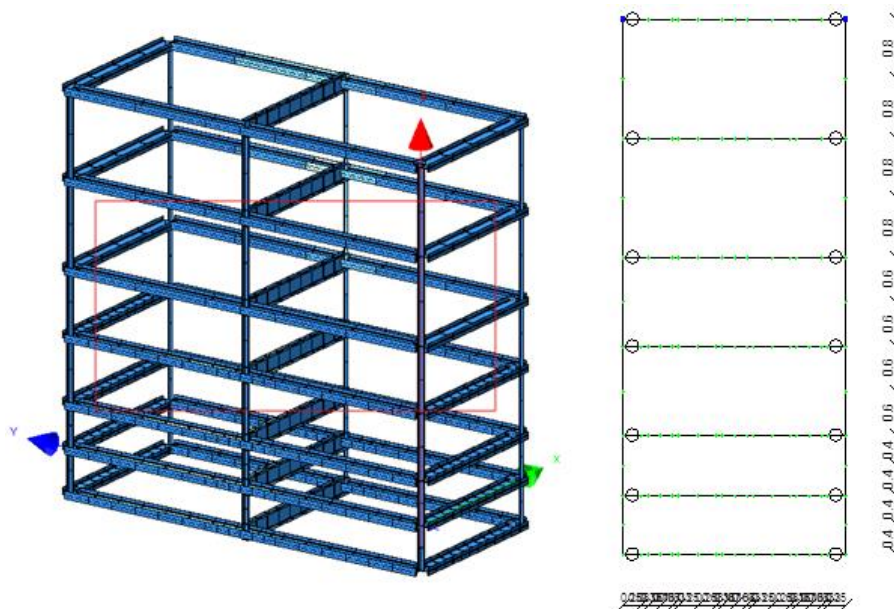


Рис. 4. Схема исследуемой крепи с размерами в осях 7,0×3,0 м

Объединение горизонтальных рам в единую конструкцию крепи осуществляется с помощью вертикальных элементов из равнополочных уголков 75×6 мм. Геометрическая неизменяемость обеспечивается жесткими узлами соединения продольных и поперечных балок рамы.

В каждой раме предполагается установка распорки, перебивающей пополам балку длиной 7 м, распорка к балкам присоединяется

шарнирно. Наличие распорки приводит к существенному уменьшению расчетных усилий в элементах рамы (рис. 5).

Нагрузкой на крепь являются неравномерные напряжения на боковых поверхностях котлована, полученные в результате расчета на наиболее неблагоприятную комбинацию загрузки.

В настоящее время конструкция крепи по предложению ремонтных участков

коммунального предприятия «Харьковводоканал» выполняется с использованием прокатного двутавра № 30.

Общая устойчивость крепи обеспечивается только односторонним упругим отпором грунта, а общая устойчивость элементов рам обеспечивается только их формой и размерами сечения.

Поскольку в процессе эксплуатации крепи практически неизбежна вероятность ее замачивания, невозможно рассматривать деревянные щиты в качестве обшивки креплением рам. Таким образом, расчетная длина балок рам крепи из плоскости принята равной их геометрической длине.

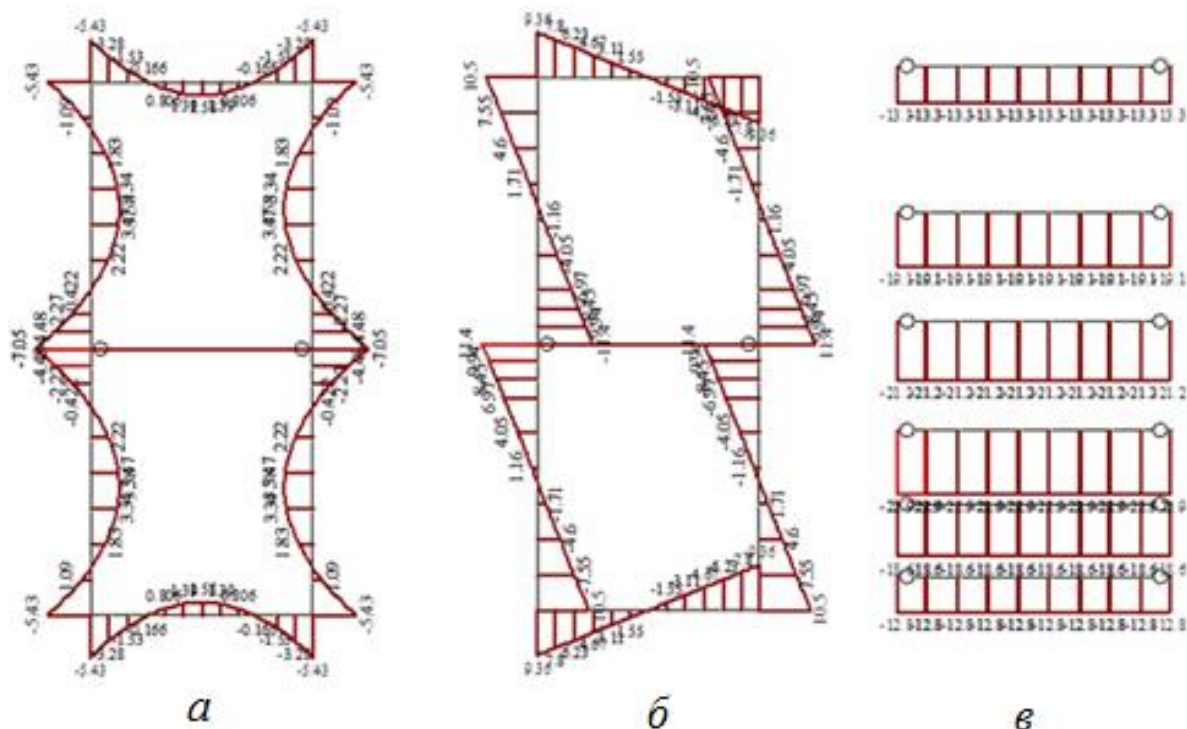


Рис. 5. Эпюры усилий:

- a* – эпюра усилий M_u для рамы, расположенной на отметке 5,6 м (максимально нагруженная);
- б* – эпюра усилий Q_z для рамы, расположенной на отметке 5,6 м (максимально нагруженная);
- в* – эпюры сжимающих усилий N в распорках

Проведенные авторами расчеты показали, что крепь из двутавра № 30 не может удовлетворять требования расчета строительных конструкций по первой группе предельных состояний. В частности, использование элементов рам по общей устойчивости плоской формы изгиба составляет 189 % при требованиях норм не более 100 %.

Расчет по подбору сечения рам крепи выявил необходимость применения двутавра №40.

На рис. 6 приведены результаты исследования крепи из рам, скомпонованных соответственно из двутавров № 30 и № 40.

Схема расположения рам и схема решения углов рамы с использованием двутавра № 40 приведены на рис. 7 и 8.

Выводы по результатам исследования и перспективы, дальнейшее развитие данного направления. Таким образом, выполнен анализ существующей конструкции крепи, произведен ее расчет на расчетную комбинацию загрузки, включающую давление грунта котлована, строительные машины и транспорт на поверхности грунта в месте проведения ремонтно-восстановительных работ на глубинах, превышающих 4-5 м.

Установлено, что для обеспечения надежной работы крепи, состоящей из ряда горизонтальных рам, при заданных размерах котлована $3,0 \times 7,0$ м, глубиной 7,0 м, следует выполнять рамы крепи из прокатного двутавра № 40.

Предложено рациональное решение угловых сопряжений горизонтальных рам крепи из двутавра № 40.

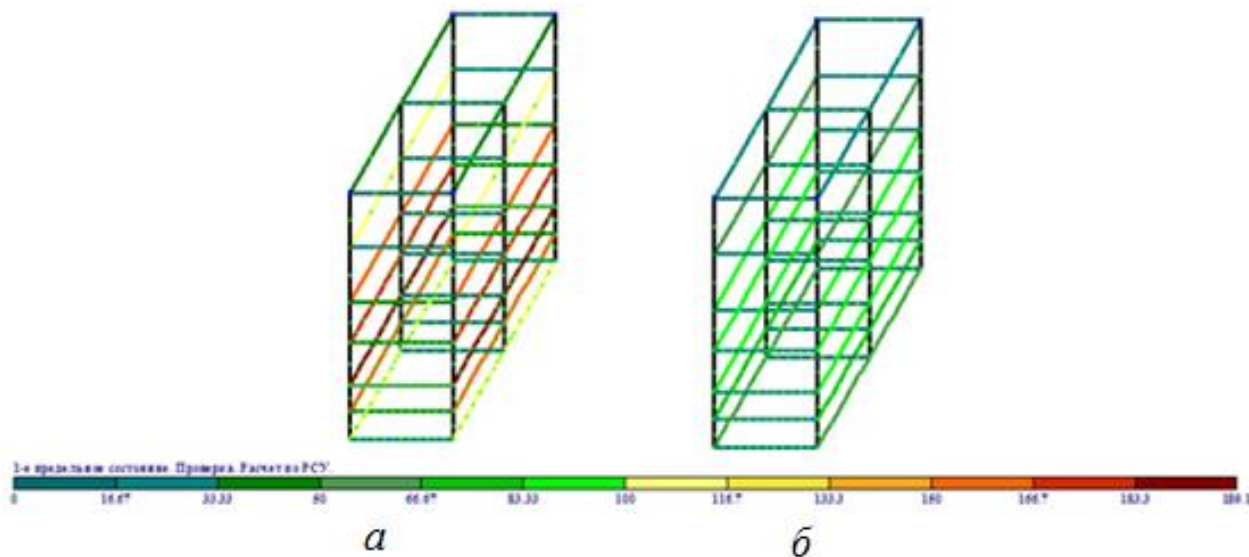


Рис. 6. Результаты проверки нагружения элементов крепи с использованием двутавра: а – № 30; б – № 40

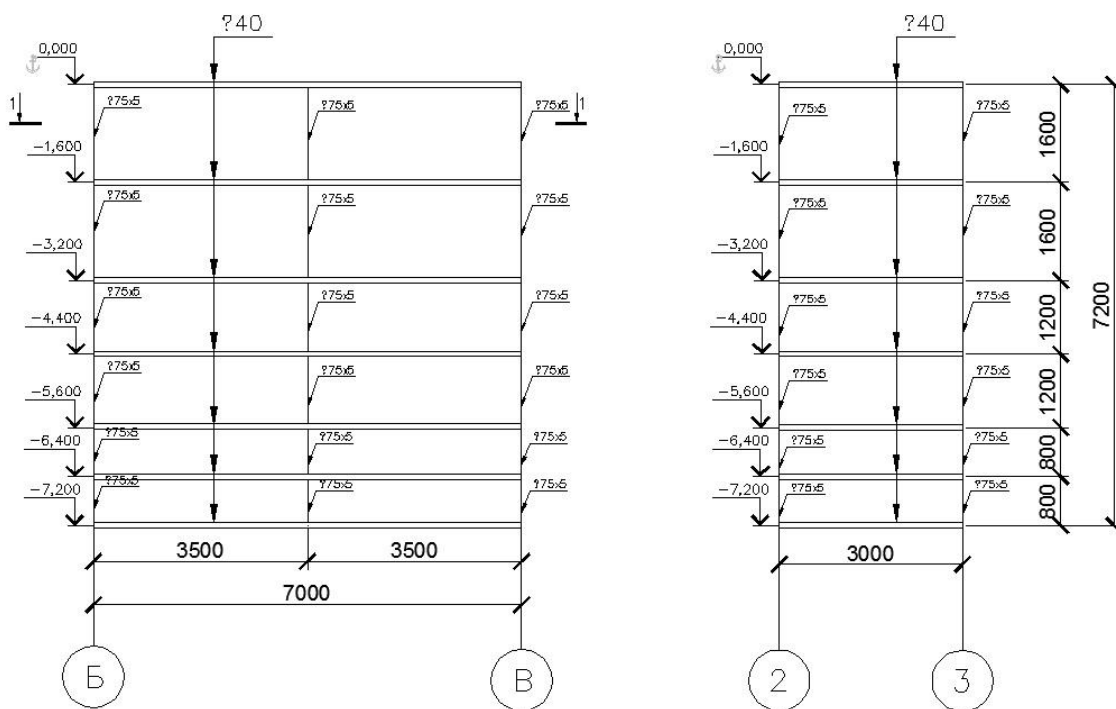


Рис. 7. Схема расположения рам

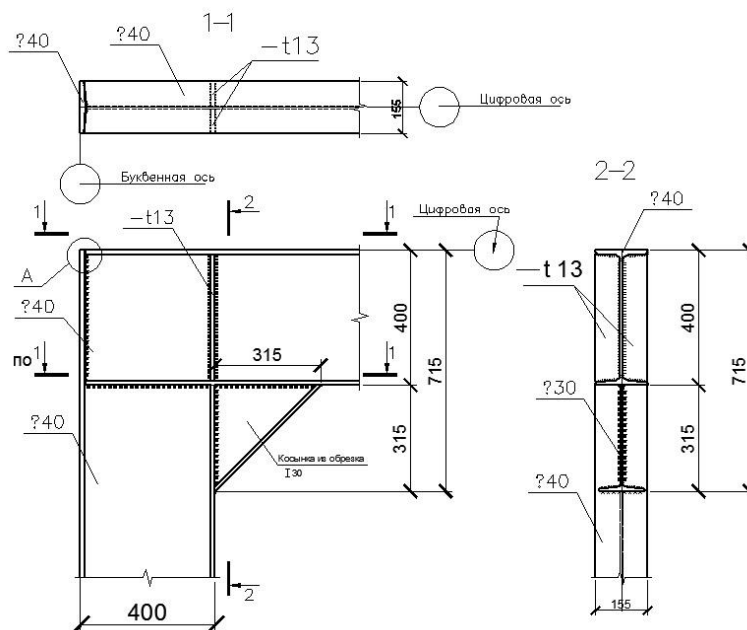


Рис. 8. Схема решения углов рамы

Список использованных источников

1. Гончаренко, Д.Ф. Ремонтно-восстановительные работы на канализационных сетях в водонасыщенных грунтах [Текст] / Д.Ф. Гончаренко, Е.Б. Клейн, И.В. Коринько. – Харьков: Прапор, 1999. – 160 с.
2. Гончаренко, Д.Ф. Ремонт канализационных трубопроводов, проложенных на глубине более 6 м [Текст] / Д.Ф. Гончаренко, О.В. Старкова, С.А. Забелин, В.М. Атаманчук // Наук. вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2011. – Вип. 63. – С. 65–70.
3. Гончаренко, Д.Ф. Ремонт канализационного коллектора в условиях высокого уровня грунтовых вод [Текст] / Д.Ф. Гончаренко, Б.С. Сорокин, С.А. Забелин // Наук. вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2011. – Вип. 65. – С. 90–96.
4. Абрамович, И.А. Новая стратегия проектирования и реконструкции систем транспортирования сточных вод [Текст] / И.А. Абрамович. – Харьков: Основа, 1996. – 316 с.
5. Абрамович, И.А. Сети и сооружения водоотведения: расчет, проектирование, эксплуатация [Текст] / И.А. Абрамович. – Харьков: Коллегиум, 2005. – 228 с.
6. Александров, В.Н. Сталефибробетонные блоки на основе стальной фибры типа «Волан» [Текст] / В.Н. Александров, Ю.И. Тетерин, Л.В. Вьюненко и др. // Транспортное строительство. – 2001. – Вып. 12. – С. 14–16.
7. Коваленко, А.В. Разработка решения по восстановлению канализационного тоннеля [Текст] / А.В. Коваленко // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – К.: КНУБА, 2001. – Вип. 9. – С. 8–12.
8. Коваленко, А.Н. Технологические решения, повышающие эффективность работ по ликвидации аварий на канализационных коллекторах [Текст] / А.Н. Коваленко, А.В. Коваленко, И.В. Коринько // Комунальне господарство міст. – К.: Техніка, 2000. – Вип. 3. – С. 3–5.
9. Коринько, И.В. Выполнение работ по восстановлению канализационного коллектора в г. Харькове с использованием отечественного оборудования [Текст] / И.В. Коринько, А.В. Коваленко // Сб. докладов Междунар. конгресса «ЭТЭВК – 2001». – Ялта, 2001. – С. 223–226.
10. Гончаренко, Д.Ф. Эксплуатация, ремонт и восстановление сетей водоотведения [Текст]: монография / Д.Ф. Гончаренко. – Харьков: Консум, 2008. – 400 с.
11. Добряев, А.А. Опыт ликвидации аварий на сетях водоотведения открытым способом [Текст] / А.А. Добряев // Наук. вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2004. – Вип. 26. – С. 89–94.

12. Шматченко, В.І. Технологія відновлення трубопроводу водовідведення відкритим способом в м. Харкові [Текст] / В.І. Шматченко, В.С. Шмуклер, Д.Ф. Гончаренко, А.А. Добряєв // Будівництво України. – 2006. – Вип. 5. – С. 15–19.
13. Орлов, В.А. Бестраншейная реконструкция и техническое обслуживание водопроводных и водоотводящих сетей [Текст]: учеб. пособие / В.А. Орлов. – М.: МГСУ, 1998. – 64 с.
14. Орлов, В.А. Эксплуатация, реконструкция и строительство водопроводных и водоотводящих сетей с учетом экологического фактора [Текст] / В.А. Орлов // Строительство и архитектура. – 1997. – Вып. 2. – С. 70.
15. Храменков, С.В. Бестраншейные методы восстановления водопроводных и водоотводящих сетей [Текст] / С.В. Храменков, О.Г. Примин, В.А. Орлов. – М.: ТИМР, 2000. – 179 с.
16. Болотских, Н.С. Водопонижение при производстве ремонтных работ на канализационных коллекторах. Обзорная информация [Текст] / Н.С. Болотских, Е.Б. Клейн, Е.И. Олейник. – М.: Минжилкоммунхоз РСФСР, ЦБНТИ. Серия: водоснабжение и канализация, 1975. – Вып. 1/28. – 53 с.
17. Гончаренко, Д.Ф. Ремонтно-відбудовні роботи на каналізаційних мережах у водонасичених ґрунтах [Текст] / Д.Ф. Гончаренко, Ю.Б. Клейн, І.В. Коринько. – Харків: Прапор, 1999. – 158 с.
18. Клейн, Ю.Б. Водозниження під час ліквідації аварій на мережах каналізації [Текст] / Ю.Б. Клейн. – Київ: НМК ВО, 1992. – 104 с.
19. Stein, D. Instandhaltung von Kanalisationen [Текст] / D. Stein. – Berlin: Ernst, 1998. – 940 p.
20. Dinkelacker, A. Verhinderung von Ablagerungsbildungen in Schmutzwasserkanälen durch Wulstkugeln [Текст] / A. Dinkelacker // Band I. Dokumentation 1. Internationaler Kongreß Leitungsbau, Hamburg, 1987. – P. I/851-I/860.
21. Lang, H.-J. Bodenmechanik und Grundbau [Текст] / H.-J. Lang, J. Huder, P. Amann, A.M. Puzrin // Springer, 2007. – 336 p.
22. Horstmann, J. Geokunststoffe im Rohrleitungsbau [Текст] / J. Horstmann, P. Pfannenschmidt // Erd und Grundbau, 2002. – P. 29-33.
23. Winkler, U. Druckrohrleitung in Buxtehude nach Hamburg [Текст] / U. Winkler. – Wasserwirtschaft, 2003. – P. 44-46.
24. Гончаренко, Д.Ф. Разработка крепи для производства ремонтно-восстановительных работ на канализационных сетях в сложных геологических условиях [Текст] / Д.Ф. Гончаренко, П.Г. Галушко, С.А. Забелин, О.В. Старкова // Наук. вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2012. – Вип. 69. – С. 75–80.

Гончаренко Дмитрий Федорович, д-р техн. наук, профессор, проректор по научно-педагогической работе Харьковского национального университета строительства и архитектуры. Тел.: (057)700-02-40. E-mail: gonch@kstuca.kharkov.ua.

Галушко Павел Григорьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры металлических и деревянных конструкций Харьковского национального университета строительства и архитектуры.

Сорокин Борис Сергеевич, аспирант кафедры технологии строительного производства Харьковского национального университета строительства и архитектуры.

Бондаренко Дмитрий Александрович, канд. техн. наук, доцент кафедры экономической кибернетики и информационных технологий Харьковского национального университета строительства и архитектуры. Тел.: (050)262-14-48. E-mail: dm_bondarenko@yahoo.com.

Goncharenko Dmytro F., doct. of techn. sciences, professor, Vice Rector of research and educational work, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture. Tel.: (057)700-02-40. E-mail: gonch@kstuca.kharkov.ua.

Galushko Pavel G., cand. of techn. sciences, Associate Professor, Department of Metal and Wooden Structures, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture.

Sorokin Boris S., postgraduate student Chair of construction technologies, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture.

Bondarenko Dmytro A., cand. of techn. sciences, Associate Professor, Department of Economic Cybernetics and Information Technologies, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture. Tel.: (050)262-14-48. E-mail: dm_bondarenko@yahoo.com.

ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА УПРАВЛІННЯ НИМИ

УДК 681.586.782

ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗРОБЛЕННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНОГО ПРОДУКТУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ. Ч. 1

Асп. В.Ю. Гребенюк

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПРОДУКТА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА. Ч. 1

Асп. В.Ю. Гребенюк

THE EFFECTIVENESS OF THE DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN INNOVATIVE PRODUCT OF RAILWAY TRANSPORT. P. 1

Postgraduate V. Grebenuk

У даній роботі з метою визначення економічної ефективності від розроблення та впровадження індуктивно-дротового датчика розраховано собівартість дослідного зразка даного пристрою, для чого визначено трудомісткість його розроблення та складено кошторис витрат, пов'язаних з його створенням.

***Ключові слова:** індуктивно-дротовий датчик, техніко-економічне обґрунтування, собівартість, кошторис витрат.*

В данной работе с целью определения экономической эффективности от разработки и внедрения индуктивно-проводного датчика рассчитана себестоимость опытного образца данного устройства, для чего определена трудоемкость его разработки и составлена смета расходов, связанных с его созданием.

***Ключевые слова:** индуктивно-проводной датчик, технико-экономическое обоснование, себестоимость, смета расходов.*

In this paper, to determine the cost-effectiveness of the design and implementation of an inductive-wire sensor calculated the cost of a prototype of the device, which defined the complexity of its design. In order to estimate the costs associated with the development of a prototype of an inductive-wire sensor, all the articles were calculated costs: material costs, costs for payroll deductions for state social insurance, depreciation costs and other expenses. This development involves improving the safety of the train and shunting that increases the quality and competitiveness in particular rail transport in general.

***Keywords:** inductive-wire sensor, techno - economic assessment, cost, cost estimate.*

Вступ. Будь-яке технічне рішення може бути рекомендовано і введено в тому випадку, якщо показана економічна доцільність його впровадження. Критерієм доцільності створення і застосування нової техніки, реконструкції діючих об'єктів, а також заходів з оновлення перевезень є економічна ефективність. Підвищення ефективності капітальних вкладень, впровадження нової

техніки і виробництва на транспорті, якості робіт і послуг є обов'язковою умовою економічного зростання та соціально-економічного розвитку галузі залізничного транспорту. Істотно змінити виробничі умови поряд з підвищенням безпеки руху поїздів дозволяє заміна менш досконалих пристроїв більш модернізованими, що забезпечить поліпшення якісних показників

експлуатаційної роботи залізниць. При цьому прискорюється обіг рухомого складу, збільшується пропускна і переробна здатності станцій, а також підвищується технічна оснащеність транспортної інфраструктури в цілому. Актуальність теми даного дослідження зумовлена необхідністю забезпечення безпеки руху поїздів і виконання маневрових робіт за рахунок точного виявлення транспортних засобів у межах певної ділянки колії за допомогою індуктивно-дротового датчика (ІДД).

Аналіз публікацій і постановка завдання дослідження. Після аналізу недоліків існуючих рішень ІДД [1, 2] був розроблений новий покращений ІДД [3], який контролює пересування рухомих об'єктів у межах певної колійної ділянки, визначає напрямок руху рухомої одиниці, підвищує точність при реєстрації відчепів і баз довгобазних вагонів під впливом різних дестабілізуючих факторів. У зв'язку з цим для подальших досліджень ІДД з метою впровадження його на залізницю для підвищення безпеки руху поїздів і виконання

маневрових робіт доцільним буде проведення техніко-економічного обґрунтування розроблення та впровадження даного пристрою. При впровадженні інновацій, пов'язаних із створенням і модернізацією технічних засобів, виникає необхідність оцінки вартості інноваційного заходу, для чого визначають економічну ефективність проекту та показники, які її характеризують [4]. Довести доцільність розроблення та впровадження ІДД шляхом визначення економічної ефективності від здійснення даного заходу і є основним завданням цього дослідження.

Основна частина. На першому етапі дослідження необхідно розрахувати собівартість дослідного зразка ІДД, для чого визначають трудомісткість робіт, пов'язаних із його розробкою. Для визначення трудомісткості розробки ІДД складається перелік всіх основних етапів робіт, які мають бути виконані. Розподіл робіт по етапах з указанням трудомісткості їх виконання наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Розподіл робіт по етапах і видах і оцінка їх трудомісткості

Етап проведення	Вид роботи на даному етапі	Трудомісткість виконання, люд.год
Отримання інформації про предметну область	Збір даних про предметну область	40
	Обробка даних	24
	Створення структур баз даних	16
Математичне обґрунтування	Розрахунки, необхідні для розроблення датчика	40
Розроблення колійного датчика	Розроблення схеми датчика	56
	Опис процесів роботи датчика	48
	Розроблення конструктивної моделі ІДД	16
Розрахунок технічної ефективності	Оцінка науково-технічної результативності (теоретична)	16
	Випробування дослідного зразка	24
	Доведення до остаточного варіанта (усунення недоліків)	8
Опис ІДД	Підготовка вказівок по роботі з датчиком	24
	Розроблення графічної частини	16
Всього трудомісткість виконання роботи		328

Приблизний період розроблення ІДД становить 2 місяці робочого часу, трудомісткість виконання роботи асистентом

дорівнює 328 люд. год, керівника науково-дослідної роботи (НДР) – 200 люд. год, збирача – 32 люд. год.

Собівартість дослідного зразка датчика являє собою виражені в грошовому вигляді поточні витрати дослідної лабораторії на його виробництво. Визначення витрат на розроблення проєктованого датчика здійснюється шляхом складання відповідного кошторису, який включає такі статті: матеріальні витрати, витрати на покупні комплектуючі, напівфабрикати, витрати на

оплату праці, відрахування на соціальні потреби, амортизація основних фондів, інші витрати [5].

При проведенні техніко-економічних розрахунків, пов'язаних з визначенням ефективності розроблюваного пристрою, загальну величину витрат знаходять за формулою

$$E_3 = E_{MAT} + E_{ФОП} + E_{СОЦ} + E_{AM} + E_{ІН}, \quad (1)$$

де E_3 - загальна величина витрат;

E_{MAT} - матеріальні витрати;

$E_{ФОП}$ - загальний фонд оплати праці;

$E_{СОЦ}$ - відрахування на державне соціальне страхування, пенсійне страхування і відрахування до фонду сприяння зайнятості населення;

E_{AM} - амортизаційні відрахування;

$E_{ІН}$ - інші витрати.

До статті «Матеріальні витрати» відносять витрати на основні та допоміжні матеріали, витрати на покупні комплектуючі та

напівфабрикати, необхідні для розроблення датчика. До основних матеріалів відносять вартість індуктивного шлейфа, необхідного для прокладання поміж рейками; до покупних комплектуючих і напівфабрикатів - вимірювальні генератори і ГОС, мікросхеми усіх компонентів ІДД: фазові детектори, інтегратори, компаратори, інвертор, суматор, детектори, ключі, схема АБО.

Розрахунок витрат на матеріальні ресурси проводиться за формою, яка наведена в табл. 2.

Таблиця 2

Розрахунок витрат на покупні комплектуючі вироби

Покупні комплектуючі вироби		Норма витрати на виріб, шт.	Ціна за одиницю, грн	Сума на виріб, грн
Найменування	Технічна характеристика			
Вимірювальний генератор	Фіксує зміни параметрів індуктивного шлейфа	2	125,00	250,00
Фазовий детектор	Порівнює сигнали, які надходять з вимірювальних генераторів і ГОС	2	74,00	148,00
ГОС	Генерує сигнал опорної частоти	1	40,00	40,00
Ключ	Формує перепад напруги згідно з вхідним сигналом	2	18,40	36,80
Інвертор	Змінює полярність сигналу, який надходить з другого фазового детектора	1	160,00	160,00
Суматор	Додає сигнали, які надходять на його входи	1	95,00	95,00
Детектор	Мають різну провідність залежно від напрямку струму сигналу	2	70,00	140,00
Інтегратор	Захищають від перехідних процесів	2	69,00	138,00
Компаратор	Здійснюють перехід від аналогових сигналів до цифрових	2	12,60	25,20
Схема АБО	Фіксує зайнятість ділянки шляху і напрямку руху транспортного засобу	1	2,00	2,00
Усього				1035,00

Загальна сума витрат на закупні та комплектуючі вироби $V_{\text{мат}}$ знаходиться за формулою [5]

$$V_{\text{мат}} = \sum_{i=1}^n K_i \cdot C_i, \quad (2)$$

де K_i - кількість витраченого i -го виду матеріального ресурсу, од.;

C_i - ціна за одиницю i -го виду матеріального ресурсу, грн;

i - вид матеріального ресурсу;

n - кількість видів матеріальних ресурсів.

Секції індуктивного шлейфа являють собою покладений між рейками кабель з поліетиленовою ізоляцією у полівінілхлоридній оболонці, тому сировиною, необхідною для розроблення датчика, є кабель. Для виконання поставлених завдань найбільш придатним є кабель СБВГ з діаметром струмопровідної жили 1 мм. Виходячи з довжини вагона (23,6 м) і бази довгобазних вагонів доцільно при розрахунках вибрати довжину кабелю кожної секції не менше 10 м, щоб у сукупності датчик мав можливість зафіксувати не тільки стандартний вагон, але і базу довгобазного вагона. Враховуючи додаткові витрати кабелю на виводи до мікросхем (близько 5 м), оптимальним буде використання кабелю довжиною 25 м на розроблення одного датчика. Вартість 1 м такого кабелю (СБВГ 1x16) дорівнює 17,35 грн, відповідно сума витрат

сировини на один датчик дорівнює 433,75 грн. Отже, $E_{\text{мат}}=1035,00+433,75=1468,75$ грн.

У статтю «Витрати на оплату праці» включаються витрати з оплати праці всіх працівників, зайнятих виконанням НДР з проектування ІДД, а саме: асистента, керівника НДР та збирача.

Загальна сума витрат на оплату праці $E_{\text{ФОП}}$ визначається за формулою

$$E_{\text{ФОП}} = \sum_{i=1}^n GC_i \cdot T_i, \quad (3)$$

де GC_i - оклад за годину праці i -го працівника, грн;

T_i - час на розроблення системи, год;

i - категорія працівника;

n - кількість працівників, зайнятих розробленням системи.

Оклад за годину праці розробника розраховується за формулою

$$GC_i = \frac{ЗП_i}{ФЗЧ_i}, \quad (4)$$

де $ЗП_i$ - середньомісячна заробітна плата розробника системи (у даному випадку береться розмір стипендії), грн;

$ФЗЧ_i$ - середньомісячний фонд робочого часу (приблизно 169 год на місяць).

Загальна сума витрат на оплату праці визначається за формою, наведеною в табл. 3, і дорівнює

$$E_{\text{ФОП}} = 13,85 \cdot 328 + 35,93 \cdot 200 + 11,74 \cdot 32 = 12104,5 \text{ грн.}$$

Таблиця 3

Калькуляція витрат на оплату праці

Категорія і кваліфікація працівника	Оклад, грн	Надбавки			Усього оплата за місяць, грн	ГС, грн	Трудо-місткість, люд. год	Σ витрат, грн
		за ви-слугу років	за вчене звання	за сту-пінь				
Аспірант (асистент)	2341,0	-	-	-	2341,0	13,85	328	4542,8
Керівник НДР (професор)	3230,0	969,0	1065,9	807,5	6072,4	35,93	200	7186,0
Збирач (завідувач лабораторією)	1653,0	330,6	-	-	1983,6	11,74	32	375,7
Усього								12104,5

Відрахування на державне соціальне страхування, пенсійне страхування і до фонду сприяння зайнятості населення ($E_{\text{соц}}$) визначається за встановленими чинним законодавством нормами від витрат, пов'язаних з оплатою праці у розмірі 39,5 %.

$$E_{\text{соц}} = 12104,5 \cdot 0,395 = 4781,3 \text{ грн.}$$

Загальна сума амортизаційних відрахувань $E_{\text{ам}}$ визначається виходячи з загальної суми амортизації нерухомого майна академії, що складає 7027479,00 грн на рік. Загальна площа академії дорівнює 39743 м², а площа лабораторії становить 21 м². Таким чином сума амортизаційних відрахувань за 2 місяці складає

$$E_{\text{ам}} = \frac{7027479}{12 \cdot 39743} \cdot 21 \cdot 2 = 618,9 \text{ грн.}$$

До статті «Інші витрати» включаються витрати на утримання адміністративно-управлінського та навчально-допоміжного персоналу, на опалення, освітлення та інші комунальні платежі, поточний ремонт приміщень, канцелярські, приладдя відрядження та інші господарські витрати. Витрати за цією статтею приймаються в розмірі 70 % витрат на оплату праці.

$$E_{\text{ін}} = 0,7 \cdot E_{\text{заг}}, \quad (5)$$

$$E_{\text{ін}} = 0,7 \cdot 12104,5 = 8473,2 \text{ грн.}$$

Таким чином,
 $E_3 = 1468,75 + 12104,5 + 4781,3 + 618,9 + 8473,2 = 27446,65 \text{ грн.}$

Кошторис витрат за статтями наведено у табл. 4.

Таблиця 4

Калькуляція планової собівартості дослідного зразка ІДД

Стаття витрат	Сума, грн
Сировина і матеріали	433,75
Покупні комплектуючі, напівфабрикати	1035,00
Заробітна плата	12104,50
Відрахування	4781,30
Амортизаційні відрахування	618,90
Інші витрати	8473,20
Планова собівартість	27446,65

Таким чином, собівартість дослідного зразка датчика становить 27446,65 грн.

Економічний ефект від розроблення та впровадження нового виробу в даному випадку необхідно розглядати безпосередньо для розробника, тобто дослідної лабораторії, і для виробника, який впроваджуватиме виріб у серійне виробництво (ефект для виробника). Для дослідної лабораторії ефект виражатиметься величиною прибутку (чистого прибутку) від продажу права на виробництво датчика іншому виробнику. Продаж права на виробництво може здійснюватися за договірною ціною, яка встановлюється з урахуванням ефективності, якості і термінів її виконання на рівні, що відповідає економічним інтересам споживача і виконавця.

Визначимо величину можливої договірної ціни НДР дослідного зразка C_D з урахуванням ліцензії та без її урахування:

$$C_D = E_3 \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right), \quad (6)$$

де E_3 - загальна величина витрат без ліцензії;
 P - середній рівень рентабельності, % (приймається в розмірі 25 %).

Договірна ціна продажу дослідного зразка ІДД без ліцензії становить

$$C_D = 27446,65 \cdot \left(1 + \frac{25}{100}\right) = 34308,31 \text{ грн.}$$

Договірна ціна продажу дослідного зразка ІДД з урахуванням ліцензії становить

$$C_{д_лиц} = (E_з + E_{лиц}) * (1 + P/100), \quad (7)$$

$$C_{д_лиц} = (27446,65 + 827 + 8000) * 1,25 = 45342,06 \text{ грн.}$$

Сума прибутку, який отримає лабораторія, у першому випадку складатиме $P = 34308,31 * 0,25 = 8577,08$ грн, у другому – $P = 45342,06 * 0,25 = 11335,5$ грн; сума чистого прибутку лабораторії у першому випадку складатиме $ЧП = 8577,08 * 0,75 = 6432,81$ грн, у другому – $11335,5 * 0,75 = 8501,64$ грн.

де $E_{лиц}$ - витрати на отримання ліцензії, які включають витрати на отримання патенту на винахід ІДД (827 грн) і витрати на сертифікацію серійного виробництва датчиків даного типу (8000 грн). Отже,

Висновки дослідження і перспективи, подальший розвиток у цьому напрямку. Для проведення техніко-економічного обґрунтування розроблення та впровадження ІДД розраховано собівартість його дослідного зразка, а також визначено економічний ефект від здійснення даного заходу безпосередньо для розробника та для виробника. Наступним етапом дослідження є розрахунок показників економічної ефективності даного проекту.

Список використаних джерел

1. Индуктивно-проводной датчик [Текст]: пат. 2339530 Рос. Федерации: МПК В 61 L 1/08 / Ноздрин К.А., Габдулхаев А.Б., Никитин А.Н., Демин Л.А.; заявитель и патентообладатель ОАО «Ижевский радиозавод». - № 2006132935/11; заявл. 13.09.2006; опубл. 27.11.2008, Бюл. № 33. – 9 с.
2. Rail line sensing and safety system [Text]: pat. 246126 US: МПК АВ 61L 102FI / Richard C. Carlson, Peter Strezev, Kurt A. Gunther, Marc W. Cygnus; Applicant Richard C. Carlson, Peter Strezev, Kurt A. Gunther, Marc W. Cygnus. – № 20120138752; published 07.06.2012.
3. Индуктивно-дротовий датчик для виявлення транспортного засобу в межах певної ділянки шляху [Текст]: пат. 101096 України: МПК В 61 L 1/00, / Бабаєв М.М., Блиндюк В.С., Ананьєва О.М., Гребенюк В.Ю.; власник Українська державна академія залізничного транспорту. - № а 201111355; заявл. 26.09.2011; опубл. 25.02.2013, Бюл. № 4. – 5 с.
4. Дикань, В.Л. Забезпечення ефективності інноваційної діяльності підприємств залізничного транспорту [Текст]: монографія / В.Л. Дикань, В.О. Зубенко. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – 194 с.
5. Беклешов, В.К. Технико-экономическое обоснование дипломных проектов [Текст]: учеб. пособие / В.К. Беклешов. – М.: Высшая школа, 1991. – 178 с.

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

Гребенюк Вікторія Юріївна, аспірант кафедри електротехніки та електричних машин Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057) 730-19-96. E-mail: viiki_2104@mail.ru

Hrebenuk Victoria Yurevna, aspyrant the department elektrotehnyky and elektricheski machines Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel. (057) 730-19-96. E-mail: viiki_2104@mail.ru

УДК 004.89

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ СПУТНИКОВ

Канд. техн. наук А.П. Собчак, В.О. Цымбал

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНФОРМАЦІЙНИХ СУПУТНИКІВ

Канд. техн. наук А.П. Собчак, В.О. Цимбал

METHOD OF INCREASING THE EFFICIENCY EXPERT SYSTEMS USING SATELLITE INFORMATION

Candidate tehn. Sciences A.P.Sobchak, V.O. Tsimbal

Метод повышения эффективности экспертных систем с помощью информационных спутников на примере сайтов www.KIATON.com.ua, www.AGROPROM.in.ua, www.GoldenBird.com.ua при ограниченных ресурсах. Анализ полученных результатов. Прогнозирование дальнейших результатов с помощью полученных данных.

Ключевые слова: Дорвей, информационный спутник, экспертная система

Метод підвищення ефективності експертних систем за допомогою інформаційних супутників на прикладі сайтів www.KIATON.com.ua, www.AGROPROM.in.ua, www.GoldenBird.com.ua при обмежених ресурсах. Аналіз отриманих результатів. Прогнозування подальших результатів за допомогою отриманих даних.

Ключові слова: Дорвей, інформаційний супутник, експертна система

A method for increasing the effectiveness of expert systems using the example of satellite information sites www.KIATON.com.ua, www.AGROPROM.in.ua, www.GoldenBird.com.ua with limited resources. Analysis of the results . Haraktreristiki modern large Projects summary . Trends in the development of modern information technology . Computer model , or numerical model . Information model - a model object , presented as information describing the essential part of the consideration of the parameters and variables of the object. Mathematical modeling and associated computer experiment . Physical model of the process or phenomenon called his mathematical model consisting of ideal physical objects. Expert System (ES , Eng . Expert system) - a computer system that can partially replace the professional expert in the resolution of the problem situation . Forecasting future results using the data obtained.

Keywords: Doorway, satellite information, the expert system.

Введение. В данной статье будет рассмотрен метод повышения эффективности экспертных систем с помощью информационных спутников на примере трех сайтов. Проведен анализ полученных результатов.

Тенденции развития современных информационных технологий приводят к постоянному возрастанию сложности информационных систем (ИС), создаваемых в различных областях экономики. Современные крупные проекты ИС характеризуются, как правило, следующими особенностями:

- сложность описания (достаточно большое количество функций, процессов, элементов данных и сложные взаимосвязи между ними), требующая тщательного моделирования и анализа данных и процессов;

- наличие совокупности тесно взаимодействующих компонентов (подсистем), имеющих свои локальные задачи и цели функционирования (например, традиционных приложений, связанных с обработкой транзакций и решением регламентных задач, и приложений аналитической обработки (поддержки принятия решений), использующих

нерегламентированные запросы к данным большого объема);

- отсутствие прямых аналогов, ограничивающее возможность использования каких-либо типовых проектных решений и прикладных систем;

- необходимость интеграции существующих и вновь разрабатываемых приложений;

- функционирование в неоднородной среде на нескольких аппаратных платформах;

- разобщенность и разнородность отдельных групп разработчиков по уровню квалификации и сложившимся традициям использования тех или иных инструментальных средств;

- существенная временная протяженность проекта, обусловленная, с одной стороны, ограниченными возможностями коллектива разработчиков, и, с другой стороны, масштабами организации-заказчика и различной степенью готовности отдельных ее подразделений к внедрению ИС.

На любое явление в природе, в нашей жизни, в социуме оказывает влияние информация как в виде поступающих все новых и новых данных (например: весной тает снег, в зрелом возрасте появляются дети, на выборах выиграл определенный кандидат), так и в виде правил (например: снег будет таять при повышении температуры, приближении солнца, рождение ребенка обуславливается детородным возрастом, кандидат должен понравиться большей части населения), которая представляет собой БЗ. Для повышения эффективности взаимодействия наука научилась моделировать.

Физической моделью процесса или явления называется его математическая модель, составленная из идеальных физических объектов. Изучением физических моделей самих по себе занимается теоретическая физика.

Простейшей физической моделью в классической механике является материальная точка. Несколько более сложные модели: идеальный газ, идеальная жидкость.

Математическая модель — это приближенное описание какого-либо класса явлений или объектов реального мира на языке математики. Основная цель моделирования — исследовать эти объекты и предсказать результаты будущих наблюдений. Однако

моделирование — это еще и метод познания окружающего мира, дающий возможность управлять им.

Математическое моделирование и связанный с ним компьютерный эксперимент незаменимы в тех случаях, когда натурный эксперимент невозможен или затруднен по тем или иным причинам. Например, нельзя поставить натурный эксперимент в истории, чтобы проверить, «что было бы, если бы...». Невозможно проверить правильность той или иной космологической теории. В принципе возможно, но вряд ли разумно, поставить эксперимент по распространению какой-либо болезни, например чумы, или осуществить ядерный взрыв, чтобы изучить его последствия. Однако все это вполне можно сделать на компьютере, построив предварительно математические модели изучаемых явлений.

Компьютерная модель, или численная модель — компьютерная программа, работающая на отдельном компьютере, суперкомпьютере или множестве взаимодействующих компьютеров (вычислительных узлов), реализующая представление объекта, системы или понятия в форме, отличной от реальной, но приближенной к алгоритмическому описанию, включающей и набор данных, характеризующих свойства системы, и динамику их изменения со временем. Компьютерные модели стали обычным инструментом математического моделирования и применяются в физике, астрофизике, механике, химии, биологии, экономике, социологии, метеорологии, других науках и прикладных задачах в различных областях радиоэлектроники, машиностроения, автомобилестроения и проч. Компьютерные модели используются для получения новых знаний о моделируемом объекте или для приближенной оценки поведения систем, слишком сложных для аналитического исследования.

Информационная модель — модель объекта, представленная в виде информации, описывающей существенные для данного рассмотрения параметры и переменные величины объекта, связи между ними, входы и выходы объекта, и позволяющая путём подачи на модель информации об изменениях входных величин моделировать возможные состояния объекта.

Експертная система (ЭС, англ. *expert system*) — компьютерная система, способная частично заменить специалиста-эксперта в разрешении проблемной ситуации. Современные ЭС начали разрабатываться исследователями искусственного интеллекта в 1970-х годах, а в 1980-х получили коммерческое подкрепление. Предтечи экспертных систем были предложены в 1832 году С.Н. Корсаковым, создавшим механические устройства, так называемые «интеллектуальные машины», позволявшие находить решения по заданным условиям, например определять наиболее подходящие лекарства по наблюдаемым у пациента симптомам заболевания.

Другие подобные программы — поисковые или справочные

(энциклопедические) системы. По запросу пользователя они предоставляют наиболее подходящие (релевантные) разделы базы статей (представления об объектах областей знаний, их виртуальную модель).

Далее метод повышения эффективности экспертных систем будет показан на примере сайтов www.KIATON.com.ua (рис. 1), www.AGROPROM.in.ua (рис. 2) и www.GoldenBird.com.ua (рис. 3).

Статистика посещаемости сайта после его обновления и изменения внешнего вида. Внешний вид сайта www.KIATON.com.ua (рис. 5) был обновлен 1 августа. Как видно из графика, посещаемость сайта значительно повысилась.

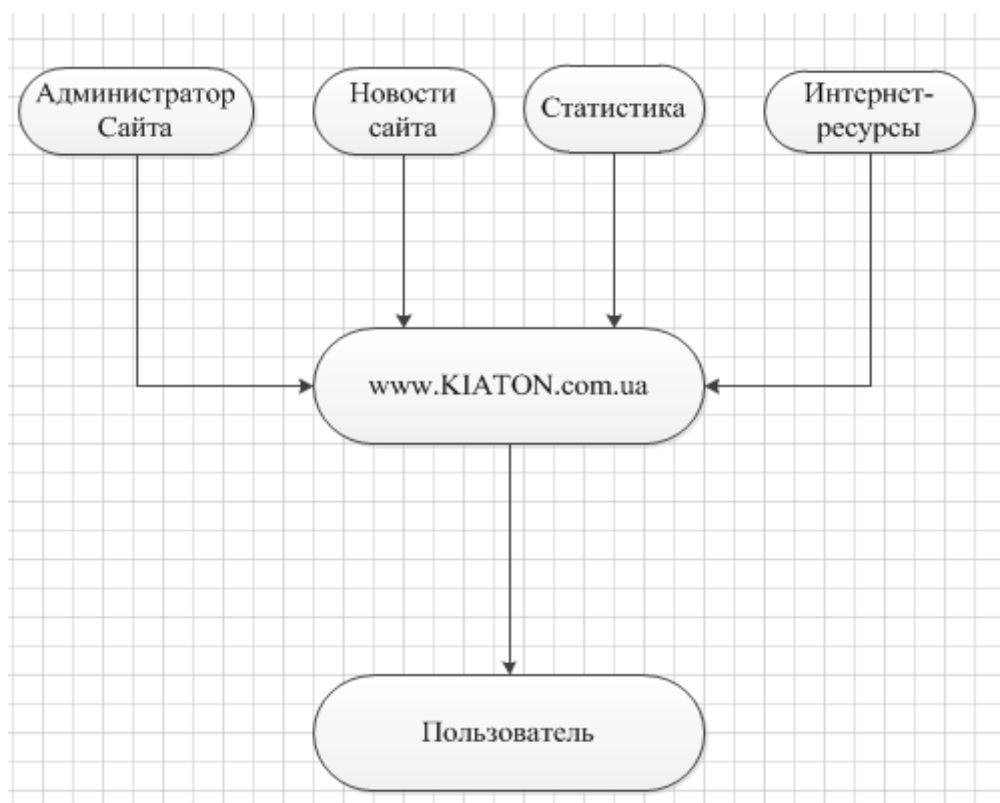


Рис. 1. Структура экспертной системы www.KIATON.com.ua



Рис. 2. Структура экспертной системы www.AGROPROM.in.ua

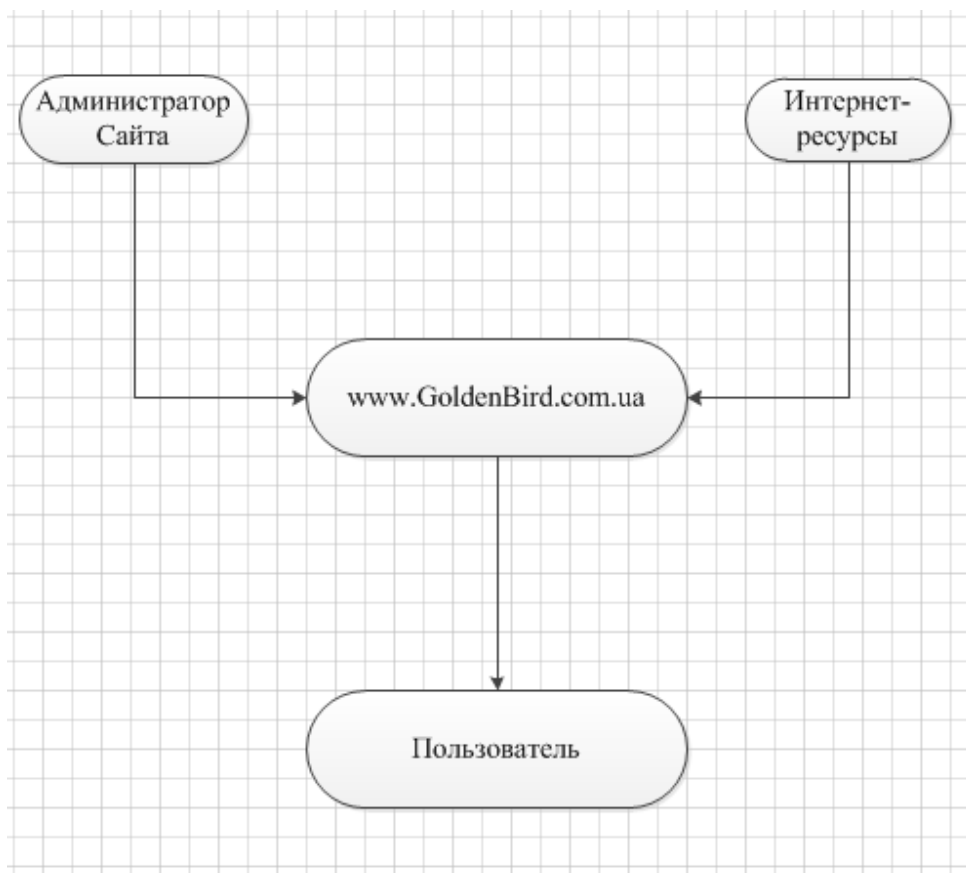


Рис. 3. Структура экспертной системы www.GoldenBird.com.ua

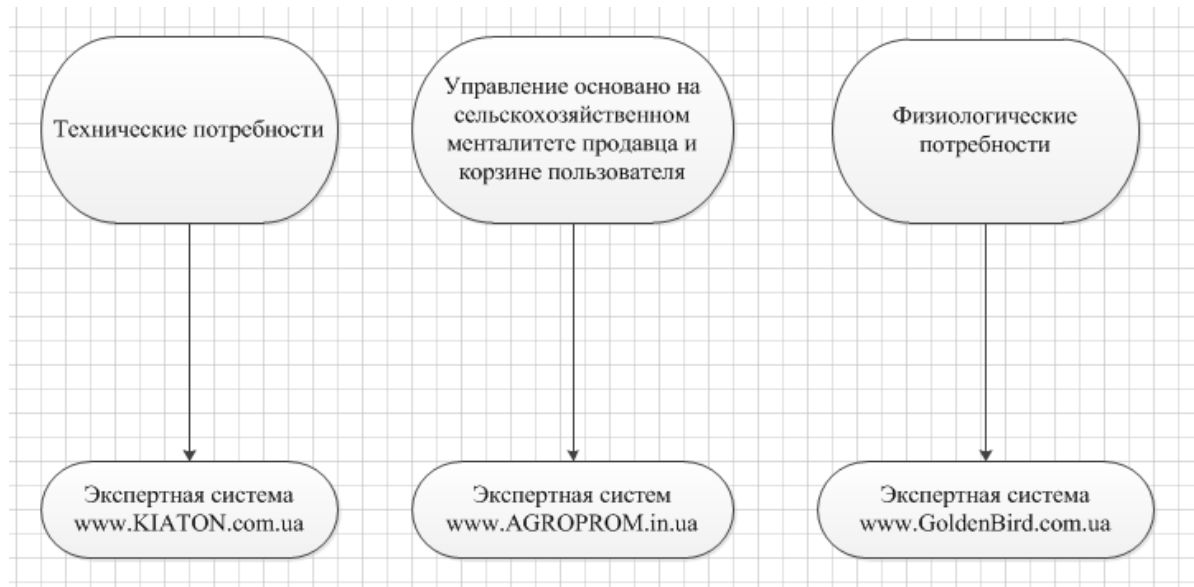


Рис. 4. Структура экспертных систем относительно потребностям пользователя

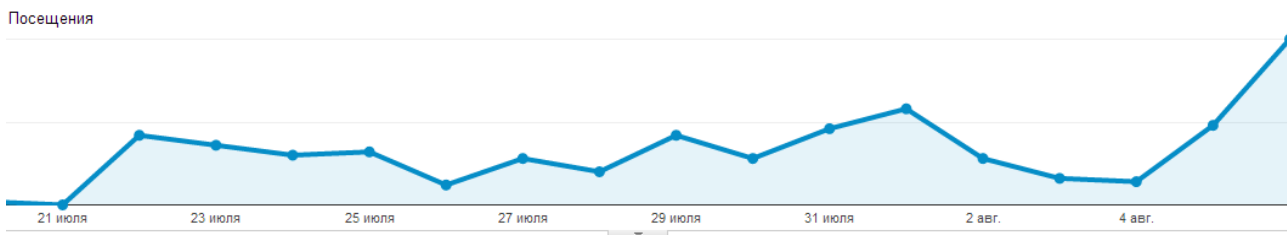


Рис. 5. Статистика посещения сайта www.KIATON.com.ua до и после его обновления

Затем проводилось создание сайтов-дорвеев.

Дорвей – сайт, использующийся оптимизатором исключительно для переадресации пользователя на продвигаемый ресурс. Дорвей не представляет для посетителя никакой ценности. Зачастую пользователь даже не успевает всмотреться в страницу дорвея, автоматически перенаправляясь на продвигаемый сайт. Контент дорвея, как правило, лишён какого бы то ни было смысла. Часто это просто набор бессвязных фраз, в который в обилии введены ключевые слова. Именно в этом смысл дорвея – попасть в выдачу поисковиком по ключевым словам. Дорвеи вредят своей бесполезностью пользователям и отвлекают ресурсы поисковых машин, по сути являясь мусором. Поэтому все интернет-поисковики нещадно борются с дорвеями.

Виды дорвеев. Дорвеи, как и любые другие сайты, имеют множество параметров и

характеристик, но, несмотря на это, их можно выделить в три основные группы, условно называемые «черные», «серые» и «белые».

«Чёрные дорвеи». Представляют собой страницу, содержащую автоматический редирект на главный сайт, что нарушает правила пользования поисковыми системами. Могут реализовываться различными способами, но, как правило, для этого применяются либо специальные мета-теги, либо java-скрипты. Обычно такие дорвеи не содержат осмысленного содержания ввиду того, что пользователь при переходе не имеет возможности просмотреть текст. Их задачей является лишь предоставление поисковым роботам оптимизированной страницы в целях повышения позиций в выдачах.

Чаще всего «чёрные дорвеи» создаются автоматически при помощи различных программ (доргенов), генерирующих тексты с указанными запросами. Для снижения денежных затрат такие дорвеи регистрируются

на бесплатных хостингах, что и является их отличительной особенностью.

«Серые дорвеи». К этой группе относятся дорвеи, не использующие автоматический редирект. В отличие от «черных» видов, их целью выступает не привлечение целевых посетителей, а передача главному сайту ссылочного веса. Для этого их страница создаётся с осмысленным текстом, в котором размещаются несколько ссылок, ведущих на продвигаемый ресурс. После раскрутки и присвоения таких показателей, как PR или ТИЦ, «серые дорвеи» способны увеличивать ссылочную массу главных сайтов.

«Белые дорвеи». Такие сайты не нарушают лицензии поисковых систем и даже несут полезную информацию пользователям. При их создании всегда пишется оригинальный осмысленный контент и используется графическое оформление. При попадании на «белый дорвей» пользователь кроме самого текста рекламного содержания видит ссылки на продвигаемый сайт и при желании может перейти по ним.

Приведённая классификация дорвеев является весьма условной ввиду того, что чётких границ, отделяющих одну группу от другой, не существует.

На данный момент в сети Интернет дорвеи используются в качестве

дополнительного метода продвижения сайтов. Несмотря на санкции, предъявляемые поисковыми системами в отношении подобных способов, при соблюдении простых рекомендаций они, как правило, не могут негативно повлиять на позиции главных ресурсов. Однако создание качественных дорвеев требует длительного времени и по сути ничем не отличается от раскрутки полноценного сайта.

Мы создавали «Белые дорвеи» с помощью ресурса ucoz.ua.

Ucoz.ua – сайт-конструктор от компании Yandex, который предоставляет возможность быстрого создания сайта с помощью конструктора и размещения его на хостинге. Ucoz.ua был выбран из-за своей простоты. На данный момент это самый лучший вариант создания небольшой сети сайтов за ограниченное количество времени. Также нет ограничения на количество создаваемых сайтов.

На рис. 6 представлена схема, которая показывает, для каких сайтов создавались дорвеи. Как видно из схемы, наибольшее количество сайтов-дорвеев было создано для www.AGRORPOM.in.ua. Немного меньше для www.KIATON.com.ua, а для www.GoldenBird.com.ua дорвеи совсем не создавались.

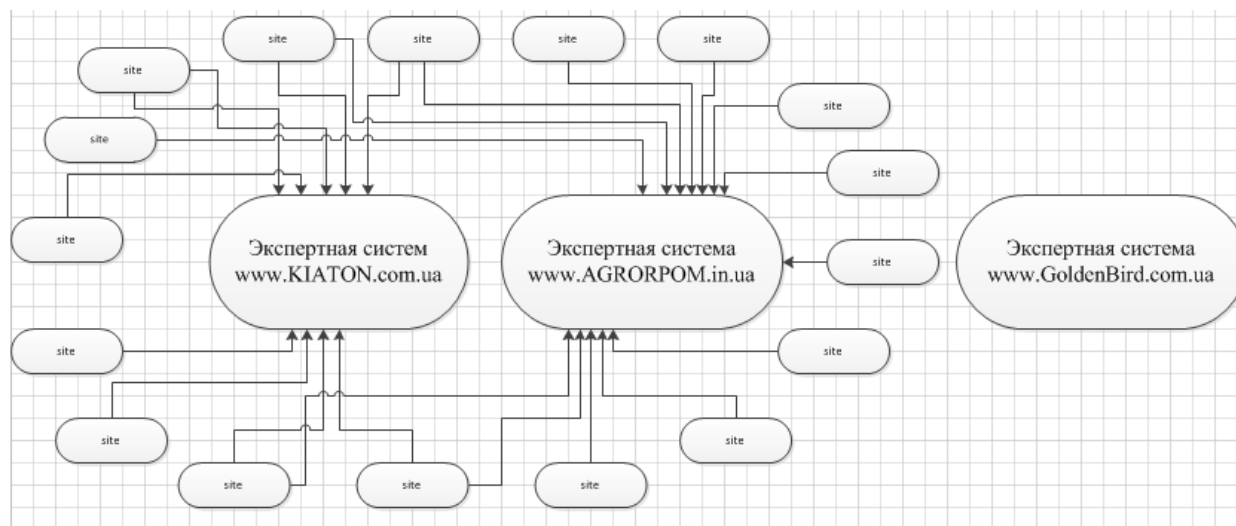


Рис. 6. Схема создания дорвеев относительно тематики сайтов

Некоторые дорвеи охватывают тематику нескольких сайтов, что положительно

сказывается на обоих ресурсах и позволяет создать меньше сайтов без потери результата.

Далее приведены графики посещаемости данных сайтов после создания сайтов-дорвеев.

Как видно из графиков (рис. 7-9), создание сайтов дорвеев очень эффективно для продвижения интернет ресурсов. График сайта

www.GoldenBird.com.ua показывает, что посещаемость данного сайта практически отсутствует, а график для сайта www.AGROPROM.in.ua показывает увеличение посещаемости.

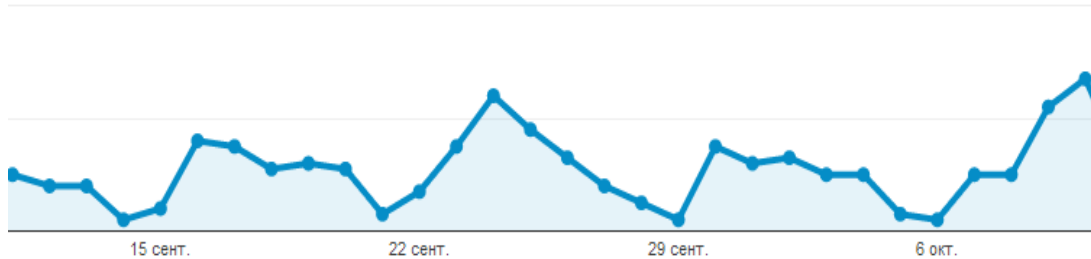


Рис. 7. График посещаемости сайта www.KIATON.com.ua после создания сайтов-дорвеев

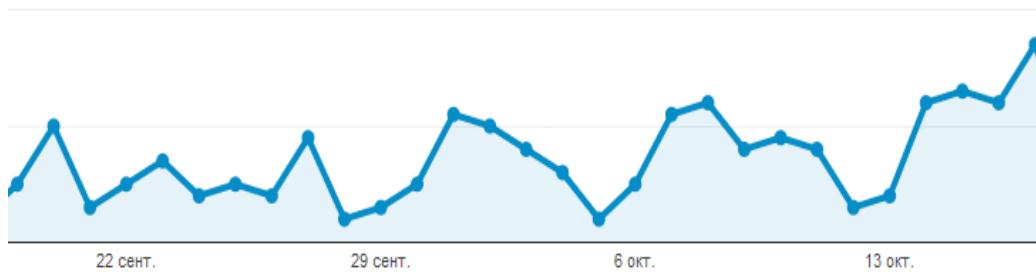


Рис. 8. График посещаемости сайта www.AGROPROM.in.ua после создания сайтов-дорвеев

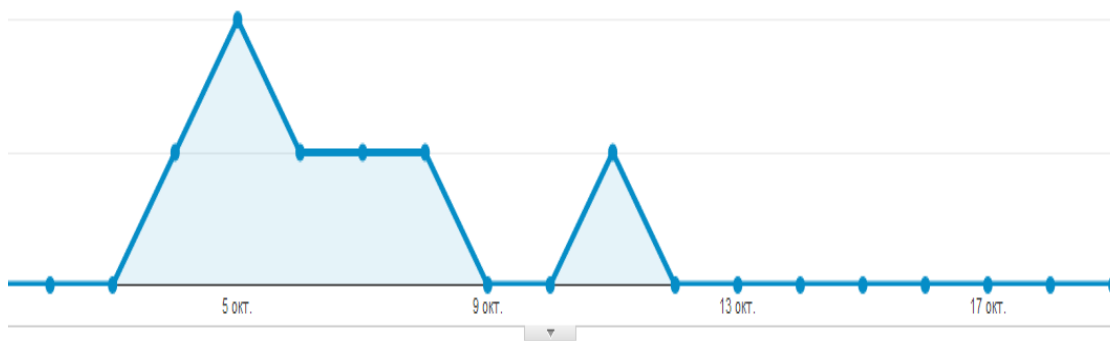


Рис. 9. График посещаемости сайта www.GoldenBird.com.ua

Можно сказать, что при увеличении количества сайтов-дорвеев посещаемость будет все время увеличиваться. Посещаемость сайта влияет на себестоимость сайта на биржах сайтов, таких как <http://pr-cy.ru/sale/>, <http://mysitecost.ru/>, <http://1000.name/>, <http://www.telder.ru/>. Приблизительную оценочную стоимость можно посмотреть на одном из перечисленных ресурсов.

Вывод: Таким образом данный метод позволяет увеличить эффективность экспертной системы, которую как мы видим напрямую связана с оценочной стоимостью, но и прогнозировать ожидаемые результаты с внедрением дополнительных информационных спутников (дорвеев) или улучшению уже существующих, что при ограниченных ресурсах дает, как видно, эффективность выше, чем b-2-b порталах.

Список использованных источников

1. Ташков, П.А. Веб-мастеринг на 100 %: HTML, CSS, JavaScript, PHP, CMS, AJAX, раскрутка, 2010. - 512с, Питер.
2. Дунаев Вадим., HTML, скрипты и стили, 2008. – 811с, БХВ-Петербург.
3. Стив Круг., Веб-дизайн, 2012. – 200с, Символ-Плюс.
4. Мазуркевич А., Еловой Д., PHP: настольная книга программиста, 2003. – 480с, Новое издание.
5. Иванов И, Кокшаров С, Люстик А, Шакин М., SEO: Поисковая оптимизация от А до Я - Средний уровень, 2011. – 339с, «Самиздат»
6. Гольцман В.И., MySQL 5.0. Библиотека программиста, 2010. – 253с, Питер.
7. Шварц Б, Зайцев П, Ткаченко В, Заводны Д, Ленц А, Боллинг Д., MySQL. Оптимизация производительности, 2010. – 832с, Символ-Плюс.
8. Аткинсон Л. MySQL. Библиотека профессионала, 2002. – 619с, Диалектика.
9. Суэринг С, Конверс Т, Парк Д., PHP и MySQL. Библия программиста, 2010. – 912с, Диалектика.
10. Немет Э, Снайдер Г., Руководство администратора Linux, 2007. – 1072с, Вильямс.

Рецензент д-р техн. наук, профессор И.В. Шостак

Собчак Андрій Павлович, канд. техн. наук, доцент кафедри менеджменту Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського. Тел.: (063) 599-93-53. E-mail: sobchak@ukr.net

Цимбал Віктор, кафедра виробництва радіоелектронних систем літальних апаратів Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського. Тел.: (063) 538-45-23. E-mail: vitek9208@gmail.com

Sobchak Andrew P. Dr. Sc. Associate Professor, Department of Management National Aerospace University. Zhukovsky. Tel.: (063) 599-93-53. E-mail: sobchak@ukr.net

Tsimbal Victor, Department production of electronic systems of aircraft National Aerospace University. Zhukovsky. Tel.: (063) 538-45-23. E-mail: vitek9208@gmail.com

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

УДК 621.314

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЯГОВОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ С ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ

Д-р техн. наук В. Г. Ягуп, асп. Е.Я. Ивакина, канд. техн. наук Е.В. Ягуп

АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТЯГОВОГО ВИПРЯМЛЯЧА З ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНОЮ МОДУЛЯЦІЄЮ

Д-р техн. наук В. Г. Ягуп, асп. К.Я. Ивакина, канд. техн. наук К.В. Ягуп

ANALYSIS OF POWER FACTOR OF TRACTION RECTIFIER WITH PULSE-WIDTH CONTROL

Yagup V.G., Ivakina E.Y., Yagup E.V.

В статье выполнен анализ энергетических показателей выпрямительной установки тяговой подстанции с вольтодобавочным преобразователем, управляемым широтно-импульсной модуляцией. Получено аналитическое выражение для коэффициента мощности с учетом влияния на него коэффициента трансформации и коэффициента заполнения импульсов ШИМ.

Ключевые слова: выпрямитель управляемый, широтно- импульсная модуляция, коэффициент мощности.

У статті виконано аналіз енергетичних показників випрямляючої установки тягової підстанції з вольтододатним перетворювачем, керованим широтно-імпульсною модуляцією. Одержано аналітичний вираз для коефіцієнта потужності з урахуванням впливу на нього коефіцієнта трансформації та коефіцієнта заповнювання імпульсів ШИМ.

Ключові слова: випрямляч керований, широтно- імпульсна модуляція, коефіцієнт потужності.

In the article a rectifier for the feed of electric transport is considered. This rectifier consists of the serial united bridge circuit of rectifying, which are connected in series. The first rectifier creates basic part of output voltage, and the second is used for control and stabilization of supply voltage. It is suggested to carry out control by pulse-width control method. A basic power index – power-factor is analysed. For its finding an original method which is based on equality of active-powers, which consumed from a network and given in loading is offered. It allows to exclude bulky procedure of harmonic analysis and get analytical character expression for a power-factor. Such parameters, as coefficient of transformation and duration of pulse-width control, are taken into account. By MATHCAD was built family of plots which shows, that the offered system possesses high power indexes, that promotes substantially economies of electric power.

Keywords: control rectifier, pulse-width modulation, power factor.

Введение. Проблемы создания высокоэффективных систем электроснабжения решаются в последние годы с использованием современных средств энергетической электроники [1].

Постановка проблемы. Для питания тяговых нагрузок в электротранспорте

рациональным оказывается использование выпрямителей с вольтодобавкой [2]. При этом основной выпрямитель, обеспечивающий большую часть питающего напряжения, питается от трансформатора, выполненного по схеме "звезда-звезда". Добавочный выпрямитель обеспечивает до 20-30 %

напряжения тяговой подстанции, собирается по схеме питания "звезда-треугольник". На этот выпрямитель возлагаются функции регулирования и стабилизации выходного напряжения тяговой подстанции, и потому он выполняется на управляемых силовых полупроводниковых приборах. Применение такого принципа повышает энергетические показатели системы электроснабжения даже в случае регулирования выпрямителя изменением угла управления тиристоров.

Анализ состояния вопроса. Разработка быстродействующих силовых полупроводниковых приборов [3,4] дала возможность реализовать самые различные методы управления потоками электрической энергии. В частности, эффективным оказывается применение широтно-импульсной модуляции для регулирования и стабилизации напряжения.

Определение цели и задачи исследований. Целью исследования является

анализ энергетических показателей тягового выпрямителя с добавочным выпрямителем, регулирование напряжения которого осуществляется с помощью ШИМ.

Основная часть исследований.

Структурная схема выпрямителя с вольтодобавкой, регулируемой по принципу ШИМ, приведена на рис. 1.

Здесь тяговый двигатель ТД питается от последовательно включенных неуправляемого НВ и управляемого выпрямителей УВ с модулятором ШИМ. Будем считать ток в ТД идеально сглаженным с постоянным значением I_0 . Силовые полупроводниковые приборы преобразовательных устройств принимаем идеальными. Питающие трансформаторы Тр1 (по схеме "звезда-звезда") и Тр2 (по схеме "звезда-треугольник") также считаем идеальными. Их коэффициенты трансформации, определяемые отношением витков вторичной обмотки к количеству витков первичной обмотки, обозначим k_1 и $k_2=k$.

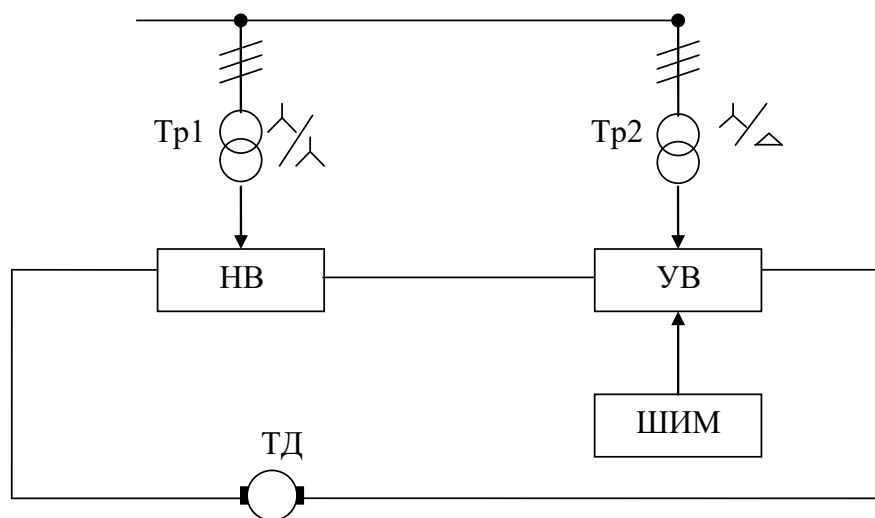


Рис. 1. Схема тягового выпрямителя

Питающую сеть будем полагать бесконечно мощной и представленной в виде источников напряжений $e_a(t)$, $e_b(t)$, $e_c(t)$. Период питающих напряжений равен 2π .

Учитывая условия идеализации, можно изобразить упрощенную схему преобразователя в следующем виде (рис. 2).

Ток в каждой фазе питающей сети формируется благодаря трансформации в

обратном направлении постоянного тока I_0 через блок коммутаторов и блок трансформаторов. Сетевой ток определяется суммой составляющих первичных обмоток (рис. 3).

$$i_c = i_Y + i_\Delta, \quad (1)$$

где i_c – сетевой ток одной из фаз;

i_Y – ток первичной обмотки трансформатора, включенного по схеме "звезда-звезда";

i_{Δ} – ток первичной обмотки трансформатора, включенного по схеме "звезда-треугольник".

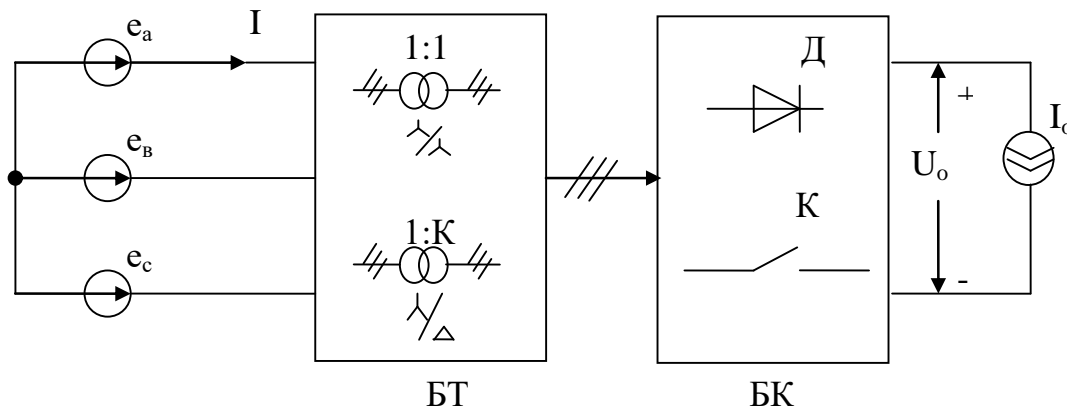


Рис. 2. Идеализированная модель преобразователя

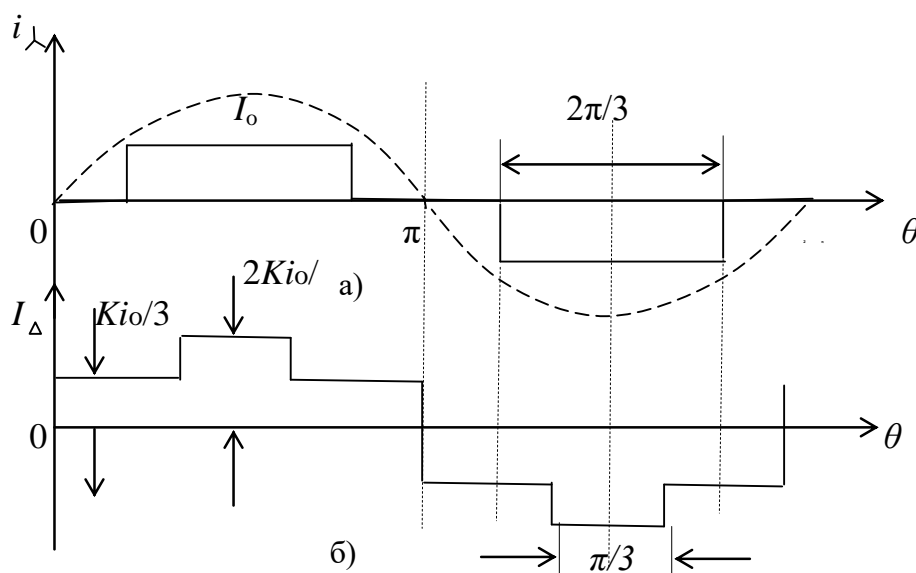


Рис. 3. Составляющие сетевого тока без ШИМ

Временные диаграммы показывают характер изменений первичных токов основного (рис. 3, а) и вольтодобавочного (рис. 3, б) выпрямителей без учета ШИМ. Значения первичных токов вольтодобавочного выпрямителя $\frac{kI_0}{3}$ и $\frac{2kI_0}{3}$ учитывают включение вторичной обмотки по схеме треугольника, а также коэффициент

трансформации $k = k_2 < 1$. Напряжение фазы А имеет нулевой сдвиг (рис. 3,а, пунктирная линия).

Интегральным показателем, характеризующим энергетические свойства вентильного преобразователя, является коэффициент мощности [5], который при абсолютно жесткой сети определяется соотношением

$$K_m = K_H K_c, \quad (2)$$

где K_H – коэффициент искажения кривой сетевого тока;

K_c – коэффициент сдвига.

Коэффициент искажения K_H определяется отношением действующего значения первой гармоники I_1 сетевого тока к его действующему значению I_Δ :

$$K_m = \frac{I_1}{I_\Delta}. \quad (3)$$

Коэффициент сдвига представляет собою косинус угла сдвига φ первой гармоники сетевого тока относительно напряжения соответствующей фазы питающей сети

$$K_c = \cos \varphi. \quad (4)$$

Таким образом,

$$K_m = \frac{I_1 \cos \varphi}{I_\Delta}. \quad (5)$$

Вычисление действующего значения в соответствии с его определением как среднеквадратичного за период T значения должно осуществляться по соответствующей формуле [6]:

$$I_\Delta = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [i(t)]^2 dt}. \quad (6)$$

Определение I_1 и $\cos \varphi$ предполагает в общем случае проведение гармонического анализа, выявляющего косинусную I_{1c} и синусную I_{1s} составляющие первой гармоники, после чего угол сдвига определяется из выражения

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{I_{1s}}{I_{1c}}. \quad (7)$$

Рассматривая идеализированную модель преобразователя, учтем, что блоки БТ и БК не

потребляют активной мощности. Тогда активная мощность на выходе преобразователя P_0 и активная мощность P_A , потребляемая от сети, должны быть равны. Активная мощность нагрузки определяется соотношением

$$P_0 = I_0 U_0, \quad (8)$$

где U_0 – среднее значение выпрямленного напряжения.

Активная мощность фазы А определится из выражения

$$P_a = I_1 \frac{E_m}{\sqrt{2}} \cos \varphi, \quad (9)$$

где E_m – амплитудное значение фазного напряжения питающей сети.

Активная мощность P_A , потребляемая всей преобразовательной системой, обеспечивается всеми тремя фазами сети:

$$P_A = 3P_a = \frac{3}{\sqrt{2}} E_m \cdot I_1 \cos \varphi. \quad (10)$$

Следовательно, может быть записано уравнение

$$P_0 = P_A, \quad (11)$$

которое при соответствующих подстановках приобретет вид

$$I_0 U_0 = \frac{3}{\sqrt{2}} E_m \cdot I_1 \cos \varphi. \quad (12)$$

Из последнего выражения определяется числитель выражения (5) для искомого коэффициента мощности

$$I_1 \cos \varphi = \frac{\sqrt{2} I_0 U_0}{3 I_\Delta E_m}. \quad (13)$$

Таким образом, вычисляя правую часть выражения (13), можно косвенным образом вычислить те величины, которые при формальном подходе потребовали бы гармонического анализа. Действуя предложенным образом, можно не вычислять

активну і реактивну потужності в мережі для визначення кута зсуву, як це, наприклад, пропонується в [7]. Остаточно отримаємо

$$K_M = \frac{\sqrt{2}I_0U_0}{3I_\Delta E_m}. \quad (14)$$

Для визначення середнього значення U_d випрямленого напруги багатотактного випрямителя скористаємося відомим виразом [8].

$$U_d = \frac{m}{\pi} E_m \sin \frac{\pi}{m}, \quad (15)$$

де m – кількість тактів випрямленого напруги;

E_m – амплітуда еквівалентного синусоїдального напруги на живильній випрямительній обмотці, яка передається на вихід випрямителя.

Для неуправляемого випрямителя складова K_Y повного вихідного напруги з урахуванням $K_1=1$

$$U_Y = \frac{m}{\pi} \sqrt{3} E_m \sin \frac{\pi}{m}. \quad (16)$$

Для управляемого випрямителя потрібно врахувати включення обмоток по схемі "зірка-трикутник", коефіцієнт трансформації $k_2=k$ і коефіцієнт заповнення γ імпульсом періоду широтно-імпульсної модуляції. Тоді складова U_Δ випрямленого напруги управляемого випрямителя визначиться виразом

$$U_\Delta = \gamma k \frac{m}{\pi} E_m \sin \frac{\pi}{m}. \quad (17)$$

Середнє значення повного напруги досліджуемого випрямителя

$$U_0 = U_Y + U_\Delta = \frac{m}{\pi} E_m \sin \frac{\pi}{m} (\sqrt{3} + \gamma k). \quad (18)$$

Обратимо увагу на те обставину, що в періоді мережного струму містяться чотири етапи, які дають однакові значення інтеграла на інтервалі в чверть періоду (рис. 3). Тому можна обмежитися розглядом лише першого з цих етапів (рис. 4).

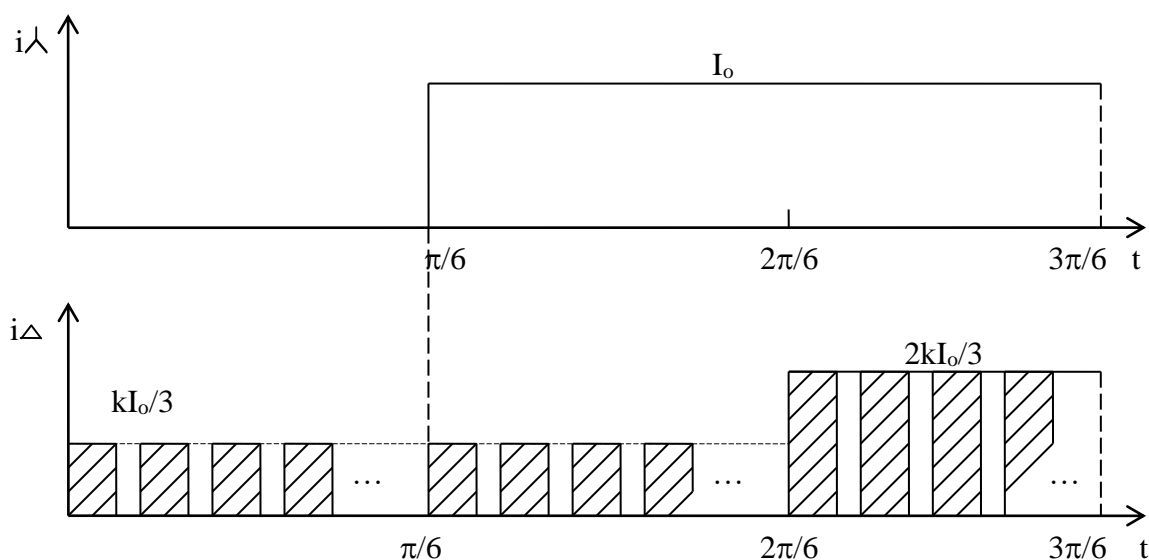


Рис. 4. Складові мережного струму з урахуванням ШІМ

На этом этапе содержится три интервала, длительность каждого составляет $\frac{\pi}{6}$. Рассмотрим взятие интеграла от квадратичного значения в случае, когда одна составляющая постоянна и имеет амплитуду I_{1m} , а вторая составляющая имеет амплитуду I_{2m} и подвергается воздействию ШИМ с коэффициентом заполнения γ и целым количеством n импульсов на интервале $\frac{\pi}{6}$. В этом случае длительность периода ШИМ

$$t_{ш} = \frac{\pi}{6n}. \quad (19)$$

Длительность импульса ШИМ составляет величину $\frac{\gamma\pi}{6n}$, а длительность паузы ШИМ занимает остальную часть периода $t_{ш}$ и равна $\frac{(1-\gamma)\pi}{6n}$.

Тогда в общем случае интеграл от квадратичного значения определится суммой соответствующих прямоугольных площадок.

$$\int_{t_0}^{t_0 + \frac{\pi}{6}} i^2 dt = n[(I_{1m} + I_{2m})^2 \frac{\gamma\pi}{6n} + I_{1m}^2 \frac{(1-\gamma)\pi}{6n}]. \quad (20)$$

После упрощения первой части придем к окончательному выражению

$$\int_{t_0}^{t_0 + \frac{\pi}{6}} i^2 dt = \frac{\pi}{6} [I_{1m}^2 + \gamma I_{2m}^2 + 2\gamma I_{1m} I_{2m}]. \quad (21)$$

Дальнейший расчет сводится к учету амплитуд составляющих сетевого тока для каждого интервала рассматриваемого первого этапа.

Для интервала $t_0 = 0$: $I_{1m} = 0$, $I_{2m} = \frac{kI_0}{3}$:

$$\int_{t_0}^{\frac{\pi}{6}} i^2 dt = \frac{\pi}{6} \gamma \frac{k^2 I_0^2}{9}. \quad (22)$$

Для интервала $t_0 = \frac{\pi}{6}$: $I_{1m} = I_0$, $I_{2m} = \frac{kI_0}{3}$:

$$\int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{2\pi}{6}} i^2 dt = \frac{\pi}{6} (I_0^2 + \gamma \frac{k^2 I_0^2}{9} + 2\gamma I_0 \frac{kI_0}{3}). \quad (23)$$

Для интервала $t_0 = \frac{2\pi}{6}$: $I_{1m} = I_0$,

$$I_{2m} = \frac{2kI_0}{3}:$$

$$\int_{\frac{2\pi}{6}}^{\frac{3\pi}{6}} i^2 dt = \frac{\pi}{6} (I_0^2 + \gamma \frac{4k^2 I_0^2}{9} + 2\gamma I_0 \frac{kI_0}{3}). \quad (24)$$

Суммируя значения интегралов по каждому интервалу, получим

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} i^2 dt = \frac{\pi}{6} I_0^2 \cdot \frac{2}{3} (1 + \frac{\gamma k^2}{3} + \gamma k). \quad (25)$$

На интервале периода от 0 до 2π значение интеграла следует учетверить, и после извлечения корня получим следующее выражение для действующего значения сетевого тока одной фазы:

$$I_{\delta} = I_0 \sqrt{\frac{2}{3} (1 + \frac{\gamma k^2}{3} + \gamma k)}. \quad (26)$$

Подставляя выражения для U_0 по формуле (18) и выражение для I_{δ} по формуле (26) в формулу (14) для вычисления коэффициента мощности, получим

$$K_M = \frac{\sqrt{2} \cdot I_0 \frac{m}{\pi} E_m \sin \frac{\pi}{m} (\sqrt{3} + \gamma k)}{3 \cdot I_0 \sqrt{\frac{2}{3} (1 + \frac{\gamma k^2}{3} + \gamma k)} E_m}. \quad (27)$$

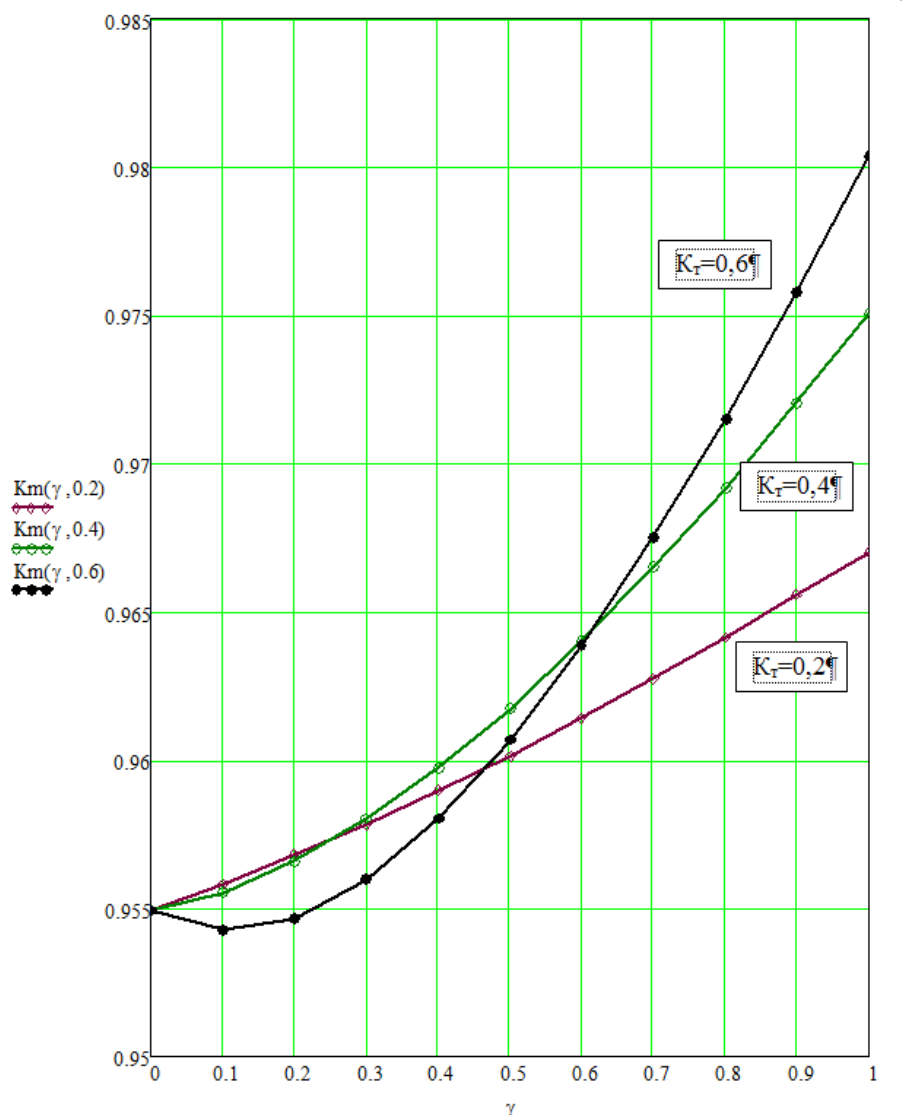


Рис.5. Зависимости коэффициента мощности выпрямителя с вольтодобавкой и ШИМ от K_T и γ

С помощью программы MathCAD построены графики (см. рис. 5), представляющие семейство зависимостей коэффициента мощностей при вариации коэффициента заполнения от 0 до 1 при значениях коэффициента трансформации 0,2; 0,4; 0,6. Анализ этих графиков позволяет оценить энергетические показатели и сделать выводы по выбору указанных параметров.

Выводы. На основе баланса активных мощностей на входе и выходе выпрямителя обоснован способ вычисления коэффициента мощности, позволяющий вывести символьное выражение без проведения громоздкого

гармонического анализа. Получено аналитическое выражение для коэффициента мощности исследуемого выпрямителя с учетом коэффициента заполнения ШИМ и коэффициента трансформации для вольтодобавочного выпрямителя. Построено семейство графиков для коэффициента мощности, анализ которого позволяет рекомендовать значение коэффициента трансформации для вольтодобавочного выпрямителя в диапазоне 0,2÷0,4, когда обеспечивается практически линейная зависимость коэффициента мощности от коэффициента заполнения импульсов ШИМ.

Список использованных источников

1. Acha E. Power Electronic Control in Electric/ Acha E., Anaya – Lara O., Agelidis V. G. // Newness Power Eng., 1st ed. New York: Oxford, 2002. – 277 p.
2. Бей, Ю.М. Тяговые подстанции [Текст] / Ю.М. Бей, Р.Р. Мамошин, В.Н. Пупырин, М.Г. Шалимов. – М.: Транспорт, 1986. – 319 с.
3. Power electronics technology: Present trends and future developments// Pros. IEEE. 2001. Vol.89. №6.
4. Matsuda H. New Advanced Power Semiconductors Toshiba Corporation. Power Conversion. May 1999. – p. 139.
5. Csaki F. Power Electronics: Problems Manual/ Csaki F., Ipsits I., Karpati A., Magyar P. Budapest, 1979. – 382.
6. Arrillaga J. Power system harmonics/ Arrillaga J., Watson N. – Wiley. 1, 2003. – 412 p.
7. Маевский, О.А. Энергетические показатели вентиляльных преобразователей [Текст] / О.А. Маевский.. – М.: Энергия, 1978. – 320 с.
8. Дьяконов, В. MathCAD 2000 [Текст] / В. Дьяконов. – С.Пб.: Питер, 2001. – 592 с.

Ягуп Валерій Григорович, доктор техн. наук, професор кафедри автоматизованих систем електричної тяги Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057)730-10-76.

Ягуп Катерина Валеріївна, канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизованих систем електричної тяги Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057)730-10-76.

Івакіна Катерина Яківна, аспірант Харківського національного університету міського господарства ім.О.М.Бекетова, кафедра електропостачання міст.

Yagupov Valeriy Grigorovich, Dr. tehnicny Sciences, Professor Departments avtomatizovani sistemi elektrichno End Ukrainської derzhavної akademii Zaliznicnovo transport. Tel. (057) 730-10-76.

Yagupov Katerina Valeriivna, candidate tehnicny Sciences. Associate Professor, Department avtomatizovani sistemi elektrichno End Ukrainської derzhavної akademii Zaliznicnovo transport. Tel. (057) 730-10-76.

Ivakina Katerina Yakivna postgraduate Kharkiv National University of Municipal Management named after A.N. Beketova Dept. of electric power supply of the cities.

УДК 629.42 +621.313.048

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ КОМПРЕССОРНЫХ АГРЕГАТОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Канд. техн. наук В.В. Карпенко

ВДОСКОНАЛЕННЯ НОРМ БЕЗПЕКИ КОМПРЕССОРНИХ АГРЕГАТИВ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

Канд. техн. наук В.В. Карпенко

SAFETY STANDARDS UPDATING OF COMPLETE UNITS OF RAILWAY EQUIPMENT OF RAILWAYS

PhD in Technical Science V.V. Karpenko

Представлены результаты исследований по совершенствованию нормативной базы сертификационных испытаний компрессорных агрегатов подвижного состава железных дорог. Предложено ввести новый сертификационный показатель компрессорных агрегатов - проверка его устойчивости к воздействию внешних механических факторов. На основе экспериментальных данных сформулированы предложения для внесения изменений в нормы безопасности компрессорных агрегатов.

Ключевые слова: компрессорные агрегаты, нормы безопасности, сертификационные испытания, устойчивость к воздействию внешних механических факторов.

Наведено результати досліджень з удосконалення нормативної бази сертифікаційних випробувань компресорних агрегатів рухомого складу залізниць. Запропоновано ввести новий сертифікаційний показник – перевірку його на стійкість до впливу зовнішніх механічних факторів. На базі експериментальних даних сформульовані пропозиції для внесення змін до норм безпеки компресорних агрегатів.

Ключові слова: компресорний агрегат, норми безпеки, сертифікаційні випробування, стійкість до впливу зовнішніх механічних факторів.

The test results as per regulatory system updating of certification tests of railway equipment complete units of railways are presented. The certification parameters analysis of complete units, manufactured by different producers of far and near abroad, is performed. The initial tests results of a complete unit sample for external mechanical impact resistance are presented, which showed inadequate mechanical resistance of separate structural elements, that can cause fault and loss of normal operation of complete units during operation. For secured provision of railway equipment safety operation of railways on the base of experimental data the suggestions as per updating of Safety standards are developed, as follows an additional certification parameter - external mechanical impact resistance of a complete unit.

Keywords: complete units, Safety standards, certification tests, external mechanical impact resistance.

Введение. В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации № 982, а также для обеспечения соответствия требований безопасности технического регламента ЕврАзЭС [1] компрессоры (компрессорные агрегаты), обеспечивающие потребности подвижного состава железных дорог качественным сжатым воздухом, в том числе для его торможения, относятся к техническим средствам железнодорожного транспорта, подлежащих обязательной сертификации.

До введения в действие [1] (август 2014 г.) нормативной базой для сертификации компрессоров (компрессорных агрегатов) являются Нормы безопасности [2]. В соответствии с указанными нормами установлены: перечень сертификационных показателей, их нормативные значения и способы подтверждения соответствия. Опыт применения [2], а также стандарт на разработку компрессоров (компрессорных агрегатов) ГОСТ 10393 [3] показал, что нормы безопасности требуют дальнейшего совершенствования.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами. В настоящее время на подвижном составе находят все более широкое применение компрессорные агрегаты с «отключаемым приводом». В качестве привода, как правило, используется электродвигатель

(ЭД), подлежащий декларированию на соответствие нормам безопасности [4] (для ЭД тепловозов, дизель-поездов и т. д.) или стандарта ГОСТ 2582 [5] (для ЭД электропоездов, электропоездов и т. д.).

Наиболее значимое отличие Норм безопасности компрессорного агрегата [2] от Норм безопасности ЭД [4 и 5] состоит в том, что в перечне сертификационных показателей компрессорного агрегата отсутствует проверка устойчивости к воздействию внешних механических факторов (ВМФ). Компрессоры (компрессорные агрегаты) разрабатываются в соответствии со стандартом ГОСТ 10393, который предусматривает, чтобы изделие имело группу механического исполнения М25 по ГОСТ 17516 [6] и прошло соответствующую проверку. Однако в большинстве случаев испытания компрессорных агрегатов на устойчивость к воздействию ВМФ проводятся крайне редко.

По-видимому, это связано с тем, что разработчики и изготовители компрессора в первую очередь уделяют внимание его основным характеристикам, как например, производительность, давление, температура сжатого воздуха и т.п. [7]. Вместе с тем обращает на себя внимание то, что в последние годы более востребованы на рынке компрессорные агрегаты, которые включают собственно компрессор, ЭД, средства очистки и осушки сжатого воздуха, охладитель, клапана и

датчики, соединительные трубки и т. д., которые, закрепленные вместе на одной раме, создают сложную пространственно-ориентированную механическую систему.

Наличие собственных частот конструктивных элементов компрессорного агрегата в полосе внешних возбуждений может привести к возникновению крайне нежелательных резонансных явлений, продолжительная работа этих элементов при механических напряжениях, близких к пределу усталости, может вызвать их усталостные повреждения. В этой связи представляется актуальным, чтобы компрессорные агрегаты на этапе проектирования подлежали расчету на механическую прочность, а на этапе изготовления опытного образца – проверке устойчивости к воздействию ВМФ, значения которых должны устанавливаться в стандартах, нормах безопасности или технических регламентах.

Результаты исследований и предварительных испытаний компрессорных агрегатов на устойчивость к воздействию ВМФ, проведенные в последние годы в лаборатории динамики и прочности Испытательного центра тягового электрооборудования ГП завод «Электротяжмаш» (ИЦ ТЭО), убедительно показывают, что такие работы позволяют на этапе освоения производства выявить «слабые» места конструкции и напрямую способствуют повышению работоспособности, надежности и безопасности компрессорных агрегатов.

Учитывая изложенное, при пересмотре Норм безопасности [2], а также разработке стандартов и сводов правил на компрессорные агрегаты, взаимосвязанных с техническим регламентом [1], ставится задача введения дополнительного сертификационного показателя – проверка его устойчивости к воздействию ВМФ. Такие нагрузки действительно имеют место в эксплуатации. Известно, что на компрессорные агрегаты в эксплуатации воздействует как собственная вибрация изделия, так и вибрация и удары от ж. - д. пути, удары в автосцепку, вибрация дизеля и другого оборудования.

Анализ последних достижений и публикаций. Бесспорным лидером в разработке методик испытаний тормозного оборудования подвижного состава, а также в их проведении является Испытательный центр продукции вагоностроения (ИЦ ПВ) ГП «УкрНИИВ», г. Кременчуг. За годы своего

существования ИЦ ПВ завоевал значительный авторитет в этой области, его плодотворное сотрудничество с ИЦ ТЭО позволило увеличить объем сертификационных испытаний, проводимых совместно ИЦ ПВ и ИЦ ТЭО для отечественных и зарубежных партнеров, повысило качество и достоверность испытаний [8].

Следует отметить, что Нормы безопасности [2], утвержденные в 2009 г., до нашего времени не пересматривались. Проведенные многочисленные сертификационные испытания компрессоров (компрессорных агрегатов) на соответствие требований [2] в целом доказали эффективность их применения.

Вместе с тем обращает на себя внимание то, что отказы по компрессорным агрегатам локомотивов в эксплуатации составляют 7-15 % от общего количества отказов локомотивов и могут приводить к тяжелым последствиям, снижающим безопасность движения.

Определение цели и задачи исследований. Сравнение сертификационных показателей компрессорных агрегатов подвижного состава железных дорог различных производителей, анализ результатов предварительных испытаний некоторых типов компрессорных агрегатов на устойчивость к воздействию ВМФ и выработка на основе экспериментальных данных предложений по совершенствованию Норм безопасности [2] и технического регламента [1].

Основная часть исследований. Сертификационные испытания компрессоров (компрессорных агрегатов), а также предварительные испытания на устойчивость к воздействию ВМФ проводились в ИЦ ТЭО на аттестованном испытательном оборудовании (пример ИО, см. рис.1), с использованием поверенных средств измерительной техники, по разработанной ИЦ ТЭО и аттестованной Методике сертификационных испытаний. ИЦ ТЭО аккредитован в Системе сертификации на Федеральном железнодорожном транспорте (аттестат аккредитации № ССФЖТ UA.01ЖТ.12ЦТ.00181), странах СНГ (свидетельство № 37) и в Некоммерческом партнерстве «Объединение производителей железнодорожной техники» (аттестат аккредитации № СДС ОПЖТ.UA.04ЖО.12.017).

Результаты сертификационных испытаний компрессоров (компрессорных агрегатов) по пп. 1.1.1, 1.1.2, 1.3 – 1.6 табл. 1 Норм безопасности [2] представлены в табл. 1.



Рис. 1. Климатическая камера для сертификационных испытаний компрессоров (компрессорных агрегатов)

Результаты сертификационных испытаний компрессоров (компрессорных агрегатов) Таблица 1

Сертификационный показатель		Нормативное значение	Значение сертификационного показателя для образцов						
			1	2	3	4	5	6	
По п.1.1.1 $t_{СЖ}$, °С		Не более 15	–	–	12	17*	31*	11	
По п.1.1.2 изменение производительности, %		Не более ±5	–	–	1,1	4,3	0,2	2,8	
По п.1.2.1	$t_{окр}=65$ °С	$I_{ПУСК}$, %	± 15	-6,1	–	-8,8	-5,7	-7,6	-1,3
		$I_{ПУСК} / I_{УСТ}$, %	± 15	-5,2	–	-3,6	-1,7	-13,5	-6,5
		T , с	15	0,10	–	0,43	0,17	0,17	0,65
	$t_{окр}=-55$ °С	$I_{ПУСК}$, %	± 15	5,1	8,8	14,5	3,2	14,0	13,9
		$I_{ПУСК} / I_{УСТ}$, %	± 15	6,7	0,3	14,9	10,7	0,4	2,9
		T , с	15	0,51	1,10	0,91	0,18	0,21	1,05
По п.1.3 $P_{СР}$, кгс/см ²		Превышение не более 1,0	–	–	–	5,0	5,0	–	
По п.1.4 уровень вибрации, м/с ²	Амплитуда	Не более 2,0	–	–	1,9	7,5*	6,5*	1,4	
	СКЗ	Не более 1,5	–	–	0,8	4,7*	4,5*	0,9	
По п.1.5 уровень шума, дБА		Не более 102	–	–	101	102	104*	97	
По п.1.6 $P_{ГИДРАВЛ}$, кгс/см ²		Не более 0,5	–	–	0,15	–	–	0,25	

В таблице приняты следующие обозначения:

$t_{СЖ}, t_{ОКР}$ – температура сжатого воздуха на выходе из компрессорного агрегата и окружающей среды;

$I_{ПУСК}, I_{УСТ}$ – пусковой и установившийся ток ЭД;

T – продолжительность выхода на номинальную частоту вращения;

$P_{СР}$ – давление срабатывания клапана предохранительного компрессора;

$P_{ГИДРАВЛ}$ – гидравлическое сопротивление всех ступеней блока осушки сжатого воздуха;

* к компрессорному агрегату в соответствии с КД предъявлены специальные требования.

Анализ результатов показывает, что все типы компрессорных агрегатов имели сертификационные показатели выше нормируемых значений и выдержали сертификационные испытания. Вместе с тем испытания большей

части компрессорных агрегатов на устойчивость к воздействию ВМФ не проводились, что вызывает сомнение в полноте доказательной базы для подтверждения соответствия.

Рассмотрим для примера результаты предварительных испытаний на устойчивость к воздействию ВМФ одного из образцов компрессорного агрегата. Анализ результатов показывает, что ряд его конструктивных элементов имели резонансные частоты в полосе частот требований от 10 до 100 Гц. Испытуемые элементы с закрепленными вибродатчиками подвергались ударному возбуждению с последующей записью затухающих колебаний. Запись процесса колебаний производилась с помощью анализатора спектра вибрации 795МС911, по которой определялась собственная частота колебаний элемента.

На рис. 2 и 3 показаны фрагменты процесса свободных колебаний конструктивных элементов компрессорного агрегата.

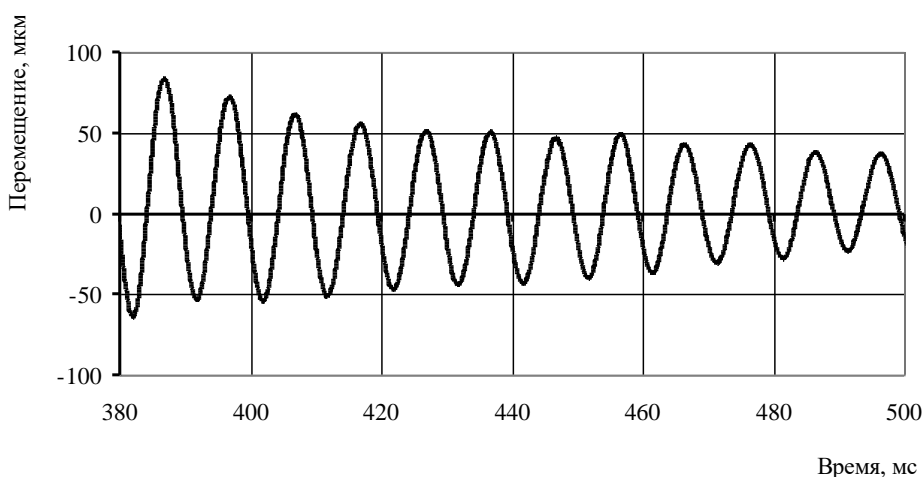


Рис. 2. Фрагмент процесса свободных колебаний трубопровода № 1

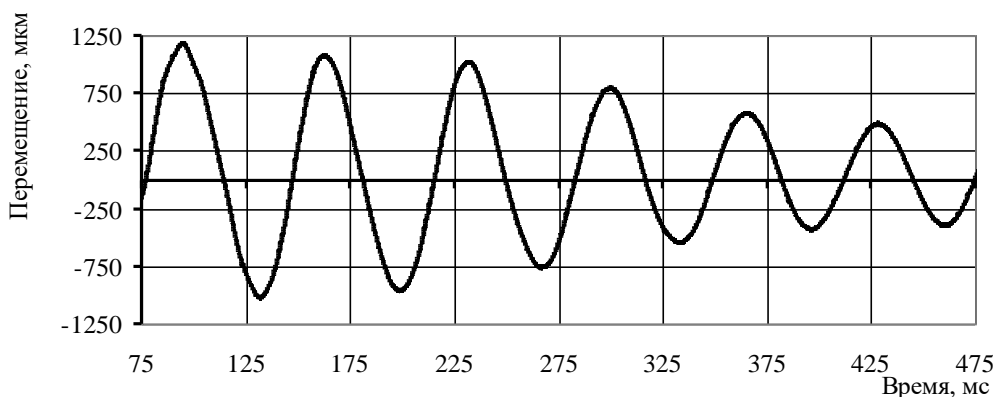


Рис. 3. Фрагмент процесса свободных колебаний фильтра воздушного

Частоты собственных колебаний конструктивных элементов компрессорного агрегата приведены в табл. 2.

Таким образом, конструктивные элементы компрессорного агрегата имеют восемь резонансных частот в диапазоне частот требований (от 10 до 100 Гц), что снижает его вибропрочностные характеристики. Наиболее низкие собственные частоты обнаружены у

фильтра воздушного $f_{СОБСТВ} = 15$ Гц и колонны адсорбционной $f_{СОБСТВ} = 27$ Гц. Учитывая, что при работе дизеля на 15-й позиции контроллера основная частота возмущения (оборотная) составляет 16 Гц, то ее совпадение с $f_{СОБСТВ}$ фильтра воздушного приведет к тому, что фильтр будет работать в резонансе практически все время.

Таблица 2

Частоты собственных колебаний $f_{СОБСТВ}$ конструктивных элементов компрессорного агрегата

Элемент	$f_{СОБСТВ}$, Гц	Элемент	$f_{СОБСТВ}$, Гц
Трубопровод № 1 блока охлаждения	100	Кожух с обечайкой блока охлаждения	196
Трубопровод № 3 блока охлаждения	76	Монтажная пластина модуля управления	72
Выпускной трубопровод компрессорного агрегата	188	Выходной фильтр тонкой очистки	152
Выпускной патрубков	96	Компрессорный агрегат	252
Фильтр воздушный	15	Колонна адсорбционная	27
Воздушно-масляный сепаратор	146	Входной угольный фильтр	56
Фильтры влагоотделителей	83	Фильтр масляный	249

Кроме того, в процессе испытаний наблюдались разрушения отдельных конструктивных элементов (рис. 4), что еще раз подчеркивает неполноту сертификационных показателей, определенных Нормами безопасности [2]. Предварительные испытания проводились в следующем режиме:

- воздействие вибрации в трех взаимно перпендикулярных направлениях по отношению к агрегату с амплитудой виброускорений (суммарный вектор) $15 \text{ м/с}^2 \pm 20 \%$;

- общая продолжительность испытаний составила 10 млн циклов вибрационного нагружения.

Стандарт ГОСТ 17516 для группы механического исполнения М25, которому должны соответствовать компрессоры (компрессорные агрегаты), определяет, что к изделию должны быть предъявлены следующие требования в части стойкости к ВМФ:

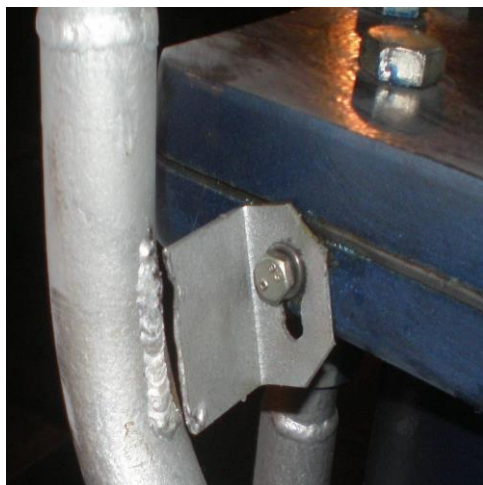
- синусоидальная вибрация – диапазон частот 0,5-100 Гц, максимальная амплитуда ускорения 10 м/с^2 ;

- удары одиночного действия с пиковым

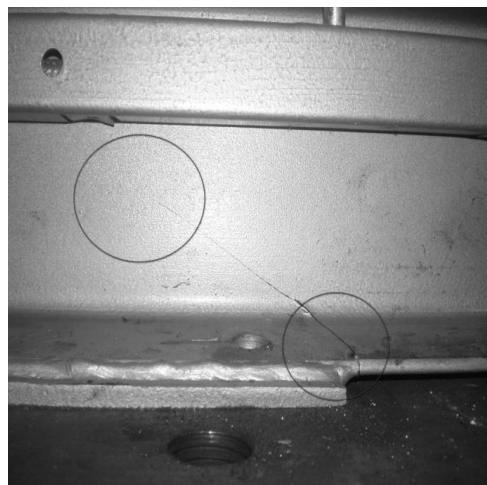
ударным ускорением 30 м/с^2 , длительность действия ударного ускорения 2-20 мс.

Метод испытаний компрессорного агрегата на стойкость к ВМФ определен стандартом ГОСТ 16962.2[9], в котором общая продолжительность воздействия вибрации для степени жесткости 10 б составляет 80 ч, а максимальная амплитуда ускорения равна 15 м/с^2 . Кроме того, следует учитывать, что выбор метода испытаний на вибропрочность зависит от значения резонансной частоты конструкции.

Как показали приведенные выше результаты испытаний, в полосе частот требований имеются несколько собственных частот, следовательно необходимо выбрать метод качающейся частоты, с тем чтобы обеспечить достоверную проверку стойкости компрессорного агрегата к ВМФ. При этом общая продолжительность испытаний компрессорного агрегата на устойчивость к ВМФ при наличии резонансов его конструктивных элементов может быть рассчитана на основании [10].



а)



б)

Рис. 4. Примеры разрушений конструктивных элементов компрессорного агрегата при проведении испытаний на устойчивость к воздействию ВМФ:
а – обрыв кронштейна крепления выпускного патрубка; б – трещина в раме компрессорного агрегата

Учитывая изложенное, предлагается дополнить Нормы безопасности для компрессоров (компрессорных агрегатов) [2] сертификационным показателем «Стойкость к воздействию внешних механических факторов» с аналогичными требованиями, предъявляемыми к электродвигателям по Нормам безопасности [3 и 4].

Сформулируем предложения для внесения изменений в табл. 1 Норм безопасности [2]:

Графа 1. Сертификационный показатель - 1.7*) Стойкость к воздействию внешних механических факторов; 1.7.1. Вибропрочность при воздействии синусоидальной вибрации с максимальной амплитудой ускорения 15 м/с^2 в диапазоне частот от 10 до 100 Гц в объеме 10 млн циклов или 80 ч вибрационного нагружения в соответствии с методикой испытаний; 1.7.2. Стойкость при воздействии механических ударов одиночного действия в горизонтальном направлении (направление движения) с пиковым ударным ускорением 30 м/с^2 , длительностью 2 - 20 мс, не менее трех ударов.

Графа 2. Нормативные документы, устанавливающие требования к сертификационному показателю, - ГОСТ 17516.1.

Графа 3. Нормативное значение сертификационного показателя - Отсутствие видимых повреждений и сохранение работоспособности.

Графа 4. Методы проверки (контроля) сертификационного показателя - Аттестованная методика Аккредитованного испытательного центра.

Графа 5. Регламентируемый способ подтверждения соответствия – Испытания.

*) Испытания проводятся при первичной сертификации.

Приложение А (обязательное)

Погрешность средств измерений внешних механических факторов: максимальная амплитуда ускорения и пиковое ударное ускорение $\delta = \pm 20 \%$;

Погрешность средств измерений длительности вибрационного нагружения и пикового ударного ускорения не более 10 %.

Накопленный опыт испытаний компрессорных агрегатов показывает, что выбранный режим испытаний в достаточной степени удовлетворяет поставленной задаче и позволит обеспечить его безопасную эксплуатацию.

Выводы из исследований и перспективы, дальнейшее развитие в этом направлении

1. Результаты сертификационных показателей компрессорных агрегатов подвижного состава железных дорог, изготовленные различными производителями дальнего и ближнего зарубежья, показали, что все представленные образцы соответствуют

требованиям действующих нормативных документов.

2. Анализ результатов предварительных испытаний некоторых типов компрессорных агрегатов на устойчивость к воздействию ВМФ показал недостаточную механическую прочность отдельных конструктивных элементов, что может привести к отказам и потере работоспособности компрессорных агрегатов в эксплуатации.

3. Для гарантированного обеспечения безопасности движения подвижного состава железных дорог на основе экспериментальных данных разработаны предложения по

совершенствованию норм безопасности компрессорных агрегатов в части введения дополнительного сертификационного показателя – стойкость компрессорного агрегата к воздействию ВМФ.

4. Способом подтверждения соответствия по предложенному сертификационному показателю являются стендовые испытания, проводимые при первичной сертификации изделия и подлежащие зачету при повторной сертификации, если изменений конструкции, применяемых материалов и технологии, влияющих на сертификационные показатели, не проводилось.

Список использованных источников

1. Технический регламент ЕврАзЭС «О безопасности железнодорожного подвижного состава» [Электронный ресурс] – Загл. с экрана. – Режим доступа: <http://www.evrazes.com/docs/view/377>
2. Нормы безопасности НБ ЖТ ЦТ-ЦЛ-ЦВ 01-98. «Оборудование пневматическое тормозное для подвижного состава железных дорог» [Текст], с изменениями, утвержденными Приказом Министра транспорта РФ № 22 от 11.02.2009 г. – М., 2000. – 102 с.
3. Компрессоры и агрегаты компрессорные для железнодорожного подвижного состава. Общие технические условия [Текст]: ГОСТ 10393-2009. – [Введ. 1983–01–01]. – М.: Изд-во гостандартов, 1981. – 50 с.
4. Нормы безопасности НБ ЖТ ЦТ 07-99. Тепловозы, дизель-поезда и автомотрисы (рельсовые автобусы). Электрооборудование тяговое. Требования по сертификации [Текст], с изменениями, утвержденными Приказом Министра транспорта РФ № 22 от 11.02.2009г.– М.; 2000. – 23 с.
5. Машины электрические вращающиеся тяговые. Общие технические условия [Текст]: ГОСТ 2582–81. – [Введ. 1983–01–01]. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 50 с.
6. Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам [Текст]: ГОСТ 17516.1–90. – [Введ. 1991–01–01]. – М.: Изд-во стандартов, 1990.– 61 с.
7. Тормозное оборудование железнодорожного подвижного состава: справочник [Текст] / В.И. Крылов, В.В. Крылов, В.Н. Ефремов, П.Т. Демушкин. - М.: Транспорт, 1989. - 487 с.
8. Карпенко, В.В. Расширение возможностей испытательного центра тягового электрооборудования ГП завод «Электротязмаш» [Текст] / В.В. Карпенко // Вісник СевНТУ: зб.наук.праць. – Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2012. – Вип. 133/2012: Механіка, енергетика, екологія. – С.53-56.
9. Изделия электротехнические. Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам [Текст]: ГОСТ 16962.2 -90. – [Введ. 1991–01–01]. – М.: Изд-во гостандартов, 1990. – 48 с.
10. Карпенко, В.В. Современное состояние и перспективы развития испытательного центра тягового электрооборудования ГП завод «Электротязмаш» [Текст] / В.В. Карпенко // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. – Кременчук: Вид-во КДПУ, 2009. – Вип. 4/2009 (57), ч 1. – С. 66-70.

Рецензент д-р техн. наук, профессор А.П. Фалендыш

Карпенко Володимир Владиславович канд. техн. наук, керівник Випробувального центру тягового електрообладнання - провід. наук. співроб. ДП завод "Електроважмаш". Тел. (057) 727-51-30, E-mail: icteo@spetm.com.ua

Vladimir Karpenko V. candidate. Sc. Sciences, Head of Testing center traction electrical equipment - wire. sciences. spivrob. SE plant "Electrotyazhmash", tel. (057) 727-51-30, E-mail: icteo@spetm.com.ua

УДК 621.315.21

МОЖЛИВІСТЬ ПРОГНОЗУ ВІДМОВ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ

Кандидати техн. наук О.І. Акімов, Ю.О. Акімова

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОГНОЗА ОТКАЗОВ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Кандидаты техн. наук А.И. Акимов, Ю.А. Акимова

POSSIBILITY TO FORECAST THE FAILURE OF ELECTRICITY CABLE LINES

Candidates of techn. sciences A.I. Akimov, Y.A. Akimova

Розглядаються можливості підвищення ефективності профілактичних випробувань кабельних ліній електропередачі за рахунок контролю струму витоку та визначення статистичних оцінок, на підставі яких можливий ймовірнісний прогноз настання відмови кабельної лінії.

Ключові слова: підвищення ефективності, профілактичні випробування, кабельні лінії, струм витоку, дефекти ізоляції, пробій, міжпрофілактичний період.

Рассматриваются возможности повышения эффективности профилактических испытаний кабельных линий электропередачи за счет контроля тока утечки и определения статистических оценок, дающих возможность вероятностного прогноза наступления отказа кабельной линии.

Ключевые слова: повышение эффективности, профилактические испытания, кабельные линии, ток утечки, дефекты изоляции, пробой, межпрофилактический период.

In the article the possibility of increasing the effectiveness of preventive tests electricity cable lines by controlling the leakage current and the definition of statistical estimates, enabling probabilistic forecast the onset of failure of the electricity cable line are considered. This methods makes it possible to scientifically substantiated planning between preventive test cable lines and organization of the work to restore them.

Keywords: increasing of effectiveness, preventive tests, cable lines, leakage current, insulation defects, breakdown, between preventive period.

Постановка проблеми. Відмови кабельних ліній електропередачі (КЛЕП), що входять до складу систем електропостачання електрифікованих залізниць, виникають раптово, тому потрібен великий час на відновлення пошкоджених КЛЕП, а експлуатаційна надійність таких ліній зменшується. Зазначена обставина утворюється, головним чином, внаслідок низької ефективності профілактичних випробувань, які не можуть виявити всі дефекти ізоляції КЛЕП. Таким чином, постає питання про підвищення ефективності профілактичних випробувань КЛЕП.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню й аналізу ситуації, що пов'язана з профілактичними випробуваннями кабельних ліній, присвячені праці багатьох вчених [2-8]. Основні напрямки їх досліджень досить докладно проаналізовані в [9]. Там же сформульовані два основних шляхи

підвищення ефективності профілактичних випробувань КЛЕП і розглянутий перший з них – удосконалення методики проведення випробувань. Другий шлях – підвищення ефективності випробувань КЛЕП за рахунок доповнення випробувань проведенням інформативного контролю про дефекти, які не були виявлені при випробуваннях, залишився за межами розгляду.

Мета статті. Метою статті є розгляд способів виконання контролю ізоляції КЛЕП, який би доповнював їх випробування та мав інформацію про дефекти ізоляції, що розвиваються, які не були виявлені при випробуваннях і можуть стати причиною пробією в міжпрофілактичний період з достатньо високою ймовірністю.

Основна частина. Аналіз відомих методів контролю технічного стану ізоляції електрообладнання, в тому числі і КЛЕП, дозволяє виділити метод контролю

струму витоку при випробуваннях підвищеною постійною (випрямленою) напругою як спроможний нести інформацію про розвиток місцевих дефектів. Слід зазначити, що збільшення провідності всього об'єму ізоляції протяжної КЛЕП малоімовірно, оскільки для розвитку пробою достатньо місцевого зростання провідності. Помітне зростання струму витоку можна спостерігати в ізоляції КЛЕП за наявністю одної або декількох ділянок з підвищеною провідністю.

Для підтвердження інформативної спроможності струму витоку використані дані експериментальних досліджень натурних зразків кабелю [3], які мають однакові штучно створені дефекти, пов'язані зі зволоженням ізоляції через калібровані отвори в оболонках зразків. Періодично протягом всього циклу зволоження зразків до наставання пробою проводилися випробування підвищеною постійною напругою з одночасним виміром струмів витоку.

Розкид вимірних величин струму витоку перед пробом зразків, що настав при випробуваннях, перебуває в проміжку 50-105 мкА, а розкид часу настання пробою – в проміжку 12-15 днів від початку їх зволоження. При цьому протягом перших 8 днів зволоження ізоляції у жодному із зразків збільшення струму витоку не спостерігалось.

Загальна тенденція зміни струму витоку з часом розвитку дефектів (зволоження ізоляції), визначена для математичного сподівання вимірів за всіма зразками в однакові моменти часу, достатньо добре апроксимується поліномом першого ступеня виду

$$I = a + bt, \quad (1)$$

де для отриманих в експерименті результатів

$$a = -92,8; \quad b = 11,2;$$

t – час розвитку дефектів.

Очевидно, що в реальних умовах величини коефіцієнтів a і b будуть залежати від характеру дефекту та умов його розвитку. Від'ємне значення коефіцієнта a пояснюється достатньо високим «запасом» опору ізоляції кабелю. На зменшення величини опору ізоляції практично не впливає збільшення провідності певної частини її верхніх шарів, оскільки існує визначений поріг нечутливості методу

контролю струму витоку до ступеня розвитку дефекту.

Важливим висновком для контролю ізоляції, що виходить з обробки результатів експериментальних досліджень, є пропорційність збільшення струму витоку ступеню розвитку дефекту, що дозволяє прийняти величину струму витоку як параметр контролю технічного стану ізоляції для конкретної кабельної лінії.

Однак використання цього параметра в експлуатаційній практиці надзвичайно ускладнено через наявність залежності його від типу та розмірів кабельної лінії. Це не дозволяє встановити яких-небудь граничних значень для параметра, що контролюється, який можна було б нормувати.

У зв'язку з цим пропонується використовувати в якості контролю стану ізоляції КЛЕП відношення величин струмів витоку, вимірених у двох суміжних випробуваннях однієї кабельної лінії:

$$I^* = \frac{I_{i+1}}{I_i}, \quad (2)$$

де i – номер випробування.

Відносна величина I^* не залежить від типу і розмірів кабельної лінії. Вона відображає лише відносну зміну струму витоку за період часу між двома суміжними випробуваннями, яка відбулася через погіршення фізичних параметрів ізоляції КЛЕП.

Для визначення гранично допустимого значення параметра I^* , після досягнення якого настає пробій ізоляції кабелю в період між двома суміжними регламентованими випробуваннями, результати вищезазначених експериментальних досліджень були оброблені із врахуванням пропонованого параметра. В результаті було встановлено, що ті кабелі, у яких параметр контролю за струмом витоку досягав на початку міжпрофілактичного періоду значення 1,6 і більше, виходили з ладу через пробою ізоляції протягом цього міжпрофілактичного періоду. Очевидно, що не слід очікувати серйозної зміни знайденої граничної величини параметра I^* залежно від географічного розташування системи електропостачання, оскільки ця величина залежить лише від фізичного стану ізоляції КЛЕП.

Для всіх кабелів, у яких відмічалась тенденція зростання струму витoku та наставав пробій ізоляції в міжпрофілактичний період, початку якого відповідало значення $I^* = 1,6$, була проведена статистична обробка результатів вимірів величини струму витoku I_{i+1} , яка використовувалась для визначення параметра I^* за допомогою виразу (2). При обробці статистичного матеріалу отриманий нормальний розподіл величини I_{i+1} (див.табл. 1 і 2, рисунок) з параметрами:

$$\bar{m}_I = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n I_j = 210,71 \text{ мкА};$$

$$\bar{D}_I = \left[\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n I_j^2 - \bar{m}_I^2 \right] \cdot \frac{n}{n-1} = 2265,96;$$

$$\bar{\sigma}_I = \sqrt{\frac{\bar{D}_I}{n}} = 7,35 \text{ мкА}.$$

Нормальний розподіл величин струму витoku I_{i+1} не суперечить зносовому характеру дефектів, що призводять до пробую ізоляції при їх розвитку (нагромадженні).

Таблиця 1

Групований ряд розподілу випадкової величини I_j

I_j	110–140	140–170	170–200	200–230	230–260	260–290	290–320
n_{I_j}	3	6	8	11	7	5	2
$P_{I_j}^*$	0,071	0,143	0,194	0,262	0,166	0,118	0,046

Таблиця 2

Статистична функція розподілу випадкової величини I_j

I_j	110	140	170	200	230	260	290	320
$F^*(I)$	0	0,071	0,214	0,408	0,670	0,836	0,954	1

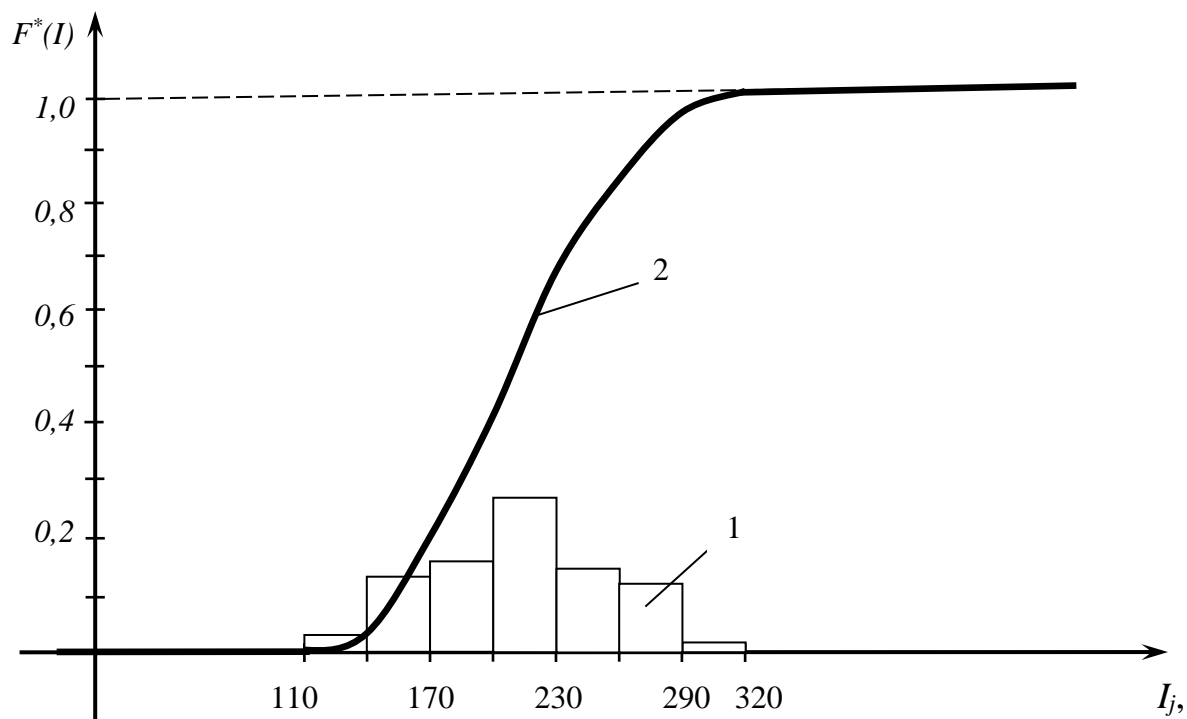


Рис. 1. Гістограма (1) і статистична функція розподілу (2) струмів витoku

Таким чином, маємо справу з параметром $I^*(t)$, що випадково змінюється в часі, за величиною якого на відрізку часу, що дорівнює міжпрофілактичному періоду, можна прогнозувати настання відмови КЛЕП. У цьому випадку відповідно до [10] імовірність

$$P(t < \tau \leq t + \Delta t) = \lambda(I^*)\Delta t + o(\Delta t), \quad I^*(t) \geq 1,6, \quad 0 < \tau < t < T, \quad (3)$$

де $\lambda(I^*)$ – узагальнена інтенсивність відмов, яка залежить від рівня параметра $I^*(t)$.

Імовірність відмови, визначена за виразом (3), обчислюється за припущенням, що до моменту часу $t < T$ відбувалася зміна параметра $I^*(t)$, але відмова КЛЕП до моменту часу t не відбулася.

Під час експлуатації за даними про відмови «вibraкуваних» за параметром $I^*(t) \geq 1,6$ КЛЕП можуть бути знайдені статистичні оцінки $\bar{I}^*(t)$, \bar{m}_t і $\bar{\lambda}(I^*)$ для різних моментів часу t , які задовольняють вимоги

відмови КЛЕП в інтервалі часу $(t, t + \Delta t)$, якому належить випадковий момент часу відмови τ , за умови, що $0 < \tau < t < T$, де T – тривалість міжпрофілактичного періоду, на початку якого отримане граничне значення контрольованого параметра $I^*(t) \geq 1,6$, визначиться виразом

незсушеності, обґрунтованості та ефективності, на підставі яких стає можливим імовірнісний прогноз настання відмови в деякому інтервалі часу $(t, t + \Delta t)$.

Висновок. Дана методика дозволяє здійснити науково обґрунтоване планування міжпрофілактичних випробувань «вibraкуваних» під час останньої профілактики КЛЕП та організацію робіт з їх відновлення, спрямованих на скорочення кількості раптових відмов та часу їх усунення.

Список використаних джерел

1. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей [Текст]: утв. приказом Министерства топлива и энергетики от 25 июля 2006 г. № 258 (в редакции приказа Министерства энергетики и угольной промышленности от 13 февраля 2012 г. № 91). – Харьков: Изд-во «Форт», 2012. – 404 с.
2. Вайда, Д. Исследования поврежденных изоляции [Текст] / Д. Вайда; пер. с венг. Т.З. Партоша; под ред. Д.В. Разевига. – М.: Энергия, 1968. – 400 с.
3. Городецкий, С.С. Испытания кабелей и проводов [Текст]: учеб. пособие для техникумов / С.С. Городецкий, Р.М. Лакерник. – М.: Энергия, 1971. – 272 с.
4. Ковригин, Л.А. Выбор испытательного напряжения при измерении частичных разрядов в кабелях на среднее напряжение [Текст] / Л.А. Ковригин, Л.Г. Сидельников // Кабель-news: информационно-аналитический журнал. – 2009. – № 11. – С. 56-58.
5. Войлошников, В. Технические требования по испытаниям кабельных линий в сетях 0,4-10 кВ [Текст] / В. Войлошников // Кабель-news: информационно-аналитический журнал. – 2008. – №10. – С. 61-63.
6. Копченков, Д.М. Современные методы и оборудование для испытаний, определения мест поврежденных и диагностики силовых кабелей [Текст] / Д.М. Копченков, В.Н. Кольцов // Кабель-news: информационно-аналитический журнал. – 2009/2010. – № 12-1. – С. 67-69.
7. Канискин, В.А. Оценка технического состояния кабелей и кабельных сетей [Текст]: монография / В.А. Канискин, А.А. Пугачев, А.И. Таджибаев. – СПб.: ПЭИПК, 2007. – 173 с.
8. Борисов, А.М. В России должны быть единые нормы для испытания кабелей [Текст] / А.М. Борисов // Кабель-news: информационно-аналитический журнал. – 2010. – № 3. – С. 49-50.
9. Акімов, О.І. Підвищення ефективності профілактичних випробувань кабельних ліній електропередачі [Текст] / О.І. Акімов, Ю.О. Акімова // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 136. – С. 119-121.

10. Герцбах, И.Б. Модели профилактики. Теоретические основы планирования профилактических работ [Текст]: монография / И.Б. Герцбах. – М.: Сов. радио, 1969. – 214 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор Ю.І. Гусевський

Акімов Олександр Іванович, канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизованих систем електричної тяги Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057) 730-10-76.

Акімова Юлія Олександрівна, канд. техн. наук, доцент кафедри вищої математики Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057) 730-10-38.

Akimov Alexander, Ph.D., assistant professor of automated systems of electric traction Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel. (057) 730-10-76.

Julia A. Akimov, Ph.D., assistant professor of higher mathematics Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel. (057) 730-10-38.

УДК 621.314

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА РЕКУПЕРАЦИИ АКТИВНОГО ТРЕХФАЗНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ С КОРРЕКЦИЕЙ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Д-р техн. наук Я.В. Щербак, асп. А.А. Плахтий

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМУ РЕКУПЕРАЦІЇ АКТИВНОГО ТРИФАЗНОГО ВИПРЯМЛЯЧА З КОРЕКЦІЄЮ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ

Д-р техн. наук Я.В. Щербак, асп. О.А. Плахтий

RESEARCH OF THREE-PHASE ACTIVE RECTIFIERS WITH POWER FACTOR CORRECTION IN REGENERATIVE MODE

Prof. Scherback Y.V., PhD student A.A.Plakhtiy

В статье предложена система управления активного трехфазного выпрямителя, реализующая коэффициент мощности близкий к единице. Коррекция коэффициента мощности достигается как в режиме активного выпрямления, так и в режиме рекуперации. В программном пакете Matlab R2012 проведено моделирование работы активного выпрямителя с предложенной системой управления, а также выполнено исследование качества энергии. Предложенная система управления реализует рекуперацию с высокими энергетическими показателями.

Ключевые слова: рекуперация, трехфазный активный повышающий выпрямитель, коррекция коэффициента мощности.

У статті подано систему управління активного трифазного випрямляча, яка реалізує коефіцієнт потужності близький до одиниці. Корекція коефіцієнта потужності реалізується як у режимі активного випрямляча, так і в режимі рекуперації. Виконано дослідження процесів в активному випрямлячі у програмному пакеті Matlab R2012 та виконано аналіз якості енергії. Запропонована система управління реалізує режим рекуперації з високими енергетичними показниками.

Ключові слова: рекуперация, трифазний підвищуючий випрямляч, корекція коефіцієнта потужності.

One of promising areas of energy efficiency in railway transport is application of four-quadrant AC/DC converter with high power factor on the traction substations. The thyristor and diode three-phase

rectifiers, which used on the AC/DC traction substations, have a number of drawbacks. In some cases, they do not provide the ability to recover energy, but also they are powerful source of current harmonic for general industrial electric grid. The presence of higher harmonics in power grid has the following negative consequences: distortion of the supply voltage; pickup in telecommunication and control circuits; heating and additional losses in transformers and electrical machines, which are powered from the power supply system; reducing the efficiency of the power supply system and technical devices.

This article provides an overview of four-quadrant power conversion of active rectifier. This scheme allow implementation the following options: power factor correction, sinusoidal input current, eliminating harmonic in input current, regulation of the output voltage of the rectifier, energy recovery in the network. The article presents the optimal control scheme for three-phase four-quadrant AC/DC converter.

Keywords: four-quadrant power conversion, three-phase active boost rectifier, power factor correction.

Введение. Одним из перспективных направлений энергосбережения на железнодорожном транспорте является применение рекуперативного торможения. При этом является актуальной задача реализации процесса рекуперации электрической энергии тяговой подстанцией постоянного тока. Применяемые в настоящее время на тяговых подстанциях преобразовательные установки не обеспечивают требуемое качество электрической энергии, возвращаемой в сеть переменного тока. Связано это с достаточно большой величиной реактивной мощности и высоким содержанием высших гармоник. Данное обстоятельство ставит задачу поиска путей совершенствования преобразовательных установок, реализующих рекуперацию.

Анализ последних исследований. Результаты исследований систем электропитания в режиме рекуперации с использованием тиристорных преобразователей достаточно полно освещены в работах [1, 2, 3]. Современный уровень развития силовой электроники позволяет реализовать высокоэффективные системы преобразования электрической энергии. Так, применение активных выпрямителей (АВ) [5, 6] позволяет повысить коэффициент мощности практически до единицы при прямом преобразовании электрической энергии. Но при этом остается не до конца решенной проблема работы таких преобразователей в режиме рекуперации.

Целью данной работы является создание и исследование системы управления активным выпрямителем, реализующей высокое качество электрической энергии в режиме рекуперации.

1. Топология рекуперирующего активного выпрямителя. Существуют различные

топологии схем АВ, обеспечивающие коррекцию коэффициента мощности [5, 6]. Однако стоит отметить, что не все топологии АВ позволяют реализовывать двунаправленную передачу энергии. Ни схема Виена-выпрямителя, ни одноключевые трехфазные выпрямители не реализуют рекуперацию. Оптимальной схемой для реализации рекуперации является схема активного трехфазного повышающего выпрямителя. Схема позволяет осуществлять регулирование выходного напряжения в режиме активного выпрямителя, а также близкий к единице коэффициент мощности как в режиме активного выпрямления, так и в режиме рекуперации. Схема активного повышающего выпрямителя представлена на рис. 1.

2. Система управления активного выпрямителя. В работах [5, 6] рассмотрены различные системы управления (СУ) активным повышающим выпрямителем с коррекцией коэффициента мощности. Наиболее перспективными системами управления АВ являются гистерезисная СУ, векторная СУ и система прямого управления мощностью. Значительным преимуществом гистерезисной системы управления является ее относительная простота реализации, высокая надежность, высокий реализуемый коэффициент мощности. Структура гистерезисной системы управления представлена в работе [6].

Недостатком гистерезисной СУ является невозможность реализации процесса рекуперации. В работе предлагается система управления АВ, реализующая рекуперацию с высоким коэффициентом мощности. Предложенная система управления представлена на рис. 2.

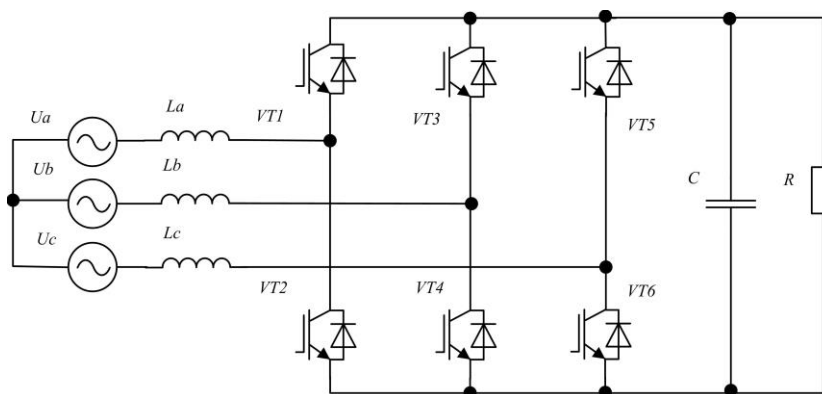


Рис. 1. Схема активного трехфазного повышающего выпрямителя

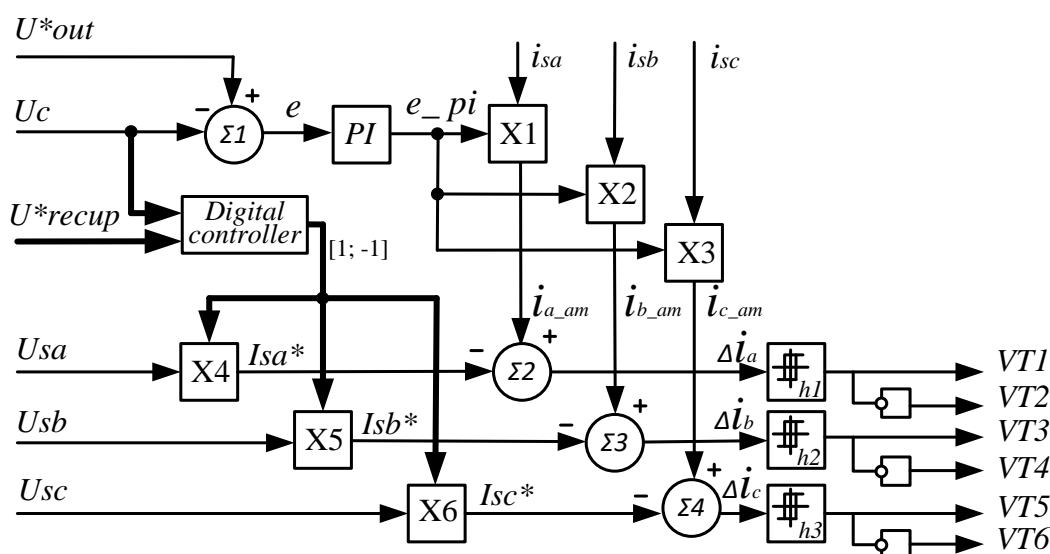


Рис. 2. Предложенная система управления АВ:

U_c – выходное напряжение активного выпрямителя; U_{sa}, U_{sb}, U_{sc} – мгновенные значения фазных напряжений АВ; $I_{sa}^*, I_{sb}^*, I_{sc}^*$ – сигнал задания формы фазных токов АВ; i_{sa}, i_{sb}, i_{sc} – мгновенные значения фазных токов АВ; $i_{a_am}, i_{b_am}, i_{c_am}$ – масштабируемые мгновенные значения фазных токов АВ; $\Delta i_a, \Delta i_b, \Delta i_c$ – сигналы рассогласования фазных токов; U^*_{out} – сигнал задания уровня выходного напряжения АВ; U^*_{recup} – сигнал задания уровня выходного напряжения, при котором АВ входит в режим рекуперации

Описание процессов в предложенной СУ
Регулирование выходного напряжения.

Сигнал выходного напряжения U_c и сигнал задания выходного напряжения U^*_{out} подаются на сумматор $\Sigma 1$. Сигнал ошибки e подается на ПИ регулятор. Выходной сигнал ПИ-регулятора e_{PI} и сигналы фазных токов i_{sa}, i_{sb}, i_{sc} подаются на умножители X1, X2, X3. Выходные сигналы умножителей $i_{a_am}, i_{b_am}, i_{c_am}$ повторяют форму фазных токов, однако с заданной амплитудой, необходимой для

поддержания заданного уровня выходного напряжения U^*_{out} .

Канал выбора режима работы АВ.

Канал обозначен на рис. 2 жирными линиями. Переход из режима выпрямления в режим рекуперации и обратно достигается с помощью блока цифрового контроллера. На цифровой контроллер подаются сигналы выходного напряжения АВ (U_c) и сигнал задания уровня рекуперации (U^*_{recup}). В случае $U_c > U^*_{recup}$ на выходе контроллера будет сигнал равный

единице. При этом сигналы фазных напряжений U_{sa} , U_{sb} , U_{sc} на умножителях X4, X5, X6 умножаются на единицу (т.е. не меняются). Вследствие этого сигналы задания формы фазных токов активного выпрямителя I_{sa}^* , I_{sb}^* , I_{sc}^* будут синфазными с фазными напряжениями U_{sa} , U_{sb} , U_{sc} . При этом АВ работает в режиме активного выпрямления.

Если же $U^*recup > U_c$, на выходе контроллера будет отрицательный сигнал равный -1. Вследствие этого на умножителях X4, X5, X6 сигналы задания формы фазных токов активного выпрямителя I_{sa}^* , I_{sb}^* , I_{sc}^* будут в противофазе фазным напряжениям U_{sa} , U_{sb} , U_{sc} , что переводит АВ в режим рекуперации.

Реализация синусоидальной формы фазного тока. Сигналы задания формы фазных токов активного выпрямителя I_{sa}^* , I_{sb}^* , I_{sc}^* и масштабируемые мгновенные значения фазных токов АВ i_{a_am} , i_{b_am} , i_{c_am} подаются на умножители $\Sigma 2$, $\Sigma 3$, $\Sigma 4$. Сигналы Δi_a , Δi_b , Δi_c представляют сигналы рассогласования фазных токов, т.е. фактическое отклонение мгновенного значения фазного тока от его сигнала задания.

Сигналы рассогласования токов фаз Δi_a , Δi_b , Δi_c подаются на гистерезисные распределители импульсов $h1$, $h2$, $h3$. Гистерезисные распределители имеют заданную величину гистерезиса, которая фактически формирует синусоидальную форму фазного тока.

На примере фазы А: если $i_{a_am} - I_{sa}^* = \Delta i_a > (hyst/2)$ (т.е. фактический ток выше заданного значения), то с $h1$ на ключ VT1 подается сигнал открытия (на VT2 – сигнал закрытия), при этом ток фазы А падает. Когда ток уменьшится ниже величины гистерезиса, при котором $\Delta i_a < -hyst/2$ (т.е. фактический ток ниже заданного значения), то на ключ VT1 подается сигнал закрытия (на VT2 – сигнал открытия), при этом ток фазы А растет. Таким образом, при задании достаточно малой величины гистерезиса форма фазного тока будет синфазна с напряжением и практически иметь синусоидальную форму. Фазы В и С имеют идентичный принцип управления. Графически принцип управления приведен на рис. 3.

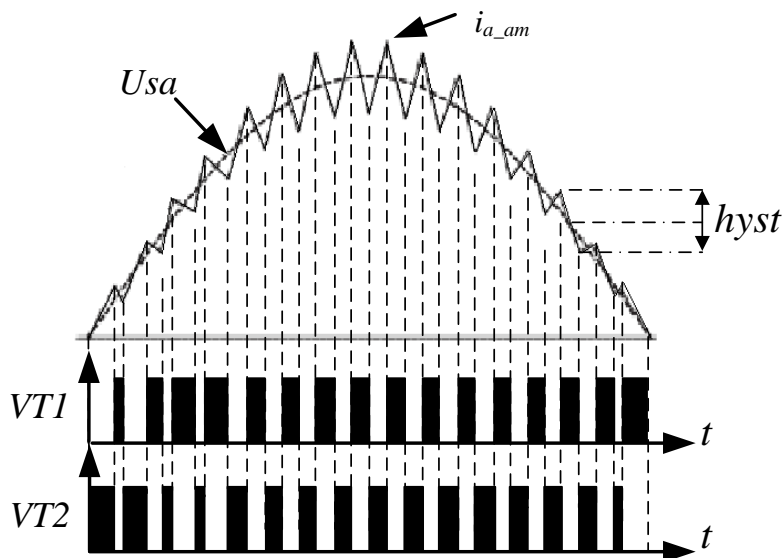


Рис. 3. Форма напряжения и тока фазы А; сигнал управления на ключ VT1

3. Моделирование работы предложенной системы управления активного выпрямителя. В программном пакете Matlab R2011 была построена модель АВ с предложенной системой управления (см. рис. 4).

Выполнено моделирование АВ при динамическом переходе из режима активного выпрямления в режим рекуперации. Измерен коэффициент гармонических искажений токов,

реализуемый коэффициент мощности активного выпрямителя.

Моделируемая система управления АВ регулирует выходное напряжение в диапазоне от 2500 до 4000 В. Переход в режим рекуперации осуществляется при достижении выходного напряжения уровня 4500 В в результате перевода нагрузки из режима двигателя в режим генератора. При этом контур

обратной связи выходного напряжения осуществляет инверсию сигнала задания фазного напряжения.

На рис. 5 приведены осциллограммы выходного напряжения АВ и формы фазных токов и напряжений АВ при переходе из режима активного выпрямителя в режим рекуперации.

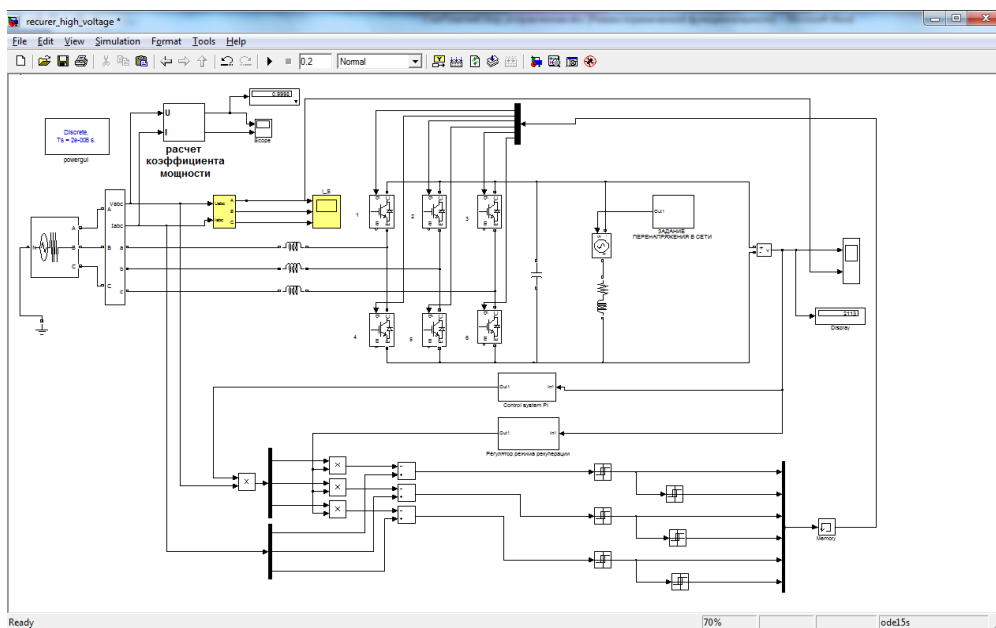


Рис. 4. Модель Matlab АВ с системой управления, реализующей рекуперацию энергии в сеть

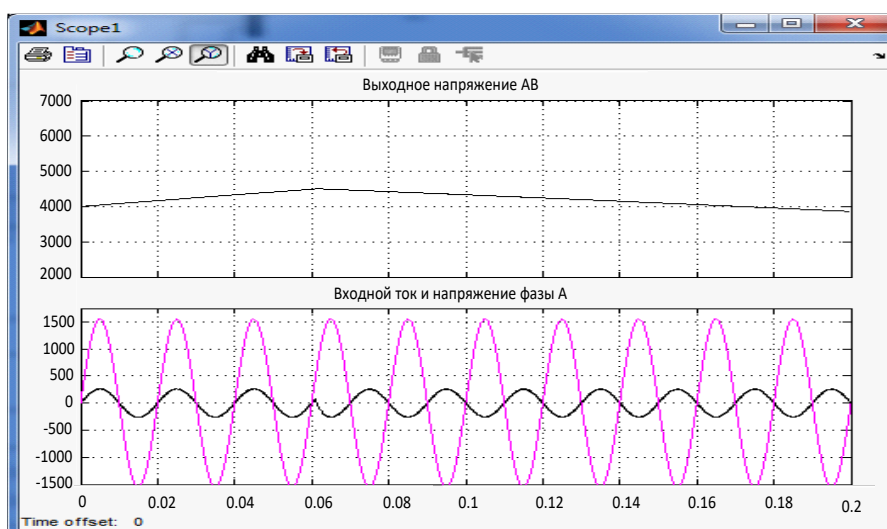


Рис. 5. Напряжения и токи фаз активного выпрямителя при переходе из режима активного выпрямителя в режим рекуперации

Как видно из рис. 6, предложенная система управления АВ реализует форму фазных токов, близкую к синусоиде, и $\cos(\varphi)$, близкий к единице, как в режиме активного выпрямления, так и в режиме рекуперации. На

рис. 6 приведен Фурье-анализ формы фазного тока при питании АВ в режиме активного выпрямителя. На рис. 7 приведен Фурье-анализ формы рекуперированного тока.

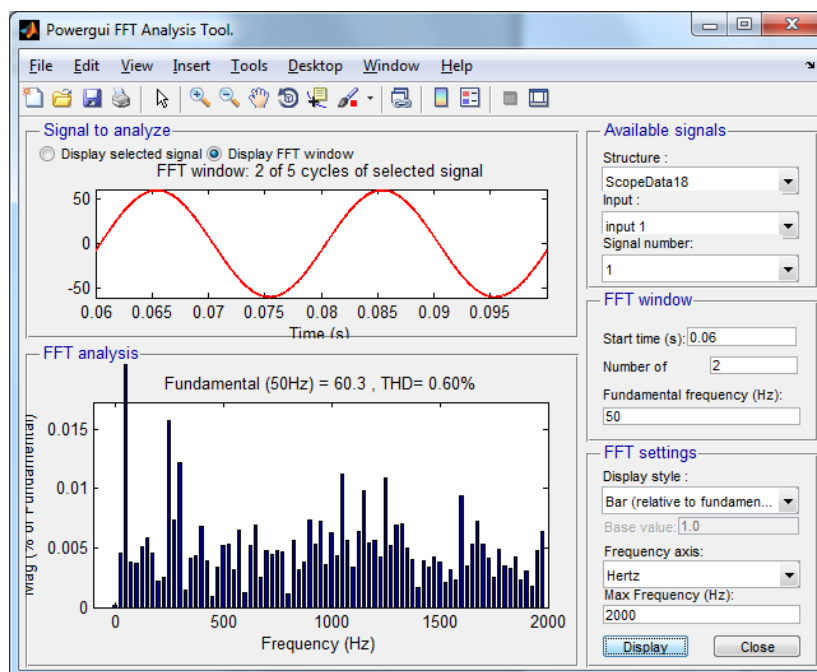


Рис. 6. Фурье-анализ формы входных токов (режим активного выпрямителя)

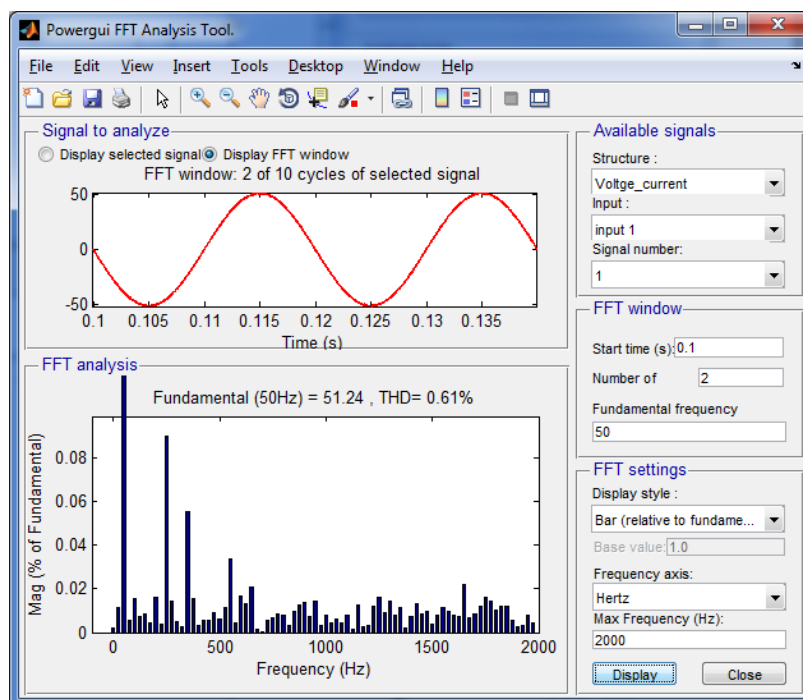


Рис. 7. Фурье-анализ формы фазных токов АВ при работе в режиме рекуперации

Проведенное моделирование дало следующие результаты. Энергетические показатели в режиме активного выпрямителя:

- коэффициент мощности равен $PF = 99,98 \%$;

- коэффициент гармонических искажений фазных токов равен $THD=0,60 \%$.

Энергетические показатели в режиме рекуперации:

- коэффициент мощности равен $PF = -99,98 \%$;

- коэффициент гармонических искажений фазного тока равен $THD=0,61 \%$.

Вывод. Разработанная система управления активного трехфазного повышающего выпрямителя позволяет реализовать режимы активного выпрямления и рекуперации с высокими энергетическими показателями. Результаты моделирования разработанной системы управления активным выпрямителем подтверждают возможность реализации режимов активного выпрямителя и режима рекуперации с коэффициентом мощности близким к единице.

Список использованных источников

1. Бродский, Ю.А. Стационарная система аккумулирования энергии рекуперации электроподвижного состава метрополитена на базе емкостных накопителей энергии [Текст] / Ю.А. Бродский, А.И. Подаруев, В.Н. Пупынин, М.В. Шевелюгин // Электротехника. – 2008. – №7. – С. 38-41.
2. Кучумов, В.А. Рекуперация электроэнергии: достижения и резервы [Текст] / В.А. Кучумов, Б.Н. Ребрик // Железнодорожный транспорт. – 2002. – №11. – С. 14-22.
3. Носов, В.И. Эффективность рекуперации можно повысить: опыт Западно-Сибирской дороги [Текст] / В.И. Носов // Локомотив. – 2004. – № 1. – С. 65-72.
4. Шиллер, В.Г. Эффективность и надежность рекуперации на электрифицированных дорогах постоянного тока [Текст] / В.Г. Шиллер // Труды ВНИИЖТ. – 1965. – № 2. – С. 148-154.
5. Казачковский, Н.Н., Управление активным выпрямителем с релейно-векторным контуром тока для систем частотно-регулируемого электропривода [Текст] / Н.Н. Казачковский // Вісник Приазовського державного технічного університету: Зб. наук. праць. — Маріуполь, 2008. – Вип. 18. – Ч. 2. – С. 40-43.
6. Мао, Н. Analysis and Design of a High Frequency Three-Phase Boost Rectifier [Текст] / Н. Мао, D. Boroyevich, A. Ravindra, F. Lee // IEEE Applied Power Electronics Conference, 1996 Record. – P. 538-544.

Рецензент д-р техн. наук, профессор Ю.И.Гусевский

Щербак Яків Васильович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри автоматизованих систем електротранспорту Української державної академії залізничного транспорту. Телефон: +38 096 220 89 96; E-mail: Sherbak47@mail.ru

Плахтій Олександр Андрійович, аспірант кафедри автоматизованих систем електротранспорту Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057) 730-10-73. E-mail: 83et@mail.ru

Scherback Yakov Vasilivich, Professor department of automated electric transport systems Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel. (057) 730-10-73. E-mail: Sherbak47@mail.ru

Plakhtiy Alexandr Andrievich, Phd student department of automated electric transport systems Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel. (057) 730-10-73. E-mail: 83et@mail.ru

УДК 629.4.014

ДІАГНОСТИКА ПОРУШЕНЬ У РОБОТІ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Канд. техн. наук С.І. Яцько, аспірант Я.В. Ващенко

ДИАГНОСТИКА НАРУШЕНИЙ В РАБОТЕ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Канд. техн. наук С.И. Яцько, аспирант Я.В. Ващенко

DIAGNOSTICS OF VIOLATIONS IN OPERATION OF THE TRACTION ELECTRIC DRIVE

PhD in Technical Science S.I. Yatsko, Y.V. Vashchenko

Наведено результати досліджень з розроблення методу безперервного контролю технічного стану тягового асинхронного електропривода. Запропонована система безперервного контролю і діагностування технічного стану основана на аналізі спектрального складу вхідного струму автономного інвертора тягового електропривода.

Ключові слова: тяговий електропривод, спектральний аналіз, безперервна діагностика, інвертор.

Представлены результаты исследований по разработке метода непрерывного контроля технического состояния тягового асинхронного электропривода. Предложенная система непрерывного контроля и диагностирования технического состояния основана на анализе спектрального состава входного тока автономного инвертора тягового электропривода.

Ключевые слова: тяговый электропривод, спектральный анализ, непрерывная диагностика, инвертор.

In the paper is considered results researches of method continuous condition monitoring for the traction asynchronous electric drive. The offered system of continuous control and diagnosing of the technical condition is based on the analysis of spectral composition of an entrance current of the inverter current traction electric drive.

Keywords: the traction electric drive, spectral analysis, continuous diagnostic, the inverter.

Вступ. При експлуатації рухомого складу будь-які виходи з ладу обладнання в тій чи іншій мірі призводять до витрат та порушень нормального функціонування процесу перевезень. Рішенням щодо мінімізації втрат може бути організація неперервного моніторингу та виявлення несправностей обладнання на ранніх стадіях розвитку дефектів.

Аналіз існуючих рішень та постановка задачі. Аналіз публікацій, що з'являються в останні роки [1-4], свідчить про зростаючий інтерес дослідників та проектувальників до проблем діагностування обладнання рухомого складу.

На сьогоднішній день переважного поширення набули методи розпізнавання технічного стану шляхом статистичних, стендових та автоматизованих випробувань. Однак очевидним є факт, що найбільш

достовірну й оперативну інформацію про технічний стан можна отримати за допомогою безперервних бортових технічних систем. Їх функціонування може бути побудоване на певних способах ідентифікації стану за діагностичними параметрами шляхом оцінки відхилень за контрольними рівнями, розкладенням функцій у ряд Фур'є, розпізнаванням за комплексом ознак та інших. Завершальною стадією обробки вхідної інформації є методика прийняття рішення про справний технічний стан, існування несправності або її прогнозуючі ознаки.

Як правило, проведення діагностики стану об'єкта потребує наявності діагностичних моделей, до яких висувається ряд вимог. Однією з таких вимог є вимога щодо їх технічної та практичної реалізації.

Мета роботи. Розроблення методу неперервного контролю та діагностування

технічного стану тягового асинхронного електропривода.

Результати досліджень. Останніми роками як тягові електродвигуни (і не тільки) на рухомому складі все ширше використовуються економічні і надійні асинхронні електродвигуни, а для регулювання швидкості їх обертання – статичний перетворювач частоти живильної напруги [5]. Ураховуючи взаємний вплив елементів системи тягового електропривода, викликає інтерес розроблення методу неперервного контролю та діагностування технічного стану тягового асинхронного електропривода, що включає сам асинхронний двигун, автономний інвертор напруги, ланку постійного струму та систему управління електроприводом.

Запропонована система неперервного контролю та діагностування технічного стану тягового асинхронного електропривода побудована на базі діагностичних моделей. При цьому слід зазначити, що при розробленні діагностичних моделей, як правило, математичний опис процесів у тяговому

електроприводі не може бути безпосередньо використаний як діагностична модель, так як зазвичай він адекватний штатним режимам і не працює в нештатних ситуаціях. Тому розв'язання цієї задачі було знайдено шляхом використання як діагностичної моделі для випадку нормального функціонування об'єкта, так і моделей, які описують конкретну нештатну ситуацію.

Один з варіантів структурної схеми такого модуля моніторингу та діагностики показано на рис. 1 [6]. Згідно з структурною схемою, відхилення процесів від діагностичної моделі виявляє факт виникнення нештатної ситуації. Тобто, якщо невідповідності виходів об'єкта y та моделі \hat{y} , яка відповідає нормальній роботі об'єкта, перевищують деякий поріг, то порушення в роботі об'єкта вважаються виявленими. Це викликає активізацію моделей, що описують порушення в об'єкті. При цьому ті порушення, що описуються найбільшою невідповідністю \hat{e}_{Fi} вважаються найбільш імовірними.

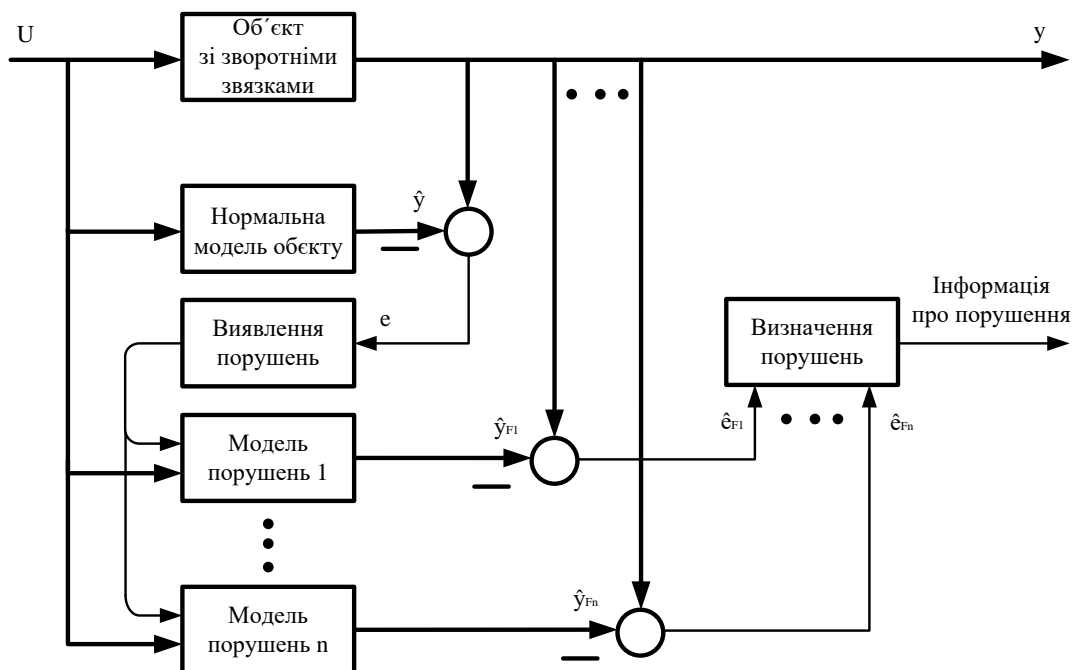


Рис.1. Структурна схема модуля моніторингу та діагностики

Ураховуючи специфіку побудови та роботи системи асинхронного електропривода, було запропоновано проводити оцінку

технічного стану системи шляхом аналізу спектрального складу струму на вході інвертора. На основі зазначеного шляхом

моделювання були розроблені діагностичні моделі як для випадку нормального функціонування об'єкта, так і моделі, які описують конкретну нештатну ситуацію.

Для ілюстрації сказаного наведено осцилограми для штатного режиму (рис. 2, а) та при наявності несправності (рис. 2, б). У цьому випадку – пропуск управляючого імпульсу одного з ключів автономного інвертора напруги.

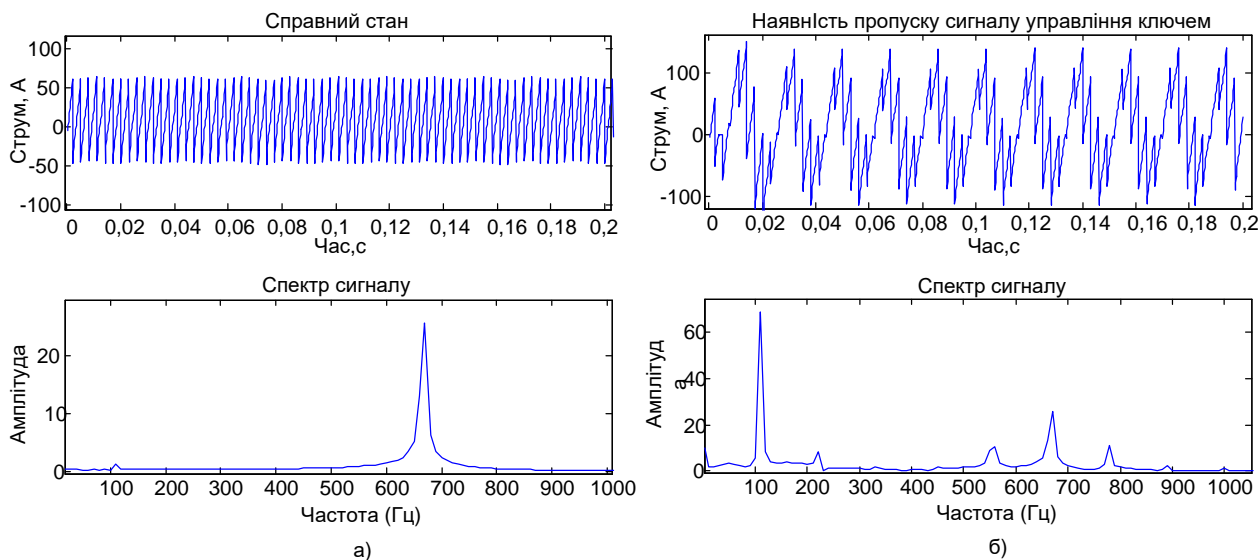


Рис. 2. Осцилограми в штатному режимі (а) та при наявності несправності в роботі системи тягового асинхронного електропривода (б)

Алгоритм виявлення несправностей у роботі системи тягового електропривода на основі аналізу спектра вхідного струму інвертора може бути таким. При відомій частоті живлення асинхронного двигуна та його навантаженні в квазістаціонарному режимі спектр частот реальної системи електропривода порівнюється зі спектрами частот відповідних діагностичних моделей несправностей, вибраних з бази моделей для заданих вхідних параметрів. При збігу спектрів формується інформаційний сигнал щодо наявності виявленої несправності. У разі відсутності в базі моделі відповідного спектра, але наявності невідповідності спектра реального об'єкта та моделі справного стану

фіксується факт наявності неідентифікованої несправності.

Висновки. Організація неперервного моніторингу та виявлення несправностей обладнання тягового електропривода на ранніх стадіях розвитку дефектів сприяє мінімізації витрат та порушень процесу перевезень.

Запропонована система неперервного контролю та діагностування технічного стану тягового асинхронного електропривода, що базується на порівнянні спектрального складу вхідного струму автономного інвертора тягового електропривода з базою даних його спектрів при несправностях, проста в реалізації, але, слід зазначити, її ефективність знижується при виникненні несправностей, інформації про які немає в базі.

Список використаних джерел

1. Синчук, О.Н. Структура комплексной системы защиты тягового электропривода контактного двухосного электровоза от псевдоаварийных и аварийных режимов работы [Текст] / О.Н. Синчук, И.О. Синчук, О.А. Коваль // Вісник Кременчуцького держав. політехн. універ. – Кременчук: КДПУ. – 2009. – Вип. 4 (57). – С. 91-94.
2. Сизов, С.В. Безопасная ресурсосберегающая эксплуатация МВПС на основе мониторинга в реальном времени [Текст] / С.В. Сизов, В.П. Аристов // Наука и транспорт. – 2008. – № 2. – С.8-13.

3. Зубенко, Д.Ю. Обоснование диагностических признаков дисбаланса роторов тяговых электродвигателей подвижного состава [Текст] / Д.Ю. Зубенко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – Вып. 3/8 (51). – С.16-18.

4. Коньков, А.Ю. Основы технической диагностики локомотивов [Текст]: учеб.пособие / А.Ю. Коньков. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2007. – 98 с.

5. Басов, Г.Г. Развитие электричного мотовагонного рухомого складу [Текст] / Г.Г. Басов, С.І. Яцько. – Харків: Апекс+, 2005. – Ч.2. – 248 с.

6. Диагностика нарушений в объектах, охваченных обратными связями [Текст] / Л.А. Русинов, Е.В. Якимова, Н.В. Воробьев, И.В. Рудакова // Вестник СПбГТУ. – СПб.: Изд. СПбГТУ. – 2011. – №3. – С.69-74.

Рецензент д-р техн. наук, професор О.Б. Бабанін

Яцько Сергій Іванович канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизованих систем електричного транспорту Української державної академії залізничного транспорту, тел. (057) 730-10-75, E-mail: si_yatsko@mail.ru.

Ващенко Ярослав Васильович, аспірант кафедри автоматизованих систем електричного транспорту Української державної академії залізничного транспорту, тел. (057) 730-10-75, E-mail: yaroslav_vashchenko@mail.ru.

Jatsko Sergey Ivanovich candidate. Sc. Sciences, the senior lecturer of chair "Automated systems of electric transport" of the Ukrainian state academy of a railway transportation, tel. (057) 730-10-75, E-mail: si_yatsko@mail.ru.

Vashchenko Yaroslav Vasilevich, the post-graduate student of chair "Automated systems of electric transport" of the Ukrainian state academy of a railway transportation, tel. (057) 730-10-75, E-mail: yaroslav_vashchenko@mail.ru.

УДК 629.423.31-047.37

ВПЛИВ ДИНАМІЧНОЇ ІНДУКТИВНОСТІ НА ШВИДКІСТЬ ЗРОСТАННЯ СТРУМУ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ В КОЛАХ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Канд. техн. наук О.О. Карзова

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ИНДУКТИВНОСТИ НА СКОРОСТЬ НАРАСТАНИЯ ТОКА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ЦЕПЯХ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Канд. техн. наук О.А. Карзова

INFLUENCE OF DYNAMIC INDUCTANCE ON THE RISING OF SHORT-CIRCUIT CURRENT IN THE CIRCUITS OF ELECTRIC ROLLING STOCK DC

Cand. of techn. sciences O. Karzova

У статті досліджено питання впливу динамічної індуктивності обмоток збудження тягових електродвигунів електрорухомого складу постійного струму на швидкість зростання струму при короткому замиканні з подальшим використанням результатів для визначення величини уставки пристроїв захисту на сучасній елементній базі, що призначені для захисту електрообладнання від струмів коротких замикань.

Ключові слова: коротке замикання, динамічна індуктивність, електрорухомий склад, швидкість зростання струму, тягові електродвигуни.

В статье исследованы вопросы влияния динамической индуктивности обмоток возбуждения тяговых электродвигателей электроподвижного состава постоянного тока на скорость нарастания тока при коротком замыкании с последующим использованием результатов для

определения величины уставки устройств защиты на современной элементной базе, которые предназначены для защиты электрооборудования от токов коротких замыканий.

Ключевые слова: короткое замыкание, динамическая индуктивность, электроподвижной состав, скорость нарастания тока, тяговые электродвигатели.

This article investigates the impact of dynamic inductance of excitation winding of electric traction motors of direct current on the rate of increase in current at short circuit and then use the results to determine the setting value of protection devices on modern hardware components that are designed to protect electrical equipment from short circuits. In general, under the dynamic inductance of winding main poles traction motors of direct current electric composition refers to the inductance of the coil based on the dynamics of change in the mode of excitation current short circuit. In the article used mathematical models taking into account the action of the dynamic inductance and without it and did the research short circuit mode. Using the models obtained curves of short circuit current of time. The time at which the determined rate of change of current is taken from the beginning of 0.0001 sec. with a short circuit as the response time of modern protection devices. These results show the need to consider when establishing protective equipment to protect power circuits electric composition of short circuits based microprocessor influence of the dynamic inductance of excitation windings.

Keywords: short circuit, the dynamic inductance, of electric composition, rate of rise of current, traction motors.

Вступ. Виникнення режиму короткого замикання (КЗ) в силових колах електрорухомого складу (ЕРС) приводить до значних пошкоджень та виходу з ладу електрообладнання, якщо захисні пристрої не спрацюють достатньо швидко і чітко. Тому поглиблені дослідження вказаного режиму з метою використання найновішої елементної бази для вдосконалення захисних пристроїв є завжди актуальними. Дослідження в даній статті відносяться до галузі тягових електричних машин постійного струму електрорухомого складу.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. При налагодженні пристроїв захисту на сучасній мікропроцесорній елементній базі для захисту електрообладнання електрорухомого складу (ЕРС) від аварійних режимів (наприклад, короткого замикання або перевантаження) необхідно знати величину уставки, тобто мінімальне значення контрольованої величини, при якому почне спрацьовувати пристрій захисту. Такі пристрої мають змогу реагувати не тільки на зміну величини аварійного струму, а й на зміну швидкості його зростання на самому початку цього процесу [1, 2].

При розгляданні можливості захисту за допомогою вказаних пристроїв електрообладнання від короткого замикання (КЗ) необхідно у вигляді уставки визначити мінімальне

значення швидкості зростання струму КЗ (di_k/dt) з урахуванням різних можливих точок його виникнення в силовому колі, різних схем з'єднання тягових електродвигунів (ТЕД) та різних зовнішніх і внутрішніх впливів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання захисту силових кіл електрорухомого складу постійного струму за допомогою пристроїв захисту, що виконані на сучасній елементній базі, висвітлені в наступних роботах [3-5].

Визначення мети та задачі дослідження. Метою даної роботи є проведення дослідження для визначення впливу динамічної індуктивності обмоток збудження тягових електродвигунів електрорухомого складу постійного струму на швидкість зростання струму при короткому замиканні. Для цього необхідно створити математичну модель, яка б враховувала вплив динамічної індуктивності обмоток збудження тягових електродвигунів, та з її допомогою дослідити режим короткого замикання.

Основна частина дослідження. Для дослідження впливу динамічної індуктивності обмоток збудження тягових електродвигунів $L_{дин}$ на di_k/dt взято для прикладу електровоз постійного струму ДЕ1 при послідовному з'єднанні його ТЕД (ЕД-141У1) та всіх можливих точках виникнення короткого замикання в його силовому колі [6] (рис. 1).

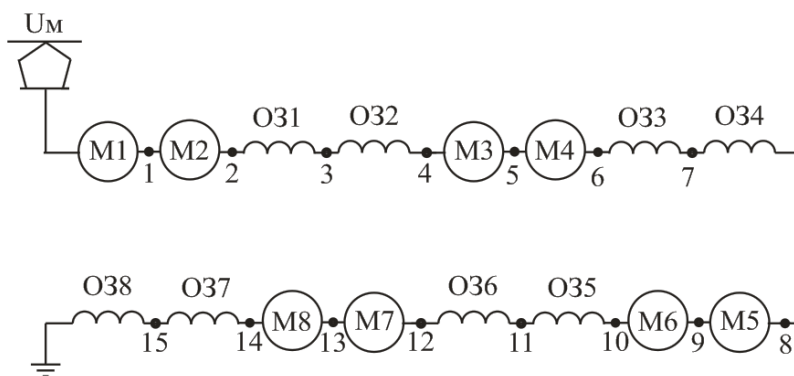


Рис. 1. Схема можливих варіантів виникнення КЗ при послідовному з'єднанні тягових електродвигунів 8-вісного електровозу постійного струму: М1-М8 – обмотки якоря тягових електродвигунів; О31-О38 – обмотки збудження ТЕД; 0-15 – можливі точки виникнення КЗ в силовому колі ЕРС; $U_M = 3000$ В – напруга тягової контактної мережі

Також використано математичну модель (1) [7].

$$\begin{cases} \frac{dI_{\text{я}}}{dt} = \frac{U_M - n_{\text{ДВ}} \cdot c_e \cdot \Phi \cdot \omega_{\text{ДВ}} - n_{\text{ДВ}} \cdot (R_{\text{я}} + R_{\text{ОЗ}}) \cdot I_{\text{я}}}{n_{\text{ДВ}} \cdot (L_{\text{я}} + L_{\text{ОЗ}})}; \\ 1,23R_{m1}\Phi_1 + g_{\mu} \frac{d\Phi_1}{dt} + \Phi(R_{mk} - R_{m1}) = w_{\text{ЕКВ}} \cdot I_{\text{ОЗ}} + F_{\text{НЛК}}; \\ 5,29R_{m1}\Phi_{\Sigma} + 0,477g_{\mu} \frac{d\Phi_{\Sigma}}{dt} + \Phi(R_{mk} - R_{m1}) = w_{\text{ЕКВ}} \cdot I_{\text{ОЗ}} + F_{\text{НЛК}}, \end{cases} \quad (1)$$

де $n_{\text{ДВ}}$ – кількість тягових електродвигунів;

$w_{\text{ОЗ}}$ – кількість витків котушки збудження головного полюсу;

σ – коефіцієнт розсіювання головних полюсів;

$w_{\text{ЕКВ}} \cdot I_{\text{ОЗ}}$ – магніторушійна сила збудження головних полюсів;

$F_{\text{НЛК}}$ – частина магніторушійної сили k -ї ділянки магнітної характеристики ГП, що створює магнітний потік головних полюсів.

Для порівняльного аналізу математична модель (1) побудована без урахування впливу динамічної індуктивності.

Взагалі під динамічною індуктивністю обмотки збудження головних полюсів ТЕД електрорухомого складу постійного струму розуміється індуктивність цієї обмотки з урахуванням динаміки зміни струму збудження в режимі короткого замикання.

Індуктивність обмотки збудження знаходиться за наступною формулою [8]:

$$L_{\text{дин}} = 2 \cdot p \cdot w_{\text{ОЗ}} \cdot (\sigma - 1) \cdot \frac{d\Phi}{dI_{\text{я}}}, \quad (2)$$

де p – число пар головних полюсів ТЕД;

$w_{\text{ОЗ}}$ – кількість витків котушки збудження головного полюсу;

Φ – основний магнітний потік, [Вб];

$I_{\text{я}}$ – струм у колі якоря, [А].

Перепишемо (1) з урахуванням (2). Отримаємо математичну модель з урахуванням впливу динамічної індуктивності обмоток збудження ТЕД:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dI_{\text{я}}}{dt} &= \frac{U_{\text{М}} - n_{\text{ДВ}} \cdot c_{\text{е}} \cdot \Phi \cdot \omega_{\text{ДВ}} - n_{\text{ДВ}} \cdot (R_{\text{я}} + R_{\text{ОЗ}}) \cdot I_{\text{я}}}{n_{\text{ДВ}} \cdot (L_{\text{я}} + 2 \cdot p \cdot w_{\text{ОЗ}} \cdot (\sigma - 1) \cdot \frac{d\Phi}{dI_{\text{я}}})}, \\ 1,23R_{m1}\Phi_1 + g_{\mu} \frac{d\Phi_1}{dt} + \Phi(R_{mk} - R_{m1}) &= w_{\text{ЕКВ}} \cdot I_{\text{ОЗ}} + F_{\text{НЛК}}; \\ 5,29R_{m1}\Phi_{\Sigma} + 0,477g_{\mu} \frac{d\Phi_{\Sigma}}{dt} + \Phi(R_{mk} - R_{m1}) &= w_{\text{ЕКВ}} \cdot I_{\text{ОЗ}} + F_{\text{НЛК}}. \end{aligned} \right. \quad (3)$$

Як приклад за допомогою моделей (1) та (3) при двох умовах (з урахуванням впливу динамічної індуктивності та без) отримано криві залежності струму короткого замикання від часу $I_{\text{КЗ}} = f(t)$ для точки 1 (схеми на рис. 1) виникнення КЗ (рис. 2) та точки 4 (рис. 3).

На рис. 2 та рис. 3:

1 – залежність $I_{\text{КЗ}} = f(t)$ при постійній індуктивності;

2 – залежність $I_{\text{КЗ}} = f(t)$ з урахуванням динамічної індуктивності обмоток збудження.

З рис. 2 видно, що значення струму при часі 0,6 с та швидкості зростання струму на початковому періоді (приблизно 0,005 с після початку короткого замикання) швидкості зростання струму КЗ в випадках 1 та 2 майже

однакові, бо в колі немає жодної з обмоток збудження ТЕД. Час 0,6 с визначено дослідним шляхом, як такий, після якого встановлюється стає значення струму КЗ. Тому вплив динамічної індуктивності відсутній і надалі точки 1 та 2 (схема на рис. 1) в роботі розглядатись не будуть.

Із рис. 3 видно, що значення струму при часі 0,6 с у двох випадках різні. Фізично це пояснюється впливом $L_{\text{дин}}$ обмоток збудження тягових електродвигунів зі зростанням струму короткого замикання [8]. Усталене значення струму короткого замикання при часі більше 0,6 с у представлених двох випадках буде однаковим.

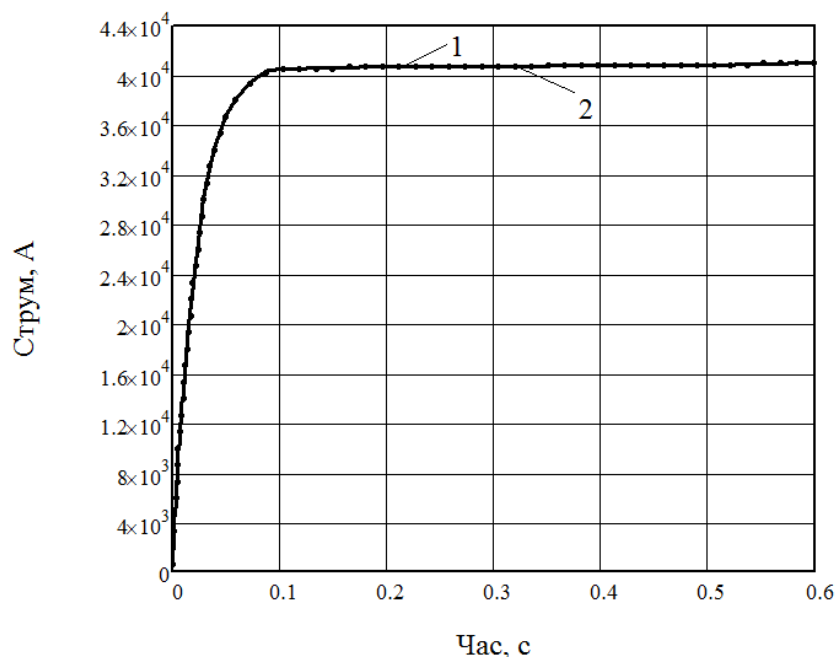


Рис. 2. Залежності струму КЗ від часу при короткому замиканні (точка 1 на схемі рис. 1)

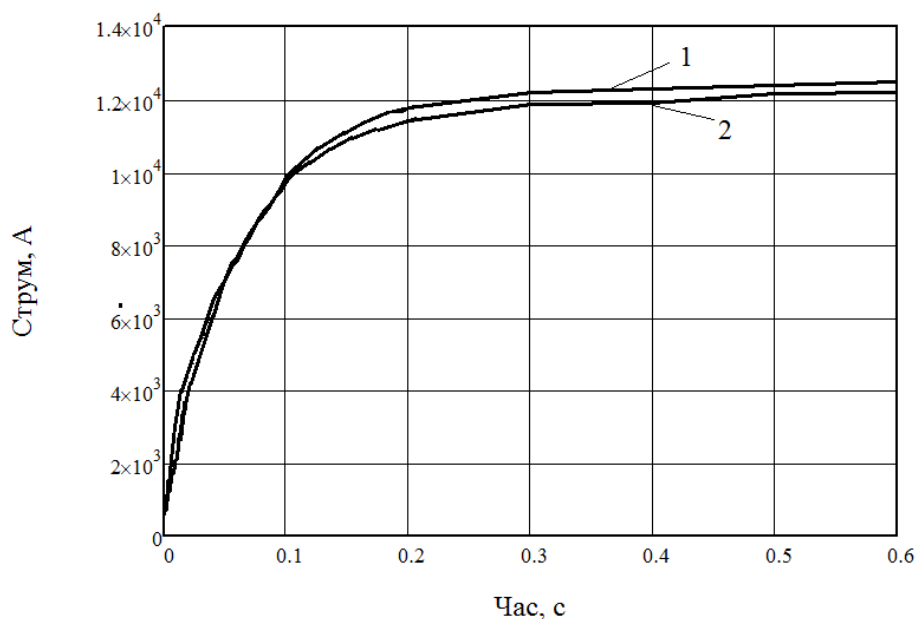


Рис. 3. Залежності струму КЗ від часу при короткому замиканні (точка 4 на схемі рис. 1)

В табл. 1 занесені для порівняння результати досліджень за моделями (1) та (3) при всіх можливих точках виникнення

короткого замикання (точки 3-15) у силовому колі при двох умовах.

Таблиця 1

Можливі точки виникнення короткого замикання (точки КЗ на схемі рис. 1)	Без урахування $L_{дин}$		З урахуванням $L_{дин}$	
	Значення струму КЗ $I_{КЗ}, А$	$di_{К}/dt, А/с$	Значення струму КЗ $I_{КЗ}, А$	$di_{К}/dt, А/с$
3	17200	324000	16000	384000
4	12000	176000	12300	234000
5	9000	154000	9270	203000
6	7200	137000	7340	180000
7	5800	90000	5950	134000
8	4660	60000	4800	106000
9	4000	55000	4080	98000
10	3500	50000	3350	91000
11	2800	33000	2600	76000
12	2190	21000	2150	64000
13	1980	20000	1960	60000
14	1790	17000	1770	57000
15	1350	8000	1330	50000

Значення струму КЗ визначено через час 0,6 с після початку короткого замикання. При появі в колі індуктивності обмоток збудження значення $\frac{di_k}{dt}$ у випадку розрахунку з урахуванням динамічної індуктивності збільшуються в порівнянні з випадком, коли динамічна індуктивність не враховується. Зростання струму КЗ відбувається тим інтенсивніше, чим менше динамічна індуктивність кола короткого замикання [9]. Тому для підвищення точності при дослідженні

перехідних процесів та визначенні уставки для пристроїв захисту потрібно врахувати динамічний характер індуктивності обмоток збудження.

Для наглядності визначення та порівняння швидкості зміни струму при КЗ використано рис. 4, на якому показані збільшені за масштабом криві залежності струму короткого замикання від часу (за рис. 3) протягом 0,0001 с (час спрацьовування сучасних мікроконтролерів) після початку виникнення короткого замикання.

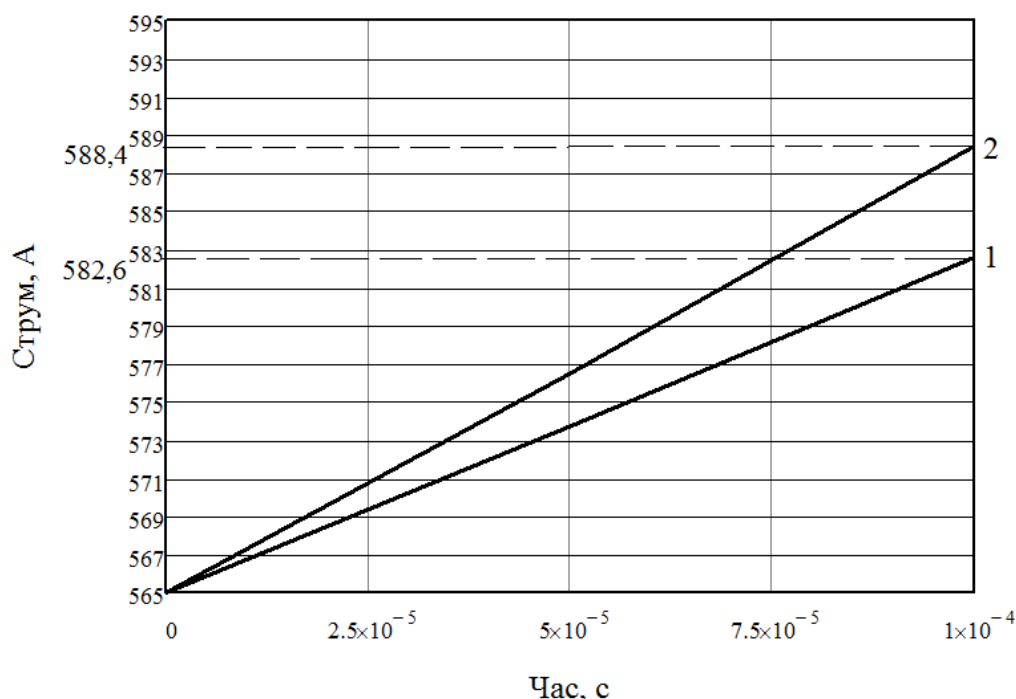


Рис. 4. Визначення швидкості зміни струму при короткому замиканні

Значення $\frac{di_k}{dt}$ знайдено на інтервалі часу від 0 до 0,0001 с., який прийнятий як час реагування сучасних пристроїв захисту [10].

1) Без урахування дії динамічної індуктивності: $\frac{di}{dt} = \frac{582,6 - 565}{0,0001} = 176000 \text{ А/с}$;

2) З урахуванням дії динамічної індуктивності: $\frac{di}{dt} = \frac{588,4 - 565}{0,0001} = 234000 \text{ А/с}$.

Різниця $\frac{di_k}{dt}$ складає: $\frac{234000 - 176000}{234000} \cdot 100 = 24,8 \%$.

Аналогічно визначена різниця швидкості зростання струму при різних точках виникнення короткого замикання в колі ТЕД.

Наприклад, різниця $\frac{di_k}{dt}$ при першому та другому варіантах (без динамічної індуктивності та з урахуванням дії динамічної індуктивності відповідно) складає: 15,6 % – точка 3 на схемі рис. 1;

21,4 % – точка 5 на схемі рис. 1;

23,9 % – точка 6 на схемі рис. 1;

32,8 % – точка 7 на схемі рис. 1.

Як видно, на значення $\frac{di}{dt}$ на початку

КЗ впливає динамічна індуктивність. Аналогічні дослідження можна провести для всіх 15 точок вказаних на рис. 1.

Висновки з дослідження, подальший розвиток у даному напрямку. Отримані результати дослідження показують необхідність враховувати при налагодженні захисної апаратури для захисту силових кіл електрорухомого складу від коротких замикань на базі мікропроцесорів вплив динамічної індуктивності обмоток збудження.

Список використаних джерел

1. Карзова, О.О. Пристрій захисту силових кіл електрорухомого складу на новій елементній базі [Текст] / О.О. Карзова // Вісн. НТУ «ХП». – 2011. – № 34. – С. 116-119.
2. Пат. 65719 Україна, МПК' (2011.01) H01H 83/00. Електронний блок захисту тягових електродвигунів електровоза постійного струму [Текст] / Карзова О.О. (Україна); заявник та патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – № u 2011 06857; заявл. 31.05.2011; опубл. 12.12.11, Бюл. № 23.
3. Висин, Н.Г. Модернізація силовой схеми електровоза ДЭ1 [Текст] / Н.Г. Висин, Б.Т. Власенко, А.И. Кийко, В.В. Ковалев // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В.Лазаряна. – 2009. – Вип. 26. – С. 43-50.
4. Муха, А.Н. Повышение надежности эксплуатируемого электроподвижного состава путем применения релейной аппаратуры на современной элементной базе [Текст] / А.Н. Муха // Вісн. Харк. держ. політехн. ун-ту. Збірник наук. праць. - 2000. – Вип. 113. - С. 222-224.
5. Устименко, Д.В. Мікропроцесорний пристрій захисту двигунів від струмів короткого замикання [Текст] / Д.В. Устименко // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В.Лазаряна. – 2010. – Вип. 32. – С. 184-185.
6. Электровоз магистральный ДЭ-1. Техническое описание. [Текст] ЗТП.000.020-03 ТО. – 1999. – 188 с.
7. Дубинець, Л.В. Швидкість зміни струму при короткому замиканні в силових колах електрорухомого складу з урахуванням вихрових струмів [Текст] / Л.В. Дубинець, О.О. Карзова, Ю.С. Бондаренко // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип.34. – С. 69-72.
8. Подвижной состав электрических железных дорог. Тяговые электромашины и трансформаторы [Текст] / Д.Д. Захарченко, Н.А. Ротанов, Е.В. Горчаков, П.Н. Шляхто. – М.: «Транспорт», 1968. – 296 с.
9. Радченко, В.Д. Перенапряжения и токи короткого замыкания в устройствах электрифицированных железных дорог постоянного тока [Текст] / В.Д. Радченко, С.Д. Соколов, Н.Д. Сухопрудский. – М.: Гос. трансп. железнодорож. изд-во, – 1959. – 273 с.
10. Устименко, Д.В. Сучасні мікроконтролери в схемах рухомого складу [Текст] / Д.В. Устименко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2007. – Вип. 15. – С. 47-49.

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

Карзова Оксана Олександрівна, канд. техн. наук, б/з, кафедра електротехніки та електромеханіки, ДНУЗТ.
Тел. (056) 373-15-47, E-mail: karzova@i.ua

Karzova Oksana Aleksandrovna, cand. of techn. sciences, associate professor department of electrical engineering and electromechanics Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, Tel.: (056) 373-15-47, E-mail: karzova@i.ua

УДК 656.256

АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ РОБОТИ КІЛ ЖИВЛЕННЯ ПРИСТРОЇВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

Асп. О.Я. Куриленко

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ЦЕПЕЙ ПИТАНИЯ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

Асп. Е.Я. Куриленко

ANALYSIS OF THE FACTORS OF THE WORKING FUNCTIONING THE CHAINS OF THE FEEDING DEVICE RAILWAY AUTOMATION

E. Kurilenko

Ми представляємо результати аналізу показників експлуатаційної роботи галузі автоматики, телемеханіки та зв'язку залізниць України за останні декілька років з метою визначання факторів та причин, які мають суттєвий вплив на надійність роботи цих систем.

Ключові слова: *аналіз, відмова, залізнична автоматика, напруга живлення, провал напруги.*

Мы представляем результаты анализа показателей эксплуатационной работы отрасли автоматики, телемеханики и связи железных дорог Украины за несколько последних лет с целью определения факторов и причин, которые оказывают существенное влияние на надежность этих систем.

Ключевые слова: *анализ, отказ, железнодорожная автоматика, напряжение питания, провал напряжения.*

The level of the system reliability of railway automation is defined in the first place on the grounds of statistics which got from the working enterprise. The Author has analysed factors of the maintenance work of the railway enterprise with standpoint of the influence quality voltages of the feeding on amount refusal device of the railway automation. Practically, each fifth refuse of the device of railway automation it is a connection with voltage of the feeding, but among these refuses - each sixth is conditioned by pulsed collapse of the voltage. Thereby, problem of the study of protection of the chains of the feeding from pulsed collapse is actual. Solve this problem is possible by increasing to stabilities of the power system as a whole that is difficult, or local - compensate these collapses. For this purpose author is offered install the capacitive drives, which will few at a time be connected to chain of the feeding device railway automation.

Keywords: *analysis, refusal, railway automation, voltage feeding, collapse of the voltage.*

Вступ. Стабільна робота пристроїв залізничної автоматики – це одна з головних умов забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті. В той же час, ця стабільна робота пристроїв залізничної автоматики безпосередньо залежить від стабільної безперервної подачі електроенергії від ліній електроживлення, функціонування яких забезпечують відповідні підрозділи служби «Е» залізниць. Контроль рівня напруги у колах живлення залізничної автоматики здійснюють так звані аварійні реле. Якість роботи цих реле є важливою складовою у забезпеченні безпеки руху поїздів.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Напрямок досліджень автора пов'язано з роботою аварійних реле в умовах неякісної електричної енергії систем живлення залізничної автоматики. Завдяки обробці показників експлуатаційної роботи галузі автоматики, телемеханіки та зв'язку за останні декілька років стає можливим визначити та фактори та причини, які мають суттєвий вплив на надійну роботу вище згаданих систем.

Відповідно до Транспортної стратегії України на період до 2020 року ухваленої

розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 р. № 2174-р., однім з головніших пріоритетів розвитку транспорту є технічного переоснащення та модернізації об'єктів інфраструктури залізниць, оптимізації строку експлуатації, технічного обслуговування і ремонту транспортних засобів. Представлена робота дозволяє визначити один із шляхів вирішення проблеми покращення технічного обслуговування та підвищення рівня надійності систем залізничної автоматики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженнями в галузі живлення пристроїв залізничної автоматики та їх захисту присвячені роботи [1,2 та інш.] в яких, як правило, приділялась увага якості живлючої електроенергії та шляхам підвищення її відповідних показників. Саме тому, автор у своїх попередніх дослідженнях приділяв увагу режимам роботи та параметрам аварійних реле залізничної автоматики, які відповідають за перемикання з одного джерела живлення на інше [3-5].

Визначення мети та задачі дослідження. Метою представленої роботи є

встановлення кількісних показників експлуатаційної роботи кіл живлення пристроїв залізничної автоматики та визначення рівня їх впливу на надійну роботу галузі автоматики, телемеханіки та зв'язку залізниць.

Основна частина дослідження. Як відомо [1], пристрої залізничної автоматики отримують живлення від повітряних або кабельних ліній напругою 6-10 кВ змінного струму з подальшим зниженням напруги до рівня 0,4 або 0,23 кВ за допомогою трансформаторів. В основному використовуються схеми електроживлення автоматики побудовані за буферною, безакумуляторною та комбінованою системами живлення. Крім того, на схему живлення суттєвий вплив має функціональне призначення пристроїв автоматики. Так для живлення апаратури сигнальних пристроїв використовується схема представлена на рис. 1, в якій пристрої автоблокування отримують живлення від двох однофазних масляних трансформаторів типу ОМ-10/0,23 потужністю 0,63; 1,25 і 4 кВА, приєднаних до ліній основного живлення ВЛ СЦБ і резервного живлення ВЛ ПЕ.

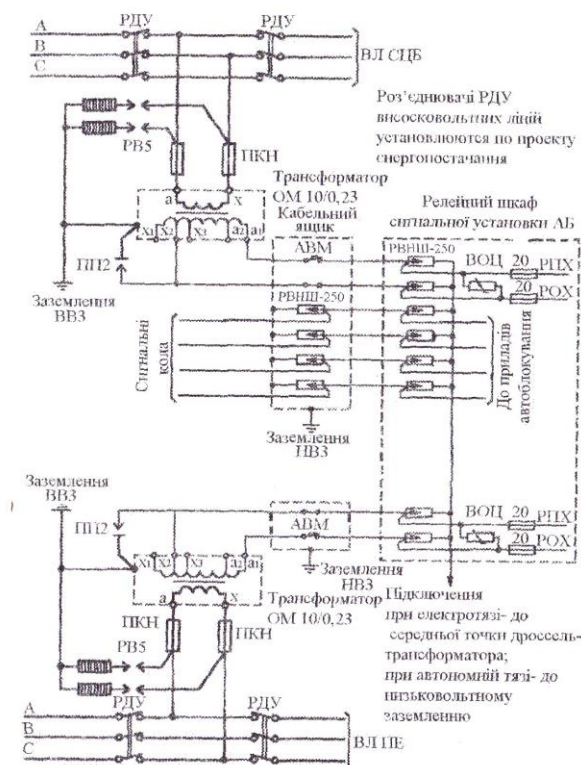


Рис. 1. Підключення електроживлення до сигнальних установок автоблокування

Для живлення релейної шафи переїзду з автошлагбаумом використовується схема представлена на рис. 2 [1].

В схемі (рис. 2) передбачено живлення змінним струмом також від високовольтних ліній ВЛ-СЦБ та ВЛ-ПЕ. Для захисту приладів сигнальної установки від атмосферних перенапруг між живильними проводами ОПХ і ООХ, РПХ і РОХ включені розрядники типу РВНШ-250 і вирівнювачі типу ВОЦШ-220. Запобіжники 20 А призначені для відключення напруги при технічному обслуговуванні. В основній ОПХ-ООХ і резервній РПХ-РОХ фідери електроживлення включені аварійні

реле А та А1 типу АСП2-220. Через посилені контакти реле А напруга подається в живильні проводи ПХ і ОХ. Реле А та А1 використовуються для контролю наявності напруги у фідерах живлення в пристроях диспетчерського контролю.

Для живлення лінійних кіл автоблокування, живлення світлофорів, пристроїв диспетчерської централізації та інших систем, використовуються схеми живлення за структурою близькі до представлених на рис. 1 та 2, тому немає потреби їх приводити.

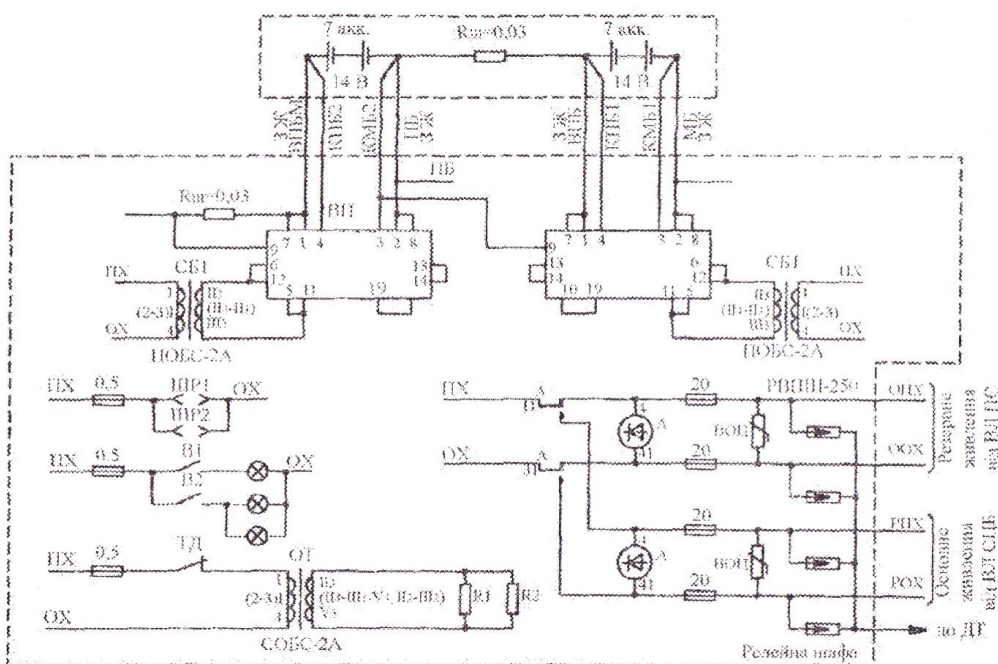


Рис. 2. Схема живлення релейної шафи переїзду з авто шлагбаумом

Стабільна робота пристроїв залізничної автоматики – це одна з головних умов забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті. В той же час, ця стабільна робота пристроїв залізничної автоматики безпосередньо залежить від стабільної безперервної подачі електроенергії від ліній електроживлення (рис. 1 та 2), функціонування яких забезпечують відповідні підрозділи служби «Е» залізниць.

Проведений автором аналіз показників експлуатаційної роботи галузі автоматики,

телемеханіки та зв'язку за 2006 - 2011 роки дозволив встановити:

- розподіл відмов пристроїв СЦБ за господарствами Укрзалізниці;
- якісний склад відмов пристроїв СЦБ за вини служби «Е»;
- розподіл відмов пристроїв СЦБ за вини служби «Е» по залізницях.

Представимо ці дані на прикладі аналізу 2011 року (рис. 3-5).

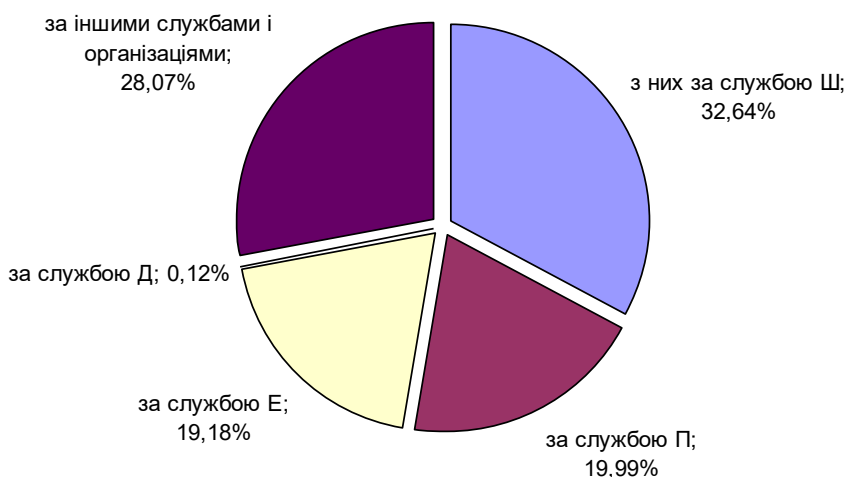


Рис. 3. Розподіл відмов пристроїв СЦБ за господарствами за 2011 рік в цілому по Укрзалізниці

Як бачимо з рис. 3 на долю відмов за вини служби «Е» у 2011 році приходить 19,18%, тобто кожен п'ятий випадок відмови пристроїв залізничної автоматики пов'язано з

роботою пристроїв, що знаходяться в підпорядкуванні служби «Е». Якісний склад відмов серед цих 19,18% по «Укрзалізниці» представлено на рис. 4.



Рис. 4. Якісний склад відмов за вини служби «Е» у 2011 році

Як бачимо з рис. 4 на долю відмов, що пов'язані зі зникнення живлючої напруги приходить 86%. В цьому випадку живлення пристроїв автоматики переводиться на резервні лінії (рис. 1, 2). У разі підвищення напруги, що може бути пов'язано з грозовими перенапругами, у схемах передбачені, як

вказувалось раніш, обмежувачі перенапруг [6-9]. При зниженні живлючої напруги схеми перемикаються на резервні джерела, за допомогою аварійних реле [10].

Щодо розподілу відмов СЦБ за вини служби «Е» по залізницях у 2011 році відмітимо, що з причини перепадів напруги

Автоматизовані системи електричного транспорту

живлення кількість відмов по залізницях знаходиться на рівні 10..15%, за виключенням Південної залізниці (0,83%), що в цілому

показало долю таких відмов по «Укрзалізниці» на рівні 7%.

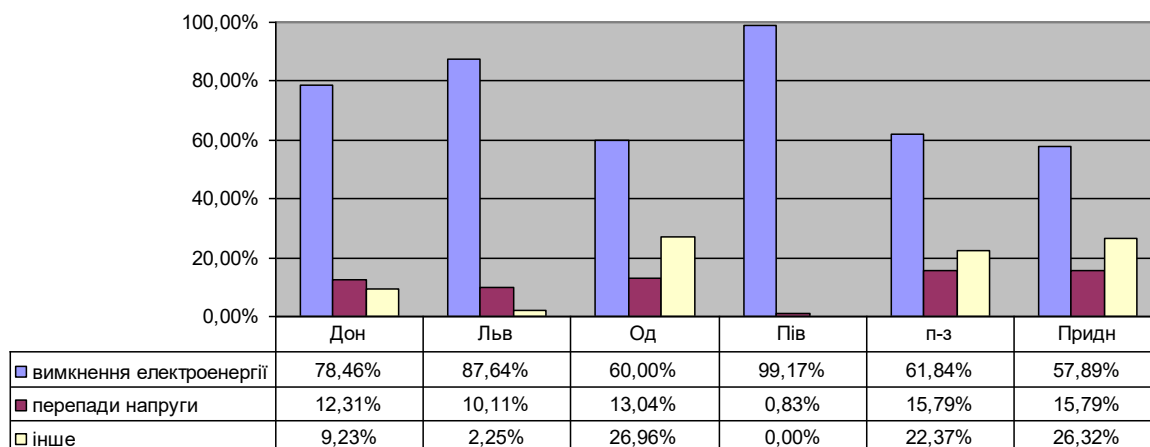


Рис. 5. Розподіл відмов пристроїв СЦБ за вини служби «Е» по залізницях у 2011 році

Якщо проаналізувати дані, щодо розподілу відмов пристроїв СЦБ за вини служби «Е» за останні роки (рис. 6) по залізницях, стає зрозумілим, що перепади напруги носять імовірнісний характер та не залежать від роду тягового струму залізниць. Так на Південній залізниці, що електрифіко-

вана змінним струмом, та на Придніпровській залізниці, що електрифікована постійним струмом, показники розподілу відмов пристроїв СЦБ з причин перепадів напруги живлення пристроїв автоматики, знаходяться майже на однаковому відсотковому рівні (не більш 13%) по різних роках.

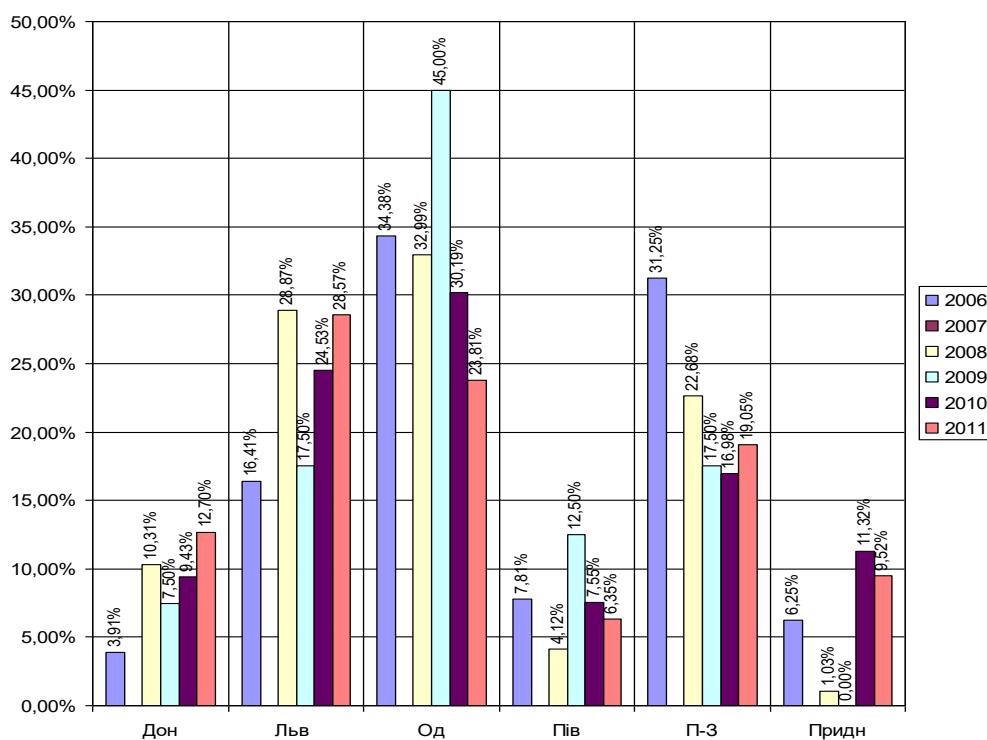


Рис. 6. Розподіл кількості відмов пристроїв СЦБ з причин перепадів напруги живлення пристроїв автоматики на різних залізницях України за 2006...2011 роки

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку

Проведений аналіз показників експлуатаційної роботи дозволяє зробити наступні висновки.

1. У середньому від 7% до 13 % відмов пристроїв залізничної автоматики за вини служби «Е» пов'язані з імпульсними провалами напруги живлення.

2. Проблема якості живлючої електричної енергії може бути вирішена лише по всій енергосистемі, що є досить складно. Тому автором пропонується застосовувати технічні засоби корегування показників якості

електричної енергії, безпосередньо у колах споживача.

3. Імпульсні провали напруги живлення мають, як правило, незначну тривалість і пов'язані з підключенням або відключенням потужних споживачів, тому у подальших дослідженнях автор пропонує дослідити питання компенсування провалів напруги за допомогою короткочасного підключення попередньо заряджених ємнісних накопичувачів до кіл живлення пристроїв автоматики, що дозволить зменшити кількість хибних спрацьовувань аварійних реле.

Список використаних джерел

1. Сиченко, В.Г. Електроживлення систем залізничної автоматики: монографія [Текст] / В.Г. Сиченко, В.І. Гаврилук. – Дн-вськ: Вид-во Маковецький, 2009. – 372 с.
2. Костроминов, А.М. Защита устройств железнодорожной автоматики и телемеханики от помех [Текст] / А.М. Костроминов. - М.: Транспорт, 1997. – 192 с.
3. Куриленко, О.Я. Стендові дослідження напруги відпускання аварійних реле [Текст] / О.Я. Куриленко // Зб. наук. праць ДонІЗТ. – Донецьк: ДонІЗТ, 2013. - №36. - С.34-38.
4. Куриленко, О.Я. Експериментальне визначення мінімальної напруги спрацьовування аварійних реле залізничної автоматики [Текст] / О.Я. Куриленко // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 141. – С. 240-246.
5. Куриленко, О.Я. Визначення часу відпускання аварійних реле при різних рівнях напруги живлення [Текст] / О.Я. Куриленко // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 140. - С. 110-115.
6. Коган, Д.А. Аппаратура электропитания железнодорожной автоматики [Текст] / Д.А. Коган, М.М. Молдавский. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 438 с.
7. Михайлов, А.Ф. Электропитание устройств и линейные сооружения автоматики телемеханики и связи железнодорожного транспорта [Текст]: учебник для техникумов ж.д. транспорта / А.Ф. Михайлов, Л. А. Частоедов. – М.: Транспорт, 1987. – 383 с.
8. Дмитриев, В.Р. Электропитающие устройства железнодорожной автоматики, телемеханики и связи [Текст]: справочник / В.Р. Дмитриев, В.И. Смирнова. – М.: Транспорт, 1983. – 248 с.
9. Інструкція з технічного обслуговування і ремонту пристроїв електропостачання систем сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) (ЦЕ-0033) [Текст] / Державна адміністрація залізничного транспорту України. Укразалізниця. Наказ №048-Ц від 09.02.2012 р. – К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2012. – 54 с.
10. Сороко, В.И. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст]: справочник / В.И. Сороко, Б.А. Разумовский. – М.: Транспорт, 1981. – 399 с.

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

Куриленко О.Я., аспірантка кафедри електропостачання залізниць, ДНУЗТ, тел. (056) 3737-15-25. E-mail: elena.kyrilenko@gmail.com

Kurilenko Elena, postgraduate student. Electricity of railways department, DNURT. Tel.: (056) 3737-15-25. E-mail: elena.kyrilenko@gmail.com

УДК 621.313.2:621.317.3

ИНЖЕНЕРНИ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКВІВАЛЕНТНОГО СТРУМУ ЕЛЕКТРОДВИГУНА КОМПРЕСОРА ЗА ЧАС ПУСКУ

Канд. техн. наук Р.В. Краснов

ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОГО ТОКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ КОМПРЕССОРА ЗА ВРЕМЯ ПУСКА

Канд. техн. наук Р.В. Краснов

ENGINEERING METHODS FOR DETERMINING THE EQUIVALENT CURRENT OF THE ELECTRIC MOTOR OF THE COMPRESSOR DURING START-UP

Cand. of techn. sciences R. Krasnov

У статті наведено приклади визначення еквівалентного струму за час пуску електродвигуна компресора двома методами: графічним та з допомогою ЕОМ з відповідним програмним забезпеченням. Значення еквівалентного струму за визначений час (наприклад, час пуску) використовується для оцінки термічного впливу цього струму на ізоляцію електродвигуна.

Ключові слова: еквівалентний струм, електродвигун компресора, нагрівання ізоляції, електропоїзд, постійний струм, пуск.

В статье приведены примеры определения эквивалентного тока за время пуска электродвигателя компрессора двумя методами: графическим и с помощью ЭВМ с соответствующим программным обеспечением. Значение эквивалентного тока за определенное время (например, время пуска) используется для оценки термического влияния этого тока на изоляцию электродвигателя.

Ключевые слова: эквивалентный ток, электродвигатель компрессора, нагрев изоляции, электропоезд, постоянный ток, пуск.

The article presents examples of the determination of an equivalent current during the start of the compressor motor in two ways: by using the graphical and computer with the appropriate software. Equivalent current value for a certain time (for example, the time of start) is used to estimate the thermal effect of this current on the motor insulation.

With the current waveforms of the compressor motor electric DC ER- 1, which is obtained by an experimental during startup, a graphical method to determine the equivalent current. With this method current waveforms using a computer with appropriate software also determined the equivalent current during start-up. When comparing the results obtained shown that the error does not exceed 1 %. This indicates that the computer software is selected correctly and can later be used to facilitate the calculations.

Keywords: equivalent current, electric motor of compressor, heat insulation, electric rolling stock, direct current, launch.

Вступ. Дослідження в даній статті відносяться до галузі допоміжних тягових електричних машин постійного струму електрорухомого складу.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Визначення еквівалентного струму за певний проміжок часу необхідний для оцінки ступеню термічного впливу на ізоляцію електродвигуна.

Існує багато способів по визначенню такого струму, але всі вони є трудомісткими для дослідника.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Даній проблемі присвячені роботи таких вчених, як Чилікін М.Г., Находкін М.Д., Курбасов А.С. [1-3].

Визначення мети та задачі дослідження. Метою даної роботи є полегшення процесу дослідження по визначенню

еквівалентного струму з допомогою ЕОМ. Для цього в роботі наведено приклад користування програмним забезпеченням для вирішення вказаної проблеми.

Основна частина дослідження. Для досліджень впливу струму на нагрівання ізоляції під час пуску електродвигуна компресора необхідно визначити еквівалентний струм за цей час.

Під еквівалентним (діючим) значенням струму $I_{\text{екв}}$ слід розуміти значення такого постійного струму, який, проходячи по обмотці якоря двигуна протягом часу пуску, виділить в

ньому таку ж кількість тепла як і реальний струм, що змінюється за нелінійним законом.

Визначити еквівалентний струм за час пуску пропонується двома методами: графічним та з допомогою ЕОМ зі спеціальними прикладними програмами.

1. Визначення еквівалентного струму під час пуску електродвигуна компресора графічним методом. За основу для розрахунку приймаємо частину осцилограми струму (точки 1-2-3) при пуску електродвигуна (ЕД) компресора електропоїзда ЭР-1, що приведена на рис. 1 [4-6].

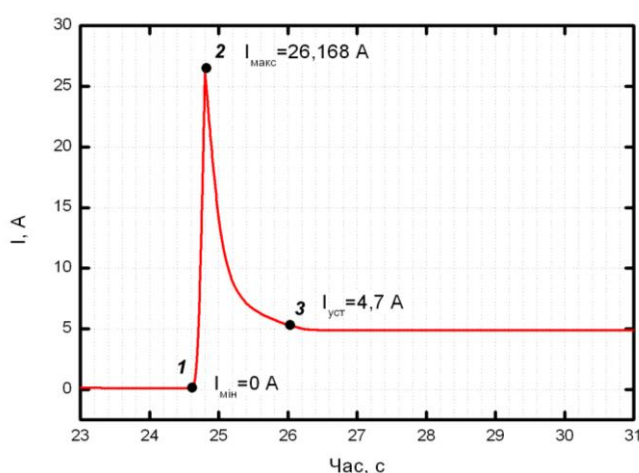


Рис. 1. Осцилограма $i_{\text{я}}(t)$ при дослідженні пуску ЕД компресора електропоїзда ЭР-1

На рис. 1: точка 1 – момент подачі напруги на електродвигун; точка 2 – момент часу, що відповідає максимальному пусковому струму; точка 3 відповідає часу 1,2 с після моменту подачі напруги. Після точки 3

швидкість зміни струму $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ за той же час 1,2 с

буде значно менше 10 % в порівнянні з попереднім інтервалом і тому вважається, що процес пуску ЕД компресора завершено в точці 3. Для підвищення точності подальшого розрахунку $I_{\text{екв}}$ графічним методом необхідно вказану частину осцилограми збільшити у масштабі і розбити криву струму на достатню кількість однакових інтервалів. Після цього по отриманим точкам побудувати залежність $I^2 = f(t)$ і спланіметрувати її (знайти

прямокутник з основою 1,2 с та висотою $I_{\text{екв}}^2$, площа якого дорівнює площі, обмеженої кривою $I^2 = f(t)$ від 0 до 1,2 с.), отримавши при цьому значення $I_{\text{екв}}^2$ (рис. 2)) [1, 7].

Пропонується наступний порядок визначення $I_{\text{екв}}^2$:

1) Розбиваємо час пуску $t_{\text{п}}$ на n однакових інтервалів.

2) По кривій $I_{\text{я}}^2 = f(t)$ знаходимо відповідні значення струму, як середні значення на кожному інтервалі часу.

3) Сумарна площа $S_{\text{с}}$, обмежена кривою $I_{\text{я}}^2 = f(t)$ та віссю абсцис при $t_{\text{п}} = 1,2$ с:

$$S_e = \sum_0^n \frac{t_{\Pi}}{n} \times \frac{I_n^2 + I_{n+1}^2}{2}. \quad (1)$$

$$I_{\text{екв}}^2 = \frac{S_e}{t_{\Pi}} = \frac{1}{t_{\Pi}} \left(\sum_0^n \frac{t_{\Pi}}{n} \times \frac{I_n^2 + I_{n+1}^2}{2} \right) = \sum_0^n \frac{1}{n} \times \frac{I_n^2 + I_{n+1}^2}{2}, \quad (2)$$

де $n=0...24$ – запропонована кількість однакових інтервалів часу, на які поділено час пуску $t_{\Pi}=1,2$ с. Досвід показує, що при $n=24$ отримуємо раціональну кількість інтервалів при достатній точності визначення $I_{\text{екв}}^2$;

I_n^2, I_{n+1}^2 – відповідно миттєві значення квадратів струму на початку і в кінці кожного інтервалу часу пуску;

$\frac{I_n^2 + I_{n+1}^2}{2}$ – середнє значення струму $I_{\text{я}}^2$ на n -му інтервалі пуску.

Кількість інтервалів часу $n=24$ визначено наступним чином. Пропонується розділити час $0,1$ с – від $t=0$ до $t=0,1$ с (точка А – максимум кривої струму на рис. 2) на два інтервали. Отримали тривалість кожного інтервалу $\Delta t = \frac{0,1}{2} = 0,05$ с. Тоді кількість однакових інтервалів протягом часу $t_{\Pi}=1,2$ с дорівнює $\frac{1,2}{0,05} = 24$.

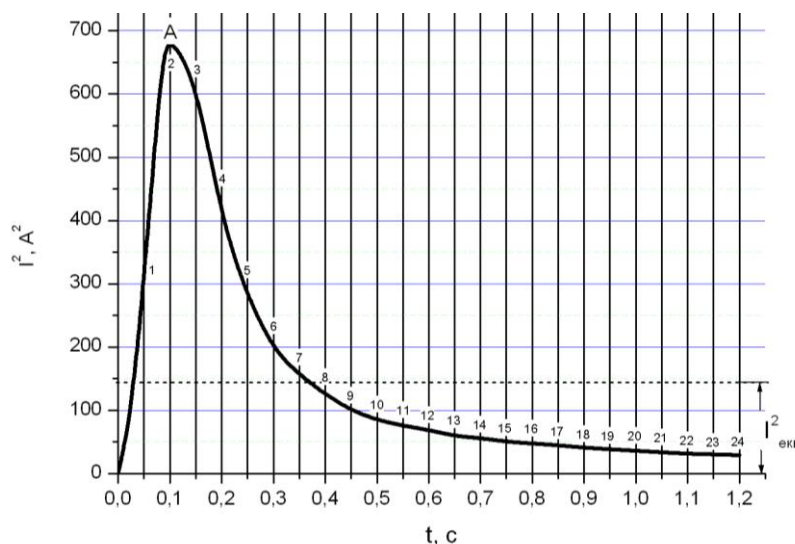


Рис. 2. Крива струму $I_{\text{я}}^2(t)$ для визначення діючого значення струму $I_{\text{екв}}$ за період пуску $1,2$ с

Наведемо приклад розрахунку згідно з рис. 2:

$$S_{0-1} = \left(\frac{0 + I_1^2}{2} \right) \cdot 0,05 = \left(\frac{256,6}{2} \right) \cdot 0,05 = 6,42 \text{ A}^2 \text{ c};$$

$$S_{2-3} = \left(\frac{I_2^2 + I_3^2}{2} \right) \cdot 0,05 = \left(\frac{681,2 + 590,5}{2} \right) \cdot 0,05 = 31,8 \text{ A}^2\text{c};$$

$$S_{3-4} = \left(\frac{I_3^2 + I_4^2}{2} \right) \cdot 0,05 = \left(\frac{590,5 + 410,9}{2} \right) \cdot 0,05 = 25,04 \text{ A}^2\text{c}.$$

Аналогічно проведемо розрахунок для всіх інших інтервалів, а отримані результати зведемо в табл. 1.

Таблиця 1

$S_{4-5} = 17,22 \text{ A}^2\text{c}$	$S_{5-6} = 11,89 \text{ A}^2\text{c}$	$S_{6-7} = 8,85 \text{ A}^2\text{c}$	$S_{7-8} = 7,02 \text{ A}^2\text{c}$	$S_{8-9} = 5,65 \text{ A}^2\text{c}$
$S_{9-10} = 4,68 \text{ A}^2\text{c}$	$S_{10-11} = 4,04 \text{ A}^2\text{c}$	$S_{11-12} = 3,59 \text{ A}^2\text{c}$	$S_{12-13} = 3,2 \text{ A}^2\text{c}$	$S_{13-14} = 2,9 \text{ A}^2\text{c}$
$S_{14-15} = 2,68 \text{ A}^2\text{c}$	$S_{15-16} = 2,49 \text{ A}^2\text{c}$	$S_{16-17} = 2,32 \text{ A}^2\text{c}$	$S_{17-18} = 2,14 \text{ A}^2\text{c}$	$S_{18-19} = 1,99 \text{ A}^2\text{c}$
$S_{19-20} = 1,86 \text{ A}^2\text{c}$	$S_{20-21} = 1,73 \text{ A}^2\text{c}$	$S_{21-22} = 1,62 \text{ A}^2\text{c}$	$S_{22-23} = 1,54 \text{ A}^2\text{c}$	$S_{23-24} = 1,47 \text{ A}^2\text{c}$

$$\begin{aligned} \sum S_{1-24} &= 6,42 + 23,45 + 31,8 + 25,04 + 17,22 + 11,89 + 8,85 + 7,02 + 5,65 + \\ &+ 4,68 + 4,04 + 3,59 + 3,2 + 2,9 + 2,68 + 2,49 + 2,32 + 2,14 + 1,99 + 1,86 + 1,73 + \\ &+ 1,62 + 1,54 + 1,47 = 175,59 \end{aligned}$$

$$I_{\text{екв}}^2 = \frac{175,59 \text{ A}^2\text{c}}{1,2 \text{ c}} = 146,3 \text{ A}^2; I_{\text{екв}} = \sqrt{146,3} = 12,1 \text{ A}.$$

2. Визначення еквівалентного струму під час пуску електродвигуна компресора за допомогою ЕОМ

Визначення еквівалентного струму графічним методом є трудомістким процесом. Тому пропонується використати ЕОМ з відповідним програмним забезпеченням. Пропонується програма Origin 6.1.

Побудувавши за допомогою програми Origin 6.1 криву $I_{\text{я}}^2(t)$ згідно з осцилограмою (рис. 1), проводиться інтегрування (в меню Analysis вибираємо Calculs, а потім Integrate) і отримуємо наступні результати [8]:

```
Integration:
i = 0 --> 676 A
x = 0 --> 1,2 c
Area (Площа)
-----
180,13 A2c
```

В даному випадку площа фігури, обмеженої кривою $I_{\text{я}}^2(t)$ на інтервалі часу 0-1,2 с складає 180,13 A^2c . Для отримання

еквівалентного струму $I_{\text{екв}}$ необхідно цю площу розділити на 1,2 с і з отриманої величини добути квадратний корінь. Тоді еквівалентний струм відповідно до осцилограми рис. 1 та побудованої кривої струму за допомогою програми Origin 6.1 рис. 2 становить $I_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{180,13}{1,2}} = 12,25 \text{ A}$.

Якщо порівняти діюче значення струму, отриманого графічним способом з тим, що отримано за допомогою ЕОМ, можемо зробити наступний висновок – величина розбіжності складає $(12,25 - 12,1) / 12,25 \times 100 \% = 1,2 \%$, що підтверджує правильність вибору програмного забезпечення для ЕОМ.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Для реального застосування у теперішній час (наприклад для визначення нагрівання ізоляції під час пуску) рекомендується визначати $I_{\text{екв}}$ за допомогою ЕОМ, як більш точний і менш трудомісткий метод.

Список використаних джерел

1. Чиликин, М.Г. Общий курс электропривода [Текст] / М.Г. Чиликин. – М.: Энергия, 1971. – 432 с.
2. Находкин, М.Д. Электрические машины постоянного тока [Текст] / М.Д. Находкин. – М.: Транспорт, 1960. – 325 с.
3. Курбасов, А.С. Повышение работоспособности тяговых электродвигателей [Текст] / А.С. Курбасов. – М.: Транспорт, 1977. – 275 с.
4. Краснов, Р.В. Підвищення надійності електродвигунів компресорів електропоїздів постійного струму: дис... канд. техн. наук: 05.22.09 [Текст] / Р.В. Краснов. – Дніпропетровськ: 2012. – 220 с.
5. Краснов, Р.В. Оцінка впливу перегріву ізоляції електродвигуна компресора електропоїзда постійного струму ЕР-1, ЕР-2 при неномінальних режимах роботи на термін її служби [Текст] / Р.В. Краснов // Гірнична електромеханіка та автоматика: наук.-техн. зб. – 2011.– Вип. 86. – С. 167-171.
6. Цукало, П.В. Электropоезда ЭР2 и ЭР2Р [Текст] / П.В. Цукало, Н.Г. Ерошкин. – М.: «Транспорт», 1986. – 359 с.
7. Теоретичні основи електротехніки. У 3-х т. [Текст]: підручник для вузів. Т.1 / М.О. Костін, О.Г. Шейкіна. – Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2006. – 336 с.
8. Исакова, О.П. Обработка и визуализация данных физических экспериментов с помощью пакета Origin Учебно-методическое пособие. [Текст] / О. П. Исакова, Ю. Ю. Тарасевич. – Астрахань: – 2007. – 67 с.

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

Краснов Роман Володимирович, канд. техн.наук, б/з, кафедра електротехніки та електромеханіки, ДНУЗТ. Тел. (056) 373-15-47, E-mail: krasnov_rv@i.ua

Krasnov R.V., cand. of techn. sciences, associate professor department of electrical engineering and electromechanics Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, Tel.: (056) 373-15-47, E-mail: krasnov_rv@i.ua

ТЕХНОЛОГІЯ МЕТАЛІВ ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

УДК 621.8

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Д-р техн. наук С.С. Тимофеев, асп. А.Ю. Дёмин

ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Д-р техн. наук С.С. Тимофеев, асп. А.Ю. Дьомін

CHOICE OF TECHNOLOGY FOR THE RESTORATION OF PARTS OF THE TRANSPORT DESTINATION

Doct. of techn. sciences S.S. Timofeyev, postgraduate A.Y. Dyomin

В статье выполнен анализ эффективности функционирования систем ремонта транспортных средств. Выяснено, что увеличение количества отказов агрегатов и узлов средств транспорта происходит вследствие недостаточного качества организации системы ремонта. Предлагается использовать комплексную технологию восстановления работоспособности деталей транспортного назначения в цикле возобновления ресурса деталей как средства повышения эффективности функционирования ремонтного хозяйства в целом.

Ключевые слова: эксплуатационный ресурс, восстановление, работоспособность, коленчатый вал.

У статті виконано аналіз ефективності функціонування систем ремонту транспортних засобів. З'ясовано, що збільшення кількості відмов агрегатів і вузлів засобів транспорту відбувається внаслідок недостатньої якості організації системи ремонту. Пропонується використовувати комплексну технологію відновлення працездатності деталей транспортного призначення в циклі відновлення ресурсу деталей як засобу підвищення ефективності функціонування ремонтного господарства в цілому.

Ключові слова: експлуатаційний ресурс, відновлення, працездатність, колінчастий вал.

The article analyzed the system performance of repairs the transport vehicles.

Found that increasing the number of failures units and units of transport vehicles is due to the insufficient quality of the organization of the production system repair.

The opportunity to improve the organization of repair economy, due to the new purpose of functioning - the maximum resource renewal parts components and assemblies with limited resources spent in the system. A comprehensive recovery technology of diesel crankshaft of the transport destination, that meets the requirements to ensure the durability of the parts at the lowest cost to restore it.

As a result of the technology recovery obtained new tribotechnical properties of the surface details that can improve the service life of the crankshaft, as well as the performance of transport diesel in general.

Keywords: service life, repair, working capacity, crankshaft.

Постановка проблеми. В современных условиях интенсификации работы транспортных средств значительно возрастают требования к их надежности в эксплуатации,

более высокому уровню обслуживания и пригодности к ремонту. В этой связи специалисты многих стран стремятся изменить подходы к технологии технического

обслуживания и ремонта средств транспорта, чтобы максимально увеличить эффективность их работы, улучшить использование материалов и рабочей силы, а также минимизировать время простоя и количество неисправностей узлов.

В связи с этим увеличение ресурса эксплуатации деталей агрегатов и узлов единиц транспортных средств, после ремонта и в процессе их изготовления, до уровня или превышающего уровень технического состояния новых деталей, является актуальной задачей [1].

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время на предприятиях железнодорожного транспорта Украины используется планово-предупредительная система ремонта подвижного состава.

Для оценки эффективности функционирования систем ремонта средств транспорта предлагается использовать следующие характеристики: коэффициент полноты восстановления ресурса единиц подвижного состава η и параметр потока отказов $\omega(x)$ [2].

Коэффициент полноты восстановления ресурса характеризует возможность сокращения ресурса после ремонта, т.е. качество произведенного ремонта $0 \leq \eta \leq 1$. После k -го отказа

$$\eta_k = \frac{X'_{k,k+1}}{X'_1}, \quad (1)$$

где $X'_{k,k+1}$ – средняя наработка между k -м и $k+1$ -м отказом;

X'_1 – средняя наработка до первого отказа.

Параметр потока отказов $\omega(x)$ – плотность вероятности возникновения отказа восстанавливаемого узла, определяемая для данного момента времени (пробега), или относительное число отказов, поступающих для устранения, приходящееся на единицу времени работы соответствующего подразделения

$$\omega(x) = \frac{d\Omega(x)}{d(x)} = \sum_{k=1}^{\infty} f_k(x), \quad (2)$$

где $\Omega(x)$ – функция восстановления;
 $f_k(x)$ – плотность вероятности возникновения k -го отказа.

Планово-предупредительная система ремонта имеет средний уровень стабильности и надежности функционирования. Большая часть подвижного состава железных дорог Украины проходит техническое обслуживание и ремонтируется в плановом порядке. До 30 % объемов работ приходится на внеплановые ремонты. При таких условиях характерно полное восстановление ресурса после каждого отказа $x'_{11} = x'_{12} = x'_{23} = x'_{k-1,k} = const; \eta = 1$. При этом происходит стабилизация параметра потока отказов на уровне $\omega(x) = \omega(x) = 1/x'_1$ (рис. 1).

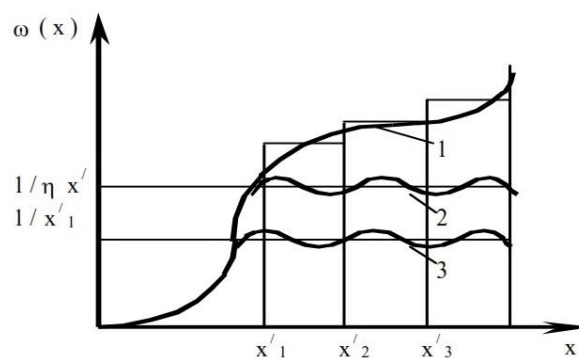


Рис. 1. Характеристика функционирования ремонтных подразделений планово-предупредительной системы ремонта

Количество неисправных и находящихся в ремонте локомотивов и вагонов в среднем составляет 12–15 % парка. Планово-предупредительный уровень организации ремонтов наблюдается на благополучных в экономическом отношении, высокорентабельных предприятиях, имеющих мощную ремонтную базу. При всех положительных моментах данного уровня организации в последнее время в развитии предприятий железнодорожного транспорта наблюдаются следующие негативные моменты. В годовой программе фактически выполняемых ремонтов увеличивается доля менее

дорогостоящих деповских ремонтов и уменьшается – более дорогостоящих и трудоемких заводских. Снижается среднее время нахождения локомотивов и вагонов непосредственно в ремонте ввиду отсутствия в оборотном фонде необходимых запасных частей. Как следствие – ухудшается качество ремонтов, растет простой подвижного состава в ожидании ремонтов.

При данном уровне организации суммарные затраты на ремонт подвижного состава достаточно велики, но удельные приведенные затраты на содержание единицы подвижного состава – минимальные. Также стоит отметить, что с учетом неиспользуемых резервов и наличия избыточных трудовых и материальных ресурсов эффективность данной системы ремонта нельзя признать достаточной.

Для повышения эффективности и перехода на более высокий уровень организации ремонтного хозяйства необходимо изменить цели функционирования, решаемые задачи и осуществить соответствующие структурно-функциональные преобразования [2].

Постановка задачи. Целью статьи является обоснование выбора комплексной технологии восстановления коленчатого вала дизелей транспортного назначения с учетом технических, экономических и организационных факторов.

Основной материал исследования. В силу недостаточного (неполного) возобновления ресурса деталей агрегатов и узлов подвижного состава железных дорог Украины, при сохранении межремонтных сроков на прежнем уровне, наблюдается интенсивный износ подвижного состава за счет исчерпания его запаса прочности и резерва надежности, заложенных в конструкцию. Увеличивается количество отказов агрегатов и узлов локомотивов и вагонов, происходит дальнейшее снижение качества транспортного обслуживания производственной системы.

Поэтому в настоящий момент первостепенной задачей является замена существующей цели функционирования системы планово-предупредительного ремонта – минимум расходования ресурсов при выполнении заданного объема ремонтов, на новую цель – максимум возобновления ресурса деталей узлов и агрегатов подвижного состава

при ограниченном объеме расходуемых в системе ресурсов.

В настоящее время ремонтные предприятия располагают значительным количеством способов восстановления деталей, которые применяют для устранения разнообразных дефектов (износы, механические повреждения, трещины и др.). Для восстановления одной и той же детали пригодны несколько способов, часто неравноценных по своим технико-экономическим показателям. Поэтому обоснование выбора оптимального способа восстановления детали или группы деталей является важной и сложной задачей, которую следует решать в комплексе технических, экономических и организационных вопросов.

Прежде чем выбрать рациональный способ восстановления, необходимо решить вопрос о целесообразности восстановления деталей того или иного наименования. При этом большое значение имеет качественное проведение дефектовочных работ, содержанием которых является контроль и определение технического состояния деталей, их сортировка по группам: годные, негодные и подлежащие восстановлению. Собранные материалы по дефектации и сортировке способствуют разработке более совершенных технологических процессов, оказывают влияние на качество и надежность отремонтированных машин.

Для выбора рационального способа восстановления деталей целесообразно пользоваться методикой, основанной на последовательном рассмотрении восстановления деталей согласно трем критериям: применимости, долговечности, технико-экономической эффективности [3,4].

Критерий применимости не выражается числом, а является предварительным критерием. Он дает возможность определить способы, с помощью которых группы деталей могут быть восстановлены, т.е. позволяет классифицировать детали по способам их восстановления.

С помощью критерия долговечности, численно определяемого коэффициентом долговечности K_d , из числа способов, отвечающих критерию применимости, выбирают способы, восстановление которыми обеспечивает последующий межремонтный срок службы деталей.

В ремонтной практике трущиеся пары могут сопрягаться в различных сочетаниях: восстановленные детали с восстановленными; восстановленные детали с новыми; восстановленные детали с деталями, бывшими в эксплуатации, но с допустимым износом; новые детали с деталями с допустимым износом и др. Наибольшую интенсивность износа имеют соединения восстановленных или новых деталей, работающих в паре с деталями с допустимым износом. Ресурс таких соединений снижается на 11–56,4 %. Поэтому технико-экономическое обоснование для выбора оптимального способа восстановления следует давать не для одной изношенной детали, а для трущейся пары, т. е. для соединений [5].

Для соединения коэффициент долговечности K_D выражается как отношение полного ресурса восстановленной детали $T_{П.В}$ к ресурсу новой T_N . В работе [6] K_D назван коэффициентом восстановления ресурса соединения K_C , что наиболее полно отражает характер его значения:

$$K_D = K_C = T_{П.В} / T_N, \quad (3)$$

Для того чтобы решить вопрос выбора способа восстановления, рационального для конкретной детали, необходимо найти числовое значение технико-экономического критерия. Для этого следует рассчитать себестоимость восстановления детали C_B , которая учитывает суммарные затраты на восстановление детали:

$$C_B = C_{П} + C_{Н.П} + C_M, \quad (4)$$

где $C_{П}$ – затраты на подготовку детали к нанесению покрытий, грн;

$C_{Н.П}$ – затраты на нанесение покрытий, грн;

C_M – затраты на механическую обработку детали, грн.

Выбор рационального способа по приведенным критериям характеризует в основном качественную и технико-экономическую стороны, касающиеся

восстановления конкретных деталей с учетом условий их эксплуатации, геометрических, физико-механических, конструктивно-технологических особенностей. В то же время полная себестоимость восстановления зависит от годовой программы восстановления и расходов на транспортирование ремонтного фонда. Поэтому при окончательном выборе способа восстановления деталей для ремонтного предприятия следует учитывать и эти факторы [7].

Таким образом, для выбора рационального способа восстановления необходимо учитывать комплекс взаимосвязанных факторов.

В связи с этим предлагается использовать комплексную технологию восстановления работоспособности коленчатого вала дизелей транспортного назначения, которая отвечает всем критериям модели оценки способов и технологий восстановления. Данная технология включает в себя термическую обработку и нанесение антифрикционного слоя в одном технологическом цикле. Полученные новые эксплуатационные свойства поверхности позволяют повысить работоспособность пары шейка-вкладыш и коленчатого вала в целом [8,9].

Задачу оптимизации технологического процесса восстановления по предложенной методике можно решить, используя теорию графов, которая дает представление о возможных вариантах технологических операций, обеспечивающих минимальное значение целевой функции (рис. 2) [10].

Выводы. Разработана комплексная технология восстановления коленчатого вала дизелей транспортного назначения, которая отвечает требованиям по обеспечению долговечности работы детали при наименьших затратах на ее восстановление. В результате применения предлагаемой технологии восстановления получены новые триботехнические свойства поверхности детали, которые позволяют повысить эксплуатационный ресурс коленчатого вала, а также работоспособность транспортных дизелей в целом.

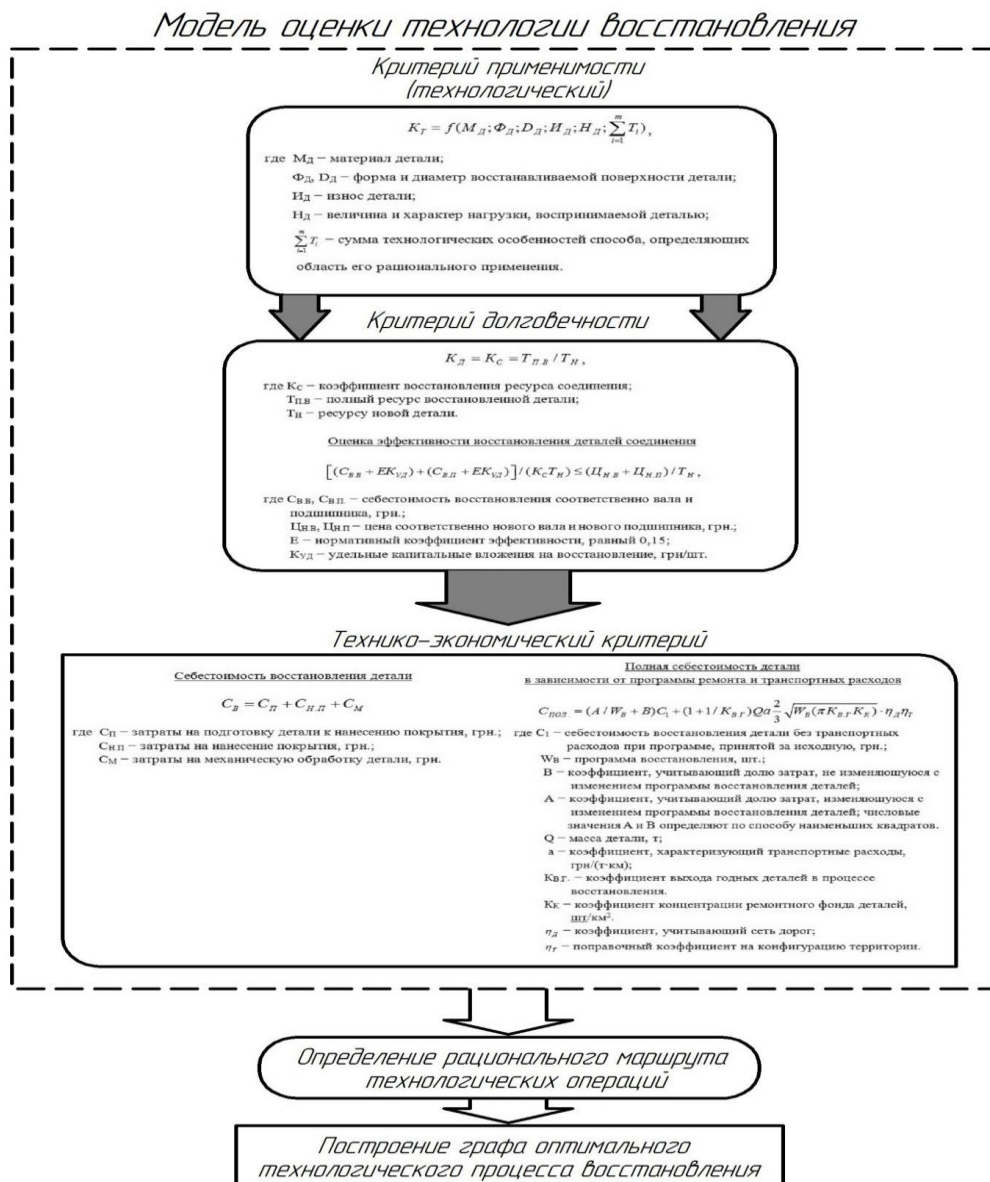


Рис. 2. Модель оценки и определение рационального маршрута технологии восстановления

Список использованных источников

1. Зайцева, Т.Н. Обслуживание и ремонт – по техническому состоянию [Текст] / Т. Н. Зайцева // Локомотив. – 2010. – №1. – С. 44-45.
2. Корнилов, С.Н. Логистика ремонта железнодорожного подвижного состава [Текст]: монография / С.Н. Корнилов, А.Н. Рахмангулов. Е.П. Дудкин, А.А. Горшенин. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2005. – 182 с.
3. Шадричев, В.А. Основы технологии автостроения и ремонт автомобилей [Текст] / В.А. Шадричев. – М.: Машиностроение, 1976. – 580 с.
4. Масино, М.А. Организация восстановления автомобильных деталей [Текст] / М.А. Масино. – М.: Транспорт, 1981. – 176 с.
5. Сидоров, А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой [Текст] / А.И. Сидоров. – М.: Машиностроение, 1987. – 192 с.

6. Черноиванов, В.И. Восстановление деталей сельскохозяйственных машин [Текст] / В.И. Черноиванов, В.П. Андреев. – М.: Колос, 1983. – 288 с.
7. Воловик, Е.Л. Справочник по восстановлению деталей [Текст] / Е.Л. Воловик. – М.: Колос, 1981. – 351 с.
8. Остапчук, В.М. Розвиток наукових основ підвищення зносостійкості деталей та вузлів засобів транспорту під час ремонту [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.20 / В.М. Остапчук; [Українська державна академія залізничного тр-ту]. – Харків, 2011. – 39 с.
9. Тимофеев, С.С. Розвиток наукових основ підвищення ресурсу прецизійних деталей дизелів засобів залізничного транспорту [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.20 / С.С. Тимофеев; [Українська державна академія залізничного тр-ту]. – Харків, 2013. – 38 с.
10. Лузан, С.О. Концепція відновлюваного ремонту засобів транспорту і їх елементів інтегрованими газополуменевими технологіями [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.20 / С.О. Лузан; [Харківський національний автомобільно-дорожній ун-т]. – Харків, 2013. – 40 с.

Тимофеев Сергей Сергійович, доктор техн. наук, доцент кафедри матеріалів та технологій виготовлення виробів транспортного призначення Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-49. E-mail: fedcirina@yandex.ru.

Дьомін Андрій Юрійович, аспірант кафедри матеріалів та технологій виготовлення виробів транспортного призначення Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-49. E-mail: a.domin@mail.ru.

Timofeyev Sergiy, doct. of techn. sciences, associate professor department of materials and manufacturing technology products transport purposes Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-49. E-mail: fedcirina@yandex.ru.

Dyomin Andrey, postgraduate department of materials and manufacturing technology products transport purposes Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-49. E-mail: a.domin@mail.ru.

**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ 76-Ї МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ «РОЗВИТОК НАУКОВОЇ ТА ІННОВАЦІЙНОЇ
ДІЯЛЬНОСТІ НА ТРАНСПОРТІ»**

УДК 621.391

А.С. Жученко, О.В. Суєта
A.S. Zhuchenko, O.V. Suyeta

**ОЦЕНКА МАКСИМАЛЬНОГО ЧИСЛА ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ КОЛЬЦЕВОЙ ТОПОЛОГИИ**

**ASSESSMENT MAXIMUM NUMBER OF INFORMATION FLOWS
IN TELECOMMUNICATION NETWORKS RING TOPOLOGY**

Телекоммуникационные сети (ТКС) кольцевой топологии обладают необходимой отказоустойчивостью при приемлемых затратах на создание таких сетей. Особенность ТКС кольцевой топологии заключается в том, что при их проектировании может быть применено оборудование, которое работает как на втором уровне семиуровневой модели взаимодействия открытых систем (коммутаторах с дополнительной функцией протокола покрывающего дерева), так и на третьем уровне (маршрутизаторах с протоколом динамической маршрутизации).

В связи с этим при проектировании ТКС кольцевой топологии приходится решать задачу выбора между организацией ТКС кольцевой топологии на основе устройств коммутации второго и третьего уровней. При этом такой выбор должен осуществляться с учетом удовлетворения потребностей не только к выполняемым функциям, но и к пропускной способности.

В случае, когда параметры информационных потоков между узлами сети

одинаковы, необходимую пропускную способность трактов передачи ТКС можно определить как максимальное число информационных потоков в трактах передачи ТКС кольцевой топологии.

Таким образом, были проведены необходимые исследования, в процессе которых были получены аналитические выражения для оценки максимального числа информационных потоков в трактах передачи ТКС кольцевой топологии на основе устройств коммутации второго и третьего уровней для произвольного количества узлов в сети. Полученные выражения позволяют оценить необходимую пропускную способность трактов передачи ТКС кольцевой топологии на основе устройств коммутации второго и третьего уровней, что в конечном итоге позволит решить задачу выбора между организацией ТКС кольцевой топологии на основе устройств коммутации второго и третьего уровней.

УДК 621.391.23

М.С. Курцев, К.А. Трубочанинова
M. Kurtsev, K. Trubchaninova

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕДУР ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТИ НЕСУЧОГО КОЛИВАННЯ
СИГНАЛІВ З ФАЗОВОЮ МОДУЛЯЦІЄЮ В УМОВАХ АПРІОРНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ**

**RESEARCH OF PROCEDURES OF MEASURING OF FREQUENCY OF BEARING
OSCILLATION OF SIGNALS IS WITH PHASE MODULATION IN THE CONDITIONS OF A
PRIORI VAGUENESS**

У даний час набули поширення у галузі передачі цифрової інформації модуляція

зрушенням фази і комбінаційна модуляція, що отримала назву квадратурної модуляції. Серед

основних типів фазової модуляції можна виділити такі: BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM. Більшою спектральною ефективністю володіють багатопозиційні сигнали, з яких найбільш часто використовують чотирипозиційну фазову модуляцію (QPSK) і шістнадцятипозиційну квадратурну амплітудну модуляцію (16QAM).

У сучасних системах зв'язку при використанні фазової модуляції змінюваними параметрами можуть бути несуча частота і вид модуляції. Тому актуальною є задача вимірювання частоти несучого коливання сигналів з фазовою модуляцією в умовах апріорної невизначеності щодо ряду параметрів.

Розробка алгоритмів вимірювання тих чи інших параметрів сигналів вимагає з'ясування граничних вимог до синтезуючих процедур.

Тому, в першу чергу, необхідно проаналізувати сигнальні функції розглянутих сигналів, які є потенційними характеристиками і дозволяють поставити обґрунтовані вимоги до алгоритмів, що вперше розробляються.

У другу чергу – виконати огляд відомих методів вимірювання частоти несучого коливання синусоїдальних сигналів, на основі якого показати неможливість використання спектральних методів оцінки частоти несучого коливання.

У третю чергу – розробити і дослідити процедури оцінки частоти несучого коливання розглянутих сигналів. Для збільшення точності одержуваних оцінок також розробити алгоритм виключення аномальних вимірювань частоти несучого коливання сигналів з фазовою модуляцією.

УДК 621.396

Г.В. Алошин
G. Aloshin

РОЛЬ МЕТОДА ФУНКЦИОНАЛА ПРАВДОПОДОБИЯ В РАЗВИТИИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ РАДИОТЕХНИКИ

LIKHOOD METHOD IN THE RADIO DEVELOPMENT

Использование метода функции правдоподобия оказало значительное влияние на науку статистических исследований, которые явились фундаментом для формально-логического развития прикладных наук.

В середине двадцатого века логическим следствием функции правдоподобия стало появление его интегрального представления в виде функционала правдоподобия (ФП) для случая гауссовых случайных процессов, которое получило широкое применение в радиотехнике в теориях оптимального синтеза сигналов, структуры и параметров систем и в обосновании их оптимальности.

Однако еще на заре развития ФП появились сомнения в корректности его применения, поскольку оно противоречило ряду примеров на практике. Например,

положение о том, что оптимальный сигнал для измерения сдвига частоты должен представлять собой две расстроенные во времени дельта-функции, не соответствует действительности, высокоточный многошкальный фазовый метод измерений не получает теоретической поддержки от ФП и ничем не обоснован, в теории измерений на базе ФП, в отличие от обычной метрологии, нет места для использования фундаментальных понятий о шкалах, о дискриминаторных характеристиках и связанном с ними понятии чувствительности измерителей и т.д.

Поэтому в работе основное внимание уделено определению правомерности использования ФП для построения радиотехнических систем.

УДК 621.991(681)14

М.О. Колісник
М.А. Kolisnyk

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ СЕРВЕРІВ

ANALISIS METHODS TO ENSURE SERVER RELIABILITY

У даний час на підприємствах зв'язку на території України впроваджується автоматизація бізнес-процесів. Найбільш перспективною технологією обробки даних є розподілена обробка (архітектура “клієнт-сервер”), яка ґрунтується на використанні сервера як основного засобу автоматизації.

Існують апаратні сервери і програмні сервери. На один апаратний сервер можна встановлювати кілька програмних серверів. Апаратні сервери є складними апаратно-програмними системами. До апаратних серверів висуваються високі вимоги щодо показників надійності функціонування апаратних засобів та програмного забезпечення; продуктивності апаратних компонентів: процесорів, оперативних запам'ятовуючих пристроїв, дискової підсистеми, системи охолодження (вентиляторів). Виробники апаратних серверів забезпечують високі значення показників їх надійності завдяки реалізації структурної, інформаційної, часової, функціональної надмірності основних апаратних та програмних компонентів серверів; методів технічного обслуговування серверів; модульності їх

побудови; реалізації процедур контролю та діагностування технічного стану компонентів сервера (на передній панелі сучасних серверів навіть вбудовано діагностичну панель із світлодіодною індикацією технічного стану жорстких дисків, модулів оперативної пам'яті, процесорів, вентиляторів при реалізації робочого та тестового методів контролю технічного стану).

Для програмних серверів висуваються високі вимоги щодо надійності функціонування. Реалізація високої безвідмовності програмного забезпечення здійснюється виробниками серверів з використанням різних методів контролю та діагностування.

Однак реалізація кількох методів контролю та діагностування серверів, різних видів надмірності та інших методів підвищення надійності не завжди забезпечує високі значення показників надійності серверів. Проведений аналіз існуючих методів забезпечення надійності серверів показав, що необхідно вдосконалювати ці методи для досягнення більш високих значень показників надійності серверів.

УДК 656.254.16

А.О. Єлізаренко
A. Yelizarenko

ОРГАНІЗАЦІЯ МЕРЕЖ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ В ТУНЕЛЯХ ЗАЛІЗНИЦЬ

ORGANIZATION NETWORKS OF TECHNOLOGICAL RADIO COMMUNICATION IN RAILWAY TUNNELS

Відповідно до вимог чинних правил усі ділянки залізниць повинні бути обладнані системами поїзного технологічного радіозв'язку, які працюють у двох діапазонах радіохвиль. При цьому лінійні системи ПРЗ для зв'язку машиністів локомотивів з поїзним диспетчером працюють у гектометровому діапазоні (2,13 МГц), а для радіозв'язку

машиністів з черговими по станціях створюються зонні мережі метрового діапазону на частотах 150 МГц.

Для забезпечення впевненого радіозв'язку в гектометровому діапазоні використовують направляючі лінії різних типів. У тунелях, як правило, підвішуються двопровідні хвилеводи, щоб забезпечити менше згасання. А

ефективним засобом організації ультракороткохвильового радіозв'язку в тунелях є використання як направляючих ліній випромінюючих кабелів. Але за паспортними характеристиками випромінюючі кабелі не розраховані на використання у смугах частот нижче 30 МГц. Проведені експериментальні дослідження параметрів передачі і випромінювання показали доцільність використання випромінюючих кабелів і в смугах частот 0.2-30 МГц.

Розроблені технічні пропозиції з організації комплексу мереж поїзного

радіозв'язку в тунелях залізниць з використанням випромінюючого кабелю. Це дозволяє створити широкосмугову систему передачі електромагнітної енергії в обох діапазонах радіохвиль, які використовуються для організації поїзного радіозв'язку на залізницях.

Розрахунки показують, що запропонована схема організації радіомереж дозволяє забезпечити впевнений радіозв'язок в обох діапазонах радіохвиль в тунелях довжиною до двох кілометрів без застосування додаткових підсилювачів у лінійному тракті.

УДК 621.327

І.В. Ковтун, Н.А. Корольова
I. Kovtun, N. Korolova

АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ КОНТЕКСТНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТУПЕНЯ СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

AN ANALYSIS AND RESEARCH OF METHODS OF CONTEXT DESIGN ARE FOR THE INCREASE OF DEGREE OF CLENCH OF IMAGES

Стрімкий розвиток цифрової техніки призвів до збільшення темпів накопичення інформації в телекомунікаційних системах. При цьому темпи зростання обсягів інформації, що передається, значно перевищують темпи зростання пропускної здатності каналів передачі даних. Це викликало значне підвищення навантаження на канали передачі даних, що в деяких випадках призводить до неможливості передачі необхідної інформації в задані строки, через перенавантаження каналу. Рішенням даної проблеми може бути використання методів стиснення даних з метою зменшення їх об'ємів.

Існуючі загальнодоступні методи стиснення зображень без втрат є недостатньо ефективними з точки зору ступеня стиснення. Розвиток цих методів є досить повільним та не враховує сучасні тенденції розвитку методів стиснення даних. Підвищення обчислювальних можливостей сучасних систем обробки зображень дозволяє використовувати більш складні та ефективні методи перетворення та кодування зображень, що дозволить знизити навантаження на канали передачі даних та

зменшити об'єми архівів зберігання цифрових зображень.

Використовуються схеми побудови комбінованого методу стиснення на основі адаптивної схеми, яка дозволяє проводити аналіз кольорових та статистичних властивостей зображення, що підлягає стисненню, на основі чого визначаються параметри методу стиснення. Дана схема взята за основу розроблення комбінованого методу стиснення зображень без втрат. Розглянуті методи декореляції відліків вихідного зображення, з метою зменшення їх насиченості та підвищення ступеня стиснення. З метою зменшення кореляційного зв'язку між кольоровими компонентами зображення вдосконалено метод зміни кольорового подання RCT, що дозволило зменшити ентропію компоненти яскравості та потенційно підвищити ступінь стиснення даної компоненти. Розглянуто методи ортогональних перетворень кольорових компонент зображень. Це дозволяє значно зменшити об'єм даних при обробці передачі та архівуванні даних.

УДК 621.391

М.А. Штомпель
N.A. Shtompel

МЕТОДИ КОДУВАННЯ КОДАМИ З МАЛОЮ ЩІЛЬНІСТЮ ПЕРЕВІРОК НА ПАРНІСТЬ
ENCODING METHODS LOW-DENSITY PARITY CHECK CODES

На відміну від більшості лінійних блокових кодів обчислювальна складність декодування кодів з малою щільністю перевірок на парність зростає практично лінійно з довжиною кодового слова. З іншого боку, через щільно заповнену ненульовими символами породжуючу матрицю процес кодування даними кодами на основі «прямого» методу має відносно велику обчислювальну складність. Для зменшення обчислювальної складності кодування кодами з малою щільністю перевірок на парність застосовуються методи, що засновані на таких ідеях: використання алгебраїчних властивостей

перевірочної матриці; приведення довільної перевірочної матриці до заданої форми; подання перевірочної матриці у вигляді графа Таннера. Таким чином, на даний час основним підходом до зменшення обчислювальної складності кодування кодами з малою щільністю перевірок на парність є алгебраїчний підхід, що накладає суттєві обмеження на параметри завадостійкого коду та форму перевірочної матриці. Запропоновано метод кодування довільними кодами з малою щільністю перевірок на парність зі зменшеною обчислювальною складністю на основі ймовірнісного підходу.

УДК 621.391

С.В. Індик
S. Indyk

ОЦІНКА ЯКОСТІ ПРИЙМАЛЬНО-ПЕРЕДАВАЛЬНИХ МОДУЛІВ ОПТОВОЛОКОННИХ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ПЕРЕТВОРЕННЯ НЕЧІТКИХ МНОЖИН ВАРТОСТІ У ВИПАДКОВУ ВЕЛИЧИНУ

ESTIMATION OF QUALITY OF ПРИЙМАЛЬНО-ПЕРЕДАВАЛЬНИХ МОДУЛІВ ОПТОВОЛОКОННИХ COMMUNICATION NETWORKS WITH THE USE OF METHOD OF TRANSFORMATION FUZZY SETS OF COST IN CASUAL SIZE

Метод перетворення нечітких множин вартості у випадковій величині найбільш доцільний для формалізації задач оптимізації систем зв'язку, а використання показника вартості, сформульованого із маркетингової статистики, найбільш прийнятне для оптимізації реальних систем, тому що при цьому, крім оптимуму, він дає впевненість у можливості побудови оптимальної системи.

Сучасна маркетингова статистика дає підстави встановити характер залежності технічних параметрів системи від її вартості, як обмежень, і шукати глобальний екстремум узагальненої або умовної цільової функції. Правда, при цьому точність таких залежностей

обмежена і залежить від представництва вибірки.

Такі залежності можна одержати за техніко-економічною статистикою, за відомими прайс-листами маркетингових фірм, що продають комплектуючі функціональні елементи. Ці дані підлягають обробці з використанням методу перетворення нечітких множин вартості у випадкову величину.

Розглянуті властивості показника вартості, які будуть наближати оптимізовану модель системи до реальної, метод перетворення нечітких множин вартості у випадковій величині та приклад обробки реальної маркетингової статистики для оцінки енергетичного потенціалу.

УДК 621.391

С.І. Приходько
S. Prihodko

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ І МЕРЕЖ

WAYS OF INCREASE OF SAFETY OF TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND NETWORKS

У сучасних умовах інформаційні ресурси телекомунікаційних систем і мереж третього та четвертого поколінь піддаються додатковим загрозам та ризикам інформаційної безпеки. Це ставить підвищені вимоги до аналізу та розроблення заходів і засобів захисту як від традиційних, так і від тих загроз інформаційної безпеки, що знову з'являються. Зокрема, необхідно провести аналіз та класифікацію

мережевих вірусів та шкідливих програмних продуктів, що розповсюджуються по високошвидкісних каналах передачі даних в телекомунікаційних системах та мережах, а також ступеня їх дії. Пропонуються технології виявлення та попередження вторгнення мережевих вірусних атак і шкідливого програмного забезпечення.

УДК 621.391

В.П. Лисечко, М.В. Шимків
V. Lysechko, M. Shymkiv

МОНІТОРИНГ СПЕКТРА В КОГНІТИВНИХ РАДІОМЕРЕЖАХ НА ОСНОВІ ЦИФРОВОЇ УЗГОДЖЕНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ

THE SPECTRUM MONITORING IS IN COGNITIV RADIO NETWORKS ON BASIS OF THE DIGITAL CONCERTED FILTRATION

У роботі розглядається проблема дефіциту радіочастотного спектра. Одним із можливих рішень даної проблеми є технологія когнітивного радіо. Оскільки більша частина спектра вже розподілена, постає задача спільно використовувати ліцензовані смуги спектра, не вмішуючись при цьому в передачу ліцензованих користувачів.

Моніторинг радіочастотного спектра – одне з найважливіших завдань системи когнітивного радіо. Ефективність моніторингу суттєво визначає те, наскільки повно використовується частотний спектр. В роботі досліджується метод моніторингу спектра в

когнітивних радіомережах на основі цифрової узгодженої фільтрації. Перевага методу полягає в короткому часі, який необхідний для точного виявлення сигналу, в порівнянні з іншими методами. Метод засновано на використанні характеристик узгодженого фільтра для оцінки зайнятості радіочастотного спектра.

Оцінка ефективності методу моніторингу на основі цифрової узгодженої фільтрації реалізується на основі статистичного аналізу кореляційних властивостей характеристик максимальних викидів бічних пелюсток кореляційних функцій.

УДК 621.391

О.С. Волков
O. Volkov

МЕТОД ЧАСТОТНОГО КОДИРОВАНИЯ СВЕРТОЧНЫХ КОДОВ УМЕНЬШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ

THE FREQUENCY CODING METHOD OF THE REDUCED COMPLEXITY OF CONVOLUTIONAL CODES

В настоящее время помехоустойчивые сверточные коды широко применяются в телекоммуникационных системах и сетях. С увеличением длины кодового ограничения сверточных кодов вычислительная сложность возрастает, что является сдерживающим фактором при их практической реализации. В работе предлагается метод кодирования алгебраических сверточных кодов в частотной области на основе применения алгоритмов

быстрого преобразования Фурье. Метод предполагает выбор множества проверочных частот с последующим быстрым преобразованием Фурье и обобщением работы кодера алгебраического сверточного кода на случай полубесконечной длины. Данный метод позволяет снизить вычислительную сложность процедур кодирования и декодирования при фиксированной корректирующей способности сверточных кодов.

УДК 656.212.5:656.25

С.О. Бантюкова
S.O. Bantyukova

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ БЕЗПЕЧНОЇ РОБОТИ ОПЕРАТОРА СОРТУВАЛЬНОЇ ПІРКИ

RAISING RELIABILITY OF HUMP YARD OPERATOR SAFETY 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 заздальгідь не передбачені впливи. Складова «людина-оператор» має більшу вагу, оскільки, за статистику, найбільша кількість аварій відбувається з вини людини. Дослідження показують, що при одноразовому резервуванні технічних пристроїв кваліфікованим оператором надійність системи виявляється вище, ніж при використанні чотириразового технічного резервування.

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.

Перспективною уявляється розробка апаратно-програмних комплексів визначення психофізіологічного стану людини-оператора. Завдяки застосуванню таких комплексів, що дають змогу тестувати оператора та контролювати його психофізіологічний стан, існує можливість визначати здатність оператора надійно виконувати операції технологічного процесу впродовж всього часу його роботи. Як показують дослідження, надійність виконання оператором дії технологічного процесу при проведенні тестування оператора виявляється вище на 4 %, ніж надійність оператора, який працює тільки в реальних умовах.

УДК 614.842:004.358

О.В. Головка, О.Є. Пенкіна
A.V. Golovko, O.E. Penkina

ВИКОРИСТАННЯ КЛІТИННИХ АВТОМАТІВ ДЛЯ ПОДАВАННЯ МАСООБМІНУ І ЕНЕРГООБМІНУ У ПРОЦЕСІ ПОШИРЕННЯ ВОГНЮ

USE OF CELLULAR AUTOMATS FOR PRESENTATION OF MASSTRANSFER AND ENERGY EXCHANGE IN THE PROCESS OF DISTRIBUTION OF FIRE

Для визначення параметрів горіння і оцінки наявності загроз об'єктам транспортної інфраструктури створена дискретна динамічна система – клітинний автомат процесу поширення пожежі (КАППП), зокрема модель взаємодії між клітинами, складовими частинами КАППП, що моделює поширення вогню по полігону. У статті наведено математичну модель зміни хімічного складу клітини внаслідок процесів масо-, тепло- і енергообміну. Поширення вогню задається локальними рівняннями у часткових похідних,

що описують процеси масо- і теплообміну. Поведінка клітинних автоматів як однорідних дискретних динамічних систем повністю визначається правилами переходів станів автомата, що включають взаємодію між сусідніми клітинами. Ці відносини можуть відобразити рівняння у часткових похідних, якими, у свою чергу, і задається процес горіння і розповсюдження вогню. Завдання даної статті – показати можливості моделювання цих процесів на основі клітинних автоматів як взаємодію між сусідніми клітинами.

УДК 629.4.083

М.М. Бабасєв
M.M. Babayev

НЕЙРОМЕРЕЖЕВІ МОДЕЛІ КОНТРОЛЮ СТАНУ ТЯГОВОГО ПРИВОДА ЕЛЕКТРОПОЇЗДА

NEUROSETEVYE MODELS OF THE CONTROL OF CONDITION OF A THRUST DRIVE OF AN ELECTRIC TRAIN

Наведено результати моделювання нейромережевої моделі контролю теплового стану тягового привода моторвагонного рухомого складу, яка функціонує у реальному

часі, враховує як попередній стан тягового двигуна (ТЕД) постійного струму, та і дозволяє виконувати прогноз його подальшої роботи за параметром температури.

УДК 629.4.083:629.424.2

В.С. Блиндюк
V.S. Blindjuk

ЛІНЕАРИЗАЦІЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЯГОВОГО ПРИВОДА ЕЛЕКТРОПОЇЗДА НА ОСНОВІ ЗАСОБІВ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ТЕОРІЇ КЕРУВАННЯ

LINEARIZATION OF A MATHEMATICAL MODEL OF A THRUST DRIVE OF AN ELECTRIC TRAIN ON THE BASIS OF MEANS OF THE GEOMETRIC THEORY OF CONTROL

Розглянуто можливість визначення оптимальних законів керування процесами руху електропоїздів на основі геометричної

теорії керування. Проведено синтез оптимальних керувань моторвагонного рухомого складу за допомогою системи

керування у формі Бруновського й принципу максимуму Понтрягіна, який дав змогу розв'язати завдання максимальної швидкодії, що особливо важливо при керуванні в тих випадках, коли графік руху досить напружений.

Визначено закони керування в процесі розгону електропоїзда при додаткових обмеженнях на витрату керування й перехідні динамічні процеси.

УДК 656.25:656.257

О.М. Ананьєва
O.M. Ananeva

**МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМ
ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ**

**METHODS AND MODELS OF FORECASTING OF OVERALL PERFORMANCE OF SYSTEMS
OF A RAILWAY AUTOMATION**

В доповіді розглядаються принципи побудови нейромережевої моделі розпізнавання часових параметрів імпульсів сигналів числового коду автоматичної локомотивної сигналізації (АЛСН). Сформульовано принцип

дії приймача кодів АЛСН, а також надано пропозиції з практичного використання розроблених методів обробки сигнальної інформації та її дешифрування локомотивними пристроями.

УДК 656.212.5.625.156.8

О.М. Прогонний
A.N. Progonniy

**ДИНАМІКА РОБОТИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ УПОВІЛЬНЮВАЧІВ
DYNAMICS OF ACTIVITY OF ELECTROMAGNETIC DECELERATORS**

В доповіді розглядається особливість роботи електромагнітного сповільнювача-прискорювача, який пропонується застосовувати на підгіркових коліях сортувальних станцій замість балкових механічних уповільнювачів, наприклад РНЗ.

Особливістю роботи даного електромагнітного пристрою є використання не сили тертя, як у механічних сповільнювачів, а електромагнітної сили, або більш точніше, її моменту. Як відомо момент – це добуток сили на плече. Теоретично встановлено і експериментально було доведено, що електромагнітний момент ланки сповільнювача-прискорювача набуває

максимального значення на відстані 250 мм від поперечної осі полюса і має дзвіноподібну форму залежності. На ефективність роботи електромагнітного пристрою значно впливає величина повітряного зазору між полюсом електромагніта і колесом, тому для стабілізації тягового моменту передбачається змащення взаємодіючих поверхонь.

Перевагою запропонованого пристрою є відсутність рухомих частин, безінерційність, забезпечення як сповільнення так і прискорення, що дозволяє підвищити надійність, досягти більш якісного заповнення паркових колій і зменшити експлуатаційні витрати.

УДК 621.391:681.518

*В.О. Сотник (ДП «Південна залізниця»)
V.A. Sotnik (Southern railroad communications)*

ЗАВАДОСТІЙКЕ ПРИЙМАННЯ СИГНАЛІВ АЛСН

NOISEPROOF ACCEPTANCE OF SIGNALS ALSN

Причиною збоїв у роботі систем автоматичної локомотивної сигналізації (АЛСН) є перешкоди, які виникають при проходженні локомотивами ділянок колії, що ізолюють стики і елементи стрілочних переводів з підвищеним рівнем магнітної індукції. Крім ділянок з підвищеним рівнем магнітної індукції перешкоди кодовому сигналу можуть виявляти й інші джерела: дуга на контактах реле, перетинання з високовольтними лініями передач, поганий контакт у розподільних муфтах (погано відрізнимо від перешкоди, викликаного

поздовжньою намагніченістю), асиметрія тягового струму та ін. Для ефективного усунення перешкод важливо визначити їх джерело, що на місці виникнення перешкоди зробити буває вкрай важко. Найбільше швидко й просто виявити «винуватця» дозволяє вагон – лабораторія по результатам аналізу кодових сигналів. У доповіді наведено узагальнення експериментальних даних за результатами вимірювань сигналів числового коду АЛСН в індуктивному каналі зв'язку між колійними та локомотивними пристроями АЛСН.

УДК 621.391:681.518

*М.Г. Давиденко,
В.О. Сотник (ДП «Південна залізниця»)
M.G. Davidenko, V.A. Sotnik*

СТУПІНЬ ВПЛИВУ ІМПУЛЬСНОЇ ЗАВАДИ НА ДОСТОВІРНІСТЬ ПРИЙМАННЯ СИГНАЛУ АЛСН

A DEGREE OF THE PULSE JAMMER INFLUENCE ON THE CERTAINTY OF AN AUTOMATIC LOCOMOTIVE SIGNALLING CODES RECEIVING

Розглянуто ситуацію, в якій сигнали автоматичної локомотивної сигналізації приймаються на фоні адитивної завади, яка являє собою суму двох статистично незалежних компонентів – стаціонарного гаусівського марківського шуму з нульовим середнім та імпульсу, що є коротким (порівняно з тривалістю сигналу) фрагментом гаусівського марківського процесу з нульовим середнім. Сформульовані правила прийняття рішень

щодо виявлення та розрізнення сигналів З, Ж та КЖ, отримані за критерієм максимуму апостеріорної імовірності. Подано результати виконаних методом Монте-Карло розрахунків завадостійкості вказаних правил у вигляді залежності імовірності прийняття помилкового рішення від амплітуди сигналу АЛСН при різних числових значеннях статистичних характеристик завади.

УДК 621.313.175.32

О.Є. Зінченко
E.E. Zinchenko

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА РОЗСИОВАННЯ ВЕНТИЛЬНИХ РЕАКТИВНИХ ДВИГУНІВ
DETERMINATION OF DISPERSION COEFFICIENT OF SWITCHED RELUCTANCE MOTOR

Розрахунок розсіювання магнітного потоку, який створюється обмотками статора, визначає енергетичні характеристики вентильних реактивних двигунів. Коефіцієнт розсіювання σ залежить від кута повороту ротора. Для визначення цієї залежності були проведені експериментальні дослідження на дослідному зразку вентильного реактивного двигуна. На зубці статора і ротора були закріплені одновиткові вимірювальні обмотки. Фаза статора з вимірювальною обмоткою вмикалася до мережі змінного струму і при різній напрузі вимірювалися ЕДС вимірювальних обмоток. Коефіцієнт розсіювання обчислювався за формулою

$$\sigma = \frac{E_c}{E_p},$$

де E_c , E_p - ЕДС вимірювальних обмоток статора і ротора відповідно.

Отримана залежність подана на рисунку. Коефіцієнт розсіювання в залежності від кута повороту ротора отримано при двох величинах напруги 25 і 110 В. З отриманих залежностей видно, що коефіцієнт розсіювання не залежить від прикладеної напруги, і відповідно від величини насичення магнітопровода.

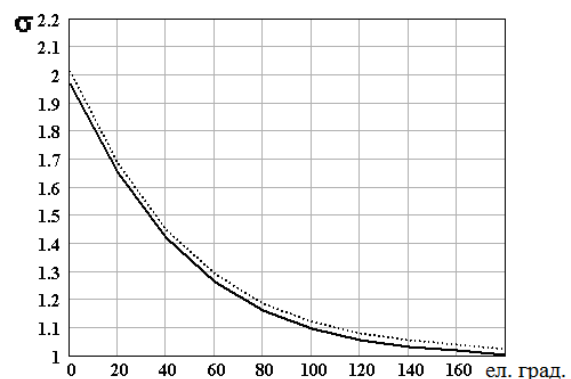


Рис. Залежність коефіцієнта розсіювання від кута повороту ротора

УДК 681.586.782

В.Ю. Гребенюк
V.Y. Grebenuk

ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РОЗРОБКИ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ІНДУКТИВНО-ДРОТОВОГО ДАТЧИКА НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

RATIONALE FOR DEVELOPMENT AND INTRODUCTION OF INDUCTIVE-WIRE SENSORS ON RAILWAY TRANSPORT

В сучасних умовах розвитку транспортної інфраструктури та збільшення інтенсивності руху поїздів інноваційна діяльність стає головним напрямком забезпечення постійного економічного зростання залізничного транспорту. Однак впровадження інновацій на залізниці стримується недостатнім фінансуванням, а також проблемами виявлення та оцінки застарілих існуючих технологій. Отже, за таких

обставин актуальним на сьогодні є завдання обґрунтування доцільності розробки та впровадження інноваційних продуктів залізничного транспорту.

Є всі підстави стверджувати, що розроблений індуктивно-дротовий датчик (ІДД), який звільнений від недоліків існуючих аналогів, вирішує поставлені задачі контролю рухомої одиниці на певній ділянці колії під впливом різних дестабілізуючих факторів, а

також визначає напрямок руху транспортного засобу на цій ділянці. Тому задля впровадження даного пристрою на об'єктах залізничного транспорту було визначено економічний ефект від розробки дослідного зразка ІДД та у разі серійного виробництва даного пристрою.

Також визначено економічну ефективність виробництва ІДД, на основі чого проаналізовано доцільність застосування та подальшого його покращення з метою підвищення безпеки руху поїздів та проведення маневрових робіт.

УДК 656.256.3

I.O. Sapiņa

I.O. Saiarņa

**НЕЙРОМЕРЕЖЕВІ МОДЕЛІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РЕЙКОВИХ КІЛ
NEURAL NETWORK MODEL OF THE TRACK CIRCUIT FUNCTIONING**

Моделі, побудовані на основі нейронних мереж, мають ряд переваг, зокрема властивості адаптивності та відмовостійкості. Розроблено нейромережеву модель функціонування рейкового кола, яка відображає проходження сигналу через основні елементи кола. При створенні моделі врахована можливість впливу на її роботу додаткових факторів, а саме: коливання температури зовнішнього середовища та змінення опору ізоляції рейкової лінії.

Як структура нейронної мережі вибрана мережа прямого розповсюдження. З метою

візуалізувати роботу моделі виконано візуально-орієнтоване моделювання. Описано функції кожної складової частини нейронної мережі та розглянуто методи її навчання на основі алгоритму Левенберга-Марквардта та Байєсівської регуляризації. Проаналізовано результати навчання та наведено вагові коефіцієнти й ваги зміщення нейромережевої моделі. У подальшому дана модель може бути використана для автоматизації діагностики та прогнозування відмов рейкових кіл.

УДК 625.151.3

Ю.І. Богатир

Yu.I. Bogatir

**ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОРЕГУЛЯТОРІВ В СИСТЕМІ КЕРУВАННЯ ВИКОНАВЧИМ
ПРИСТРОЄМ СТРІЛОЧНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА**

**NEUROREGULYATOROV USE IN THE CONTROL SYSTEM OF THE ELECTRIC
ACTUATOR OF THE SWITCH**

Важливу роль в системі забезпечення безпеки руху залізничного транспорту має система керування виконавчими пристроями. Для керування та регулювання роботи виконавчого пристрою стрілочного електроприводу доцільно використовувати замкнуту систему, яка будується за принципом зворотного зв'язку. В такій системі сигнал управління формується з сигналу завдання і сигналу негативного зворотного зв'язку, що несе інформацію про фактичному значенні регульованого параметра, яке залежить від

збурень, що діють на вузли системи і робочий орган електроприводу. У результаті введення зворотного зв'язку помилка регулювання зменшується до допустимого значення.

Застосування в замкнутій системі регуляторів, побудованих на базі штучної нейронної мережі, дозволяє значно вдосконалити таку систему. Нейронна мережа здатна до навчання, тобто виробляти реакції на події, заздалегідь чітко не описані в її структурі. Це дозволяє підвищити керованість, стійкість та надійність системи.

УДК 656.259.1

*А.А. Прилипка
А.А. Прылюк*

**ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ КОНТРОЛЕРІВ З НЕЙРОННОЮ МЕРЕЖЕЮ
В ТОЧКОВИХ КОЛІЙНИХ ДАТЧИКАХ**

**THE USE OF INTELLIGENT CONTROLLERS WITH NEURAL NETWORK IN POINT
PATH CONTROL TRANSDUCERS**

До сучасних пристроїв залізничної автоматики на теперішній час висувають значну кількість вимог. Це також стосується і точкових колійних датчиків (ТКД). Тому необхідно при роботі ТКД враховувати велику кількість зовнішніх факторів та обробляти їх. У роботі запропоновано використовувати в ТКД інтелектуальний контролер з нейронною мережею для роботи з інформацією, яка надходить від колійного датчика та інших допоміжних датчиків ТКД (вимірювання

зовнішньої температури, вологості, ті ін.). Побудована модель такого контролера, розроблена методика та алгоритми навчання нейронної мережі, яка закладена в цьому контролері. Розроблена методика та алгоритми тестування роботи такого контролера у складі ТКД. Дослідження процесу та результатів функціонування розробленої моделі контролера показали поліпшення роботи ТКД із включенням цього контролера.

УДК 621.436

*Ю.М. Грищенко
Y.M. Grishchenko*

**ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИНТЕТИЧНИХ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ОЛИВИ
ТЕПЛОВИЗНИХ ДИЗЕЛІВ**

DEFINITION PROPERTIES OF SYNTHETIC FILTERS OILS DIESELS

На підставі проведених досліджень формалізована задача та запропонована математична модель роботи об'ємного синтетичного фільтра, яка дає змогу аналітично встановлювати характер і швидкість зростання його забруднення. В основу моделі покладено інтегральну функцію аналітичної залежності зміни діаметрів об'ємних пор синтетичного фільтра від розмірів часток бруду. Розрахунками визначено, що отримана функція

проявляє явно виражений максимум. Причому величина цього максимуму може зміщатися в бік менших діаметрів часток при збільшенні параметра закону розподілу та змінюватися в широкому діапазоні. На основі моделювання встановлено, що термін служби об'ємного синтетичного фільтра зворотно пропорційний зміні величини забрудненості оливи тепловозних дизелів.

УДК 629.4.027.11

*О.Б. Бабанін, В.І. Бульба
O.B. Babanin, V.I. Bulba*

**ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ЗНОСУ ПОВЕРХНІ КОЧЕННЯ КОЛІСНИХ ПАР
ГРАФОАНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ**

**DETERMINATION OF THE WEAR ON THE ROLLING WHEELSETS GRAPH-ANALYTICAL
METHOD**

Як відомо, величина зносу колісних пар визначається дискретним методом з

вимірювання його значень за допомогою спеціального шаблону у певних місцях

поверхні кочення і не дає можливість у більшості випадків достовірно оцінити сам процес зносу. Виходячи з цього, величину зносу запропоновано визначати графоаналітичним методом із використанням сучасних електронних профілометрів. За значеннями профілометра на ПЕОМ графічно будується переріз кола кочення, який у

подальшому розбивається на декілька інтервалів і інтегруванням визначається їх площа. Віднімаючи отримані дані від попередніх (раніше зроблених) результатів, можна точно визначити зміну параметрів кола кочення колісної пари, яка перевіряється, та оцінювати її знос в експлуатації.

УДК 629.42:004

*О.Б. Бабанін, Д.М. Пастух
O.B. Babanin, D.M. Pastykh*

**ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОКОМОТИВІВ НА ОСНОВІ
ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**INCREASE OPERATIONAL EFFICIENCY THROUGH THE USE OF LOCOMOTIVES OF
MODERN INFORMATION TECHNOLOGY**

Як відомо, на залізницях України у даний час на локомотивах почали застосовуватися новітні інформаційні технології, які передбачають як накопичення, так і дистанційну передачу відповідної інформації для її подальшої переробки та прийняття управлінських рішень. До них зокрема треба віднести супутникову систему "Дельта - СУ", бортову систему "БІС-Р", а також системи з безпеки руху поїздів КЛУБ-У, БЛОК-М, МЛСБ

(ПУЛЬС) та інші. Усі ці "кількісні" впровадження дають змогу підготувати "якісний" перехід на новий рівень використання інформаційних технологій. Виходячи з цього, постає задача розроблення поєднаної комплексної інформаційної системи, яка дозволяє у реальному часі використовувати як існуючі, так і доопрацьовані методи отримання експлуатаційних параметрів для покращення експлуатації локомотивів.

УДК 004.415:629.42

*О.С. Коваленко
O.S. Kovalenko*

**ВІРТУАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ ТЯГОВОГО
РУХОМОГО СКЛАДУ**

VIRTUAL MODELING POWER EQUIPMENT TRACTION ROLLING STOCK

Виконавши класифікацію віртуальних моделей, був зроблений висновок, що моделі технічних об'єктів, які використовуються при моделюванні, підходять для аналізу процесів працездатності тих чи інших вузлів силового обладнання, що у свою чергу відображає їх фізичні властивості. Подані динамічні моделі силового обладнання. Структурування динамічної моделі та ідентифікація її елементів дозволили формалізувати процес складання віртуальної моделі силового обладнання в

інваріантній формі. Для цього було прийнято використовувати графічні форми моделей у вигляді графів і еквівалентних схем.

Інформація щодо віртуальної моделі силового обладнання, яку містить орграф, була реалізована у вигляді матриці. У зв'язку з цим, запропонований структурно-матричний метод формування віртуальних моделей, основу якого становить матриця інцидентів, який легко реалізується на ЕОМ і, отже, забезпечує автоматизацію процесу побудови віртуальних моделей.

Змодельовані вузли силового обладнання в програмному середовищі MATLAB-SIMULINK. За результатами порівняння отриманих характеристик зроблено висновок, що запропоновані віртуальні моделі близькі за

своїми показниками і параметрами до взятих прототипів вузлів силового обладнання тягового рухомого складу, що у свою чергу впливає на економічність і ефективність тягового обладнання в процесі експлуатації.

УДК 629.4.083

О.В. Клименко
O.V. Klymenko

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ТЕПЛОВОЗІВ

ANALYSIS OF SYSTEM MAINTENANCE AND REPAIR OF LOCOMOTIVES

Перші норми міжремонтних періодів тепловозного парку встановлювалися на основі міжремонтних пробігів паровозів у зв'язку з браком досвіду експлуатації. Для підтримки тепловозів у справному стані передбачалося проведення періодичних, середнього і капітального ремонтів.

Надалі система технічного обслуговування та ремонту тепловозів змінювалася з урахуванням накопичення інформації з експлуатаційної надійності елементів обладнання.

На даний час діє система планово-попереджувальних ремонтів з виконанням ремонтів через рівні і кратні пробіги, вона являє собою основний вид стратегії технічного обслуговування та ремонту локомотивів Укрзалізниці і в деяких країнах за кордоном. Управління технічним станом локомотивів здійснюється шляхом коригування термінів

проведення профілактичних та ремонтних заходів з урахуванням зміни технічного стану та впровадження більш сучасних систем діагностування.

Завдяки наявності на тепловозах IV покоління вбудованих систем контролю технічного стану, що дають можливість точно передбачити події та спрогнозувати наслідки, які можуть спричинити збої в роботі обладнання та локомотива в цілому, буде доцільно перейти до системи обслуговування локомотивів «за технічним станом».

Для модернізованих тепловозів пропонується застосовувати комбіновану систему технічного обслуговування та ремонту, взявши за основу планово-попереджувальну систему ремонту і виконувати коригування міжремонтних періодів з врахуванням даних вбудованих систем контролю технічного стану вузлів рухомого складу.

УДК 629.424.2

О.Д. Жалкин
O.D. Zhalkyn

ЗАСТОСУВАННЯ ГІБРИДНИХ СИЛОВИХ УСТАНОВОК НА ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДАХ

APPLICATION HYBRID POWER PLANTS ON DIESEL TRAINS

Гібридні силові установки (ГСУ) створюються по всьому світу з метою зменшення кількості шкідливих викидів до атмосфери та зниження витрат на паливо-мастильні матеріали, що особливо актуально для автомобільного транспорту. Найбільш

широко на автотранспорті застосовуються ГСУ, які складаються з двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) та накопичувача електроенергії – акумуляторної батареї, яка заряджається під час руху транспортного засобу (ТЗ) та живить електричний двигун. Перспективними є

системи, які включають в себе ДВЗ та блок хімічних суперконденсаторів, які заряджаються під час гальмування ТЗ і потім можуть жити електродвигун. Позитивний ефект від застосування ГСУ створюється тим, що при заряджених батареях чи конденсаторах можливо рушити з місця не запускаючи ДВЗ й уникнути найбільш неекологічних та неекономічних режимів роботи ДВЗ. На автотранспорті застосування ГСУ дає змогу скоротити викиди шкідливих речовин у повітря на 40 % і збільшити стартове прискорення на 20-30 %.

На залізничному транспорті ГСУ отримали застосування на маневрових тепловозах. Найбільш поширеною є силова установка, яка складається з декількох ДВЗ невеликої потужності. Така система дозволяє

економити до 50 % паливо-мастильних матеріалів. Серійно виготовлялись гібридні тягові агрегати (дизель-електровози), які поза контактною мережею можуть працювати як тепловоз.

На дизель-поїздах, залежно від типу передачі потужності, можливо використання декількох типів ГСУ: з електричною передачею потужності можливо використання систем з акумуляторними батареями або блоками суперконденсаторів; з гідравлічною або гідромеханічною передачею потужності – з пневматичними або з оливними акумуляторами. В оливний акумулятор закачується під великим тиском підігріта олива, яка використовується під час рушання з місця або інтенсивного прискорення руху.

УДК 629.4.083

*В.Г. Пузир, Ю.М. Дацун, В.В. Рогаль
V.G. Puzyr, Y.M. Datsun, V.V. Rogal*

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОВОЗІВ НА БАЗІ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ФАКТИЧНИЙ ТЕХНІЧНИЙ СТАН

IMPROVEMENT OF SERVICE MAIN ELECTRIC LOCOMOTIVES BASED ON THE INFORMATION ABOUT THE ACTUAL TECHNICAL STATE

Зниження експлуатаційних витрат локомотивного господарства – один із пріоритетів галузі. Протиріччя між одночасним збільшенням міжремонтних інтервалів і підвищенням надійності роботи електровозів може бути вирішене шляхом запровадження їх обслуговування за станом вузлів та агрегатів. Для цього слід забезпечити обґрунтований підхід до визначення стану елементів електровозів за їх місцем у забезпеченні експлуатаційної надійності. Окрім цього, необхідна диференціація за способами обслуговування груп обладнання електровозів відповідно до призначення.

Проведені дослідження стану електровозів 2ЕЛ15 та 2ЕС5К, що експлуатуються в умовах Одеської залізниці, дали змогу отримати та проаналізувати характеристики надійності складових частин

цих електровозів. В результаті було визначено обладнання електровозів, що регламентує проведення технічних обслуговувань. Найбільшу увагу в даному випадку необхідно приділяти частині обладнання, технічний стан якого за конструктивними ознаками визнано незадовільним. У першу чергу це гальмівне обладнання – гальмівні компресори та крани керування гальмами поїзда. Також відносно низький рівень надійності мають електродвигуни привода допоміжних агрегатів – це асинхронні двигуни компресорів та вентиляторів системи охолодження електрообладнання.

В результаті обробки даних та аналізу надійності електровозів запропоновано систему обслуговування та ремонту електровозів 2ЕЛ15 та 2ЕС5К із зміненою циклічністю.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗВ'ЯЗКІВ РАМИ
УНІВЕРСАЛЬНИХ НАПІВВАГОНІВ

RESEARCH STRUCTURALLY FUNCTIONAL CONNECTIONS OF MODULE FRAME
OF THE UNIVERSAL FREIGHT GONDOLAS

На сьогоднішній день завдання з удосконалення рами універсальних напіввагонів, як однієї із основних складових модуля кузова, є важливим та актуальним. При вирішенні такого завдання першочерговим є розроблення структурно-функціонального опису модуля кузова як відображення його основних елементів (блоків конструкції) і

функціональних зв'язків між ними. На рисунку наведена структурно-функціональна модель (СФМ) модуля кузова напіввагонів у вигляді відповідного графа, де вершини графа відображають відповідні модулі/складові/вузли конструкції, а ребра – структурні та функціональні зв'язки між ними.

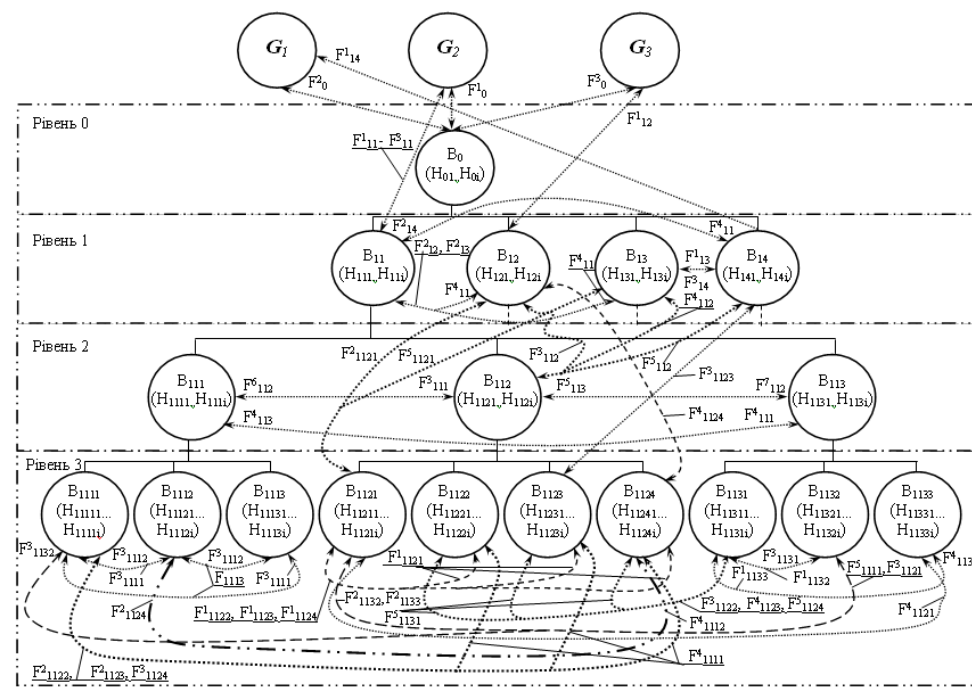


Рис. СФМ модуля кузова сучасного універсального напіввагона

При дослідженні структурно-функціональних зв'язків рами універсальних напіввагонів за допомогою СФМ (див. рисунок) було з'ясовано ряд технічних особливостей функціонування її елементів та запропоновано відповідні рішення з поліпшення конструкції.

Розроблена СФМ дозволяє використовувати при створенні нових напіввагонів сучасні методи проектування і конструювання.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ
КУЗОВІВ ВАГОНІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗАЛІЗНИЧНИМИ ПОРОМАМИ**

**THE DYNAMICS EFFORTS RESEARCH OF THE WAGONS BODIES UNDER
TRANSPORTATION WITH RAILWAY FERRY-BOATS**

Підвищені темпи інтеграції України в систему міжнародних транспортних коридорів зумовлюють необхідність створення систем комбінованого транспорту. Географічне розташування України зумовило виникнення та успішне функціонування залізнично-поромних перевезень, які є похідною взаємодії залізничного та морського видів транспорту.

З метою забезпечення безпеки руху вагонів на залізничних поромах (ЗП) морем необхідним є дослідження зусиль, як діють на них під час перевезень. При цьому встановлено, що одним з найбільш визначальних зусиль є інерційні, зумовлені коливаннями ЗП в умовах морського хвилювання. Для визначення інерційних зусиль розроблено математичну модель коливань кузова вагона, яка описує його переміщення ЗП морем в умовах бортової хитаючи, як випадку коливального руху, який здійснює найбільший вплив на стійкість кузова відносно палуби. При цьому до уваги прийняті дві можливі схеми закріплення кузова відносно палуби: жорстке закріплення кузова, при якому він буде повторювати траєкторію переміщення ЗП в умовах хвилювання моря, та схему закріплення, при якій кузов матиме податливість відносно палуби. Ударна дія морських хвиль на корпус ЗП з вагонами, розміщеними на його борту, не враховувалася.

Розв'язання рівнянь здійснювалося в середовищі програмного забезпечення MATHCAD за допомогою методу Рунге-Кутта.

Розроблена математична модель дала змогу отримати прискорення кузовів вагонів з урахуванням різних технічних характеристик ЗП та параметрів акваторії моря. Загальна величина прискорення кузова вагона включає складову прискорення, що залежить від місця розміщення вагона на палубі, та складову прискорення вільного падіння. Для уточненого визначення прискорень, які діють відносно місць розміщень вагонів на палубі ЗП, враховано курсові кути хвилі по відношенню до його борту ($\chi = 0^\circ \div 180^\circ$). Найбільшу величину прискорень отримано для кузовів вагонів, які розміщені на верхній палубі ЗП крайньої від фальшборта колії – $2,4 \text{ м/с}^2$. З урахуванням можливої податливості кузовів вагонів відносно палуб величина прискорення має більше значення, ніж за умови жорсткого закріплення майже на 15 % та складає близько $2,8 \text{ м/с}^2$.

Порівняння отриманих величин прискорень з прискореннями, які діють на кузова вагонів при експлуатації на магістральних коліях, показало, що вони перевищують зазначені у нормативних документах прискорення майже на 40 %.

Проведені дослідження дозволяють зробити висновок, що з метою забезпечення безпеки руху вагонів на ЗП морем необхідним є удосконалення несучих конструкцій кузовів вагонів для надійного закріплення відносно палуб.

**ІННОВАЦІЙНИЙ НАПІВВАГОН НОВОГО ПОКОЛІННЯ ПІДВИЩЕНОЇ
ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ З ДОПУСТИМИМ ОСЬОВИМ НАВАНТАЖЕННЯМ 25-27 т**

**INNOVATIVE NEW GENERATION GONDOLA CARS INCREASED WEIGHT OF THE
ACCEPTED AXIAL LOAD 25 – 27 TONS**

Основними сучасними вимогами, які висуваються операторами рухомого складу до вагонів нового покоління, є: підвищення вантажопідйомності і зменшення тари, а також збільшення міжремонтних пробігів. Виходячи з аналізу номенклатури вантажів ринку перевізного процесу, де переважають сипкі і навалочні вантажі, які не вимагають захисту від атмосферних опадів, можна зробити висновок, що найбільш затребуваним і дефіцитним видом рухомого складу є напіввагон. Одним із стратегічних напрямів розвитку Укрзалізниці є розподіл між вантажним і пасажирським рухом. Тому поява маршрутних поїздів на виділених вантажопотоках неминуча. Як відомо, при досягненні підвищення максимальних техніко-економічних показників рухомого складу в маршрутних поїздах прийнято експлуатувати спеціалізовані вагони.

Для досягнення найкращих техніко-економічних показників, що відповідають сучасним вимогам ринку, був спроектований спеціалізований перспективний напіввагон нового покоління. При проектуванні напіввагона були використані сучасні розрахункові методи, що дозволяють розглянути вплив на міцність конструкції різних експлуатаційних навантажень і, таким чином, скоротити терміни проектування і освоєння продукції. Велику увагу при проектуванні було приділено зниженню маси тари за умови забезпечення міцності і нормативних значень запасу опору втоми. Розрахункові методи на стадії проектування дозволили вибрати раціональні варіанти виконання елементів кузова. При вирішенні задачі підвищення опору втоми вибиралися варіанти з'єднання стояків бокових стін і поперечних балок рами. Згідно з результатами розрахунку міцність кузова і запас опору втоми відповідають вимогам «Норм ...». Основною перевагою над вагонами-аналогами є

підвищена вантажопідйомність 82 т, збільшений об'єм кузова – 100 м³, а також використання габариту 1-ВМ для забезпечення міжнародного сполучення з країнами ЄС та Азії. Досягнення підвищеної вантажопідйомності при тій самій масі тари і при тому ж габариті, що відповідає напіввагонам класичної конструкції, стало можливим внаслідок прийняття нетривіальних проектно-конструкторських рішень. Однією з найголовніших переваг у новій конструкції даного типу рухомого складу є раціональне використання міжвізкового простору, відносно якого розміщено дві вантажні ніші кузова. Завдяки чому стало можливим збільшити вантажопідйомність і об'єм кузова, а також знизити загальний центр ваги вагона, що як відомо, безпосередньо впливає на безпеку руху при підвищених швидкостях і загальній стійкості вагона в експлуатації. Для посилення кутів закладення стояків бічної стіни з поперечними балками рами виконано скруглення, де обшивка бічної стіни і плоскі листи підлоги з'єднані фасонними листами скруглення, що значно збільшує запас міцності даного вузла і полегшує витікання насипного вантажу з кузова. Як ходові частини у вагоні можуть бути використані візки, як з осьовим навантаженням 27 т, так і 25 т, і з міжремонтним пробігом 800 тис. км і більше. Встановлено автозчепне обладнання нового покоління СА-4 зі збільшеним міжремонтним пробігом до 1 млн км. Застосовано роздільне гальмування і безрізьбове з'єднання в системі автогальм. У результаті був виконаний комплекс розрахункових і конструкторських робіт зі створення інноваційного спеціалізованого напіввагона збільшеної вантажопідйомності в габариті 1-ВМ з допустимими навантаженнями колісної пари на рейки 25-27 тс.

УДК 629.4.027.11

В.О. Шовкун
V.A. Shovkun

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИПРОБУВАНЬ ЗДВОЄНИХ КАСЕТНИХ ПІДШИПНИКІВ СБУ В БУКСАХ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

THE RESULTS OF PERFORMANCE TESTS CASSETTE BEARINGS CBU IN AXLE-BOX OF FREIGHT CARS

Аналіз світового досвіду конструювання та експлуатації буксових вузлів з підшипниками кочення свідчить, що одним із шляхів підвищення надійності роликів букс може стати застосування підшипників касетного типу.

Використання здвоєних підшипників касетного типу СБУ в буксах вантажних вагонів дозволить збільшити надійність буксових вузлів, перейти на іншу систему технічного обслуговування, що дасть змогу скоротити витрати на технічне обслуговування та ремонт, економити значні матеріальні і трудові ресурси, збільшити рівень безпеки руху.

Одним з важливих етапів створення буксового вузла нової конструкції є проведення експлуатаційних випробувань для підтвердження якісних показників.

У 2012-2013 рр. У дослідному маршруті Роковата – Ужгород були проведені експлуатаційні випробування здвоєних касетних підшипників СБУ виробництва "Саратовський підшипниковий завод" (Росія). Дослідними підшипниками були обладнані два напіввагони. Протягом всього часу експлуатації відбувався ретельний облік пробігу колісних пар як у завантаженому, так і у порожньому стані. Після проходження дослідними

напіввагонами встановленого програмою-методикою пробігу в 70 тис. км дослідні буксові вузли були оглянуті комісією (пробіг вагона на момент огляду склав 81,2 тис. км). Візуальний огляд вагонів з дослідними підшипниками показав, що всі буксові вузли перебувають у задовільному стані, зовнішніх ознак несправностей не виявлено.

Після демонтажу букс під час огляду колісних пар виявлено відсутність мастила в лабіринтних ущільненнях буксових вузлів. Також виявлені дефекти на поверхні шийок осей колісних пар механічного походження.

В ході огляду комісією здвоєних підшипників не було виявлено найбільш розповсюджених пошкоджень буксових вузлів з типовими циліндричним підшипниками: наявність задирок типу "ялинка" на торцях роликів та бортах кілець і послаблення торцевого кріплення. Однак при перевірці на доріжках кочення зовнішніх і внутрішніх кілець виявлено наминки та ознаки лушчення металу.

Враховуючи дуже незначну кількість об'єктів, що випробовуються, рекомендовано продовжити дослідну експлуатацію більшої партії підшипників для отримання більшої кількості даних під наглядом всіх зацікавлених сторін за умови забезпечення безпеки руху.

УДК 629.4.017

В.М. Ільчишин
V.M. Ilchyshin

ДО ПИТАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ НАДІЙНОСТІ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ ВАГОНІВ

TO THE QUESTION OF PERFECTION OF METHODS OF CALCULATION OF RELIABILITY OF AXLEBOX UNITS OF VAGONS

Буксові вузли вагонів є одними з найважливіших елементів ходової частини, від надійної роботи яких залежить безпека руху.

Вантажні та пасажирські вагони як на залізницях України, так і залізницях інших країн СНД обладнані роликівими

підшипниками з короткими циліндричними роликами та розмірами 130×250×80 мм. Але більш ніж 50-річний досвід експлуатації показав їх недостатню надійність.

Фахівцями різних науково-дослідних та навчальних закладів проводяться дослідження щодо підвищення надійності роботи буксових вузлів. Одним з найперспективніших напрямків удосконалення є використання в буксах підшипників касетного типу (дворядних конічних або циліндричних). В той же час необхідно зазначити, що методи визначення довговічності буксових підшипників застаріли, базуються на використанні середніх значень навантажень та використовують ряд емпіричних коефіцієнтів, які необхідно уточнювати при кожному розрахунку.

Крім того, при розрахунку довговічності не враховується імовірнісний характер навантажень, що діють на буксові вузли.

З метою удосконалення методів розрахунку довговічності був проведений аналіз використання вантажопідйомності для найбільш поширених типів вагонів: напіввагонів та критих універсальних. Встановлено, що для напіввагонів вантажопідйомність використовується майже повністю при перевезенні сировини та продукції металургійної галузі. В середньому для напіввагонів вантажопідйомність використовується на 79 %. Для критих вагонів цей показник становить 72 %.

У кожен буксовий вузол вантажного вагона при виготовленні закладається певний ресурс. Безумовно, довговічність підшипників залежить від інтенсивності використання вагона. Запропоновано виконувати розрахунки з урахуванням величини обороту вагона, порожнього пробігу та використання його вантажопідйомності під кожним вантажем.

УДК 629.4.016.2

***В.О. Юдін
V.A. Yudin***

**АНАЛІЗ ДОСВІДУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПІДШИПНИКІВ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ
МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ**

**ANALYSIS OF OPERATIONAL EXPERIENCE BEARINGS AXLE UNIT MULTIPLE UNITS
ROLLING STOCK**

Буксові вузли залізничного рухомого складу є одними з найважливіших елементів ходової частини, від роботи яких залежить безпека руху.

Моторвагонний рухомий склад обладнаний роликовими підшипниками з короткими циліндричними роликами та розмірами 130×250×80 мм. Таке рішення було прийнято на підставі відносно успішного досвіду експлуатації цих підшипників у вантажних та пасажирських вагонах та з урахуванням необхідності уніфікації підшипників.

Для визначення напрямків робіт з підвищення надійності буксових підшипників необхідно вивчити досвід експлуатації на різних типах рухомого складу.

Одним із шляхів вирішення поставленої задачі є аналіз змісту журналів форми ТУ-92, які заповнюються у роликових відділеннях

електровагоноремонтних заводів. У цих журналах вказується рік випуску підшипника (літера шифру підшипника), код несправності, відповідної даному підшипнику, а також тип призначеного ремонту.

Дана робота була проведена у 2012 році, за замовленням Головного управління приміських пасажирських перевезень Укрзалізниці.

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що найбільш часто з ладу виходить підшипник повністю – 45,98 % від числа оглянутих. Потім йдуть корозійні раковини на доріжках кочення зовнішнього кільця – 3,99 %, задирки на доріжці кочення в круговому напрямку – 3,96 %, та, на відміну від результатів аналізу несправностей вантажних і пасажирських поїздів, ці результати мають зовсім інший характер.

За результатами статистичної обробки отриманих даних було доведено, що

напрацювання до відмови відповідає закону розподілення Вейбулла – Гнеденко.

Визначений параметр розподілення та середній строк служби підшипників.

УДК 621.315.21

*О.І. Акімов, Ю.О. Акімова
А.І. Akimov, Y.A. Akimova*

НЕДОЦІЛЬНІСТЬ ЗБІЛЬШЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ПРОФІЛАКТИЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ

UNREASONABLENESS PROLONGING PREVENTIVE TESTS OF ELECTRICITY CABLE LINES

Ефективність профілактичних випробувань кабельних ліній електропередачі «КЛЕП» залишається низькою. На це вказує досвід їх експлуатації.

Тому постає питання про підвищення ефективності таких випробувань. Одним із напрямків вирішення цієї задачі є підвищення часу прикладення випробної напруги.

Аналіз дослідних даних, отриманих під час профілактичних випробувань КЛЕП, дав змогу визначити функцію розподілу часу до пробою дефектів при дії випробної напруги. Ця

функція відповідає показовому розподілу і дозволяє визначити тривалість прикладення випробної напруги, що забезпечує із заданою імовірністю виявлення дефектів.

Показано, що близько 95 % дефектів може бути виявлено при випробуванні кабелів протягом 3 – 4 хв.

Таким чином, прийняті у даний час при випробуваннях КЛЕП підвищеною напругою постійного струму норми часу випробувань є раціональними і збільшення часу випробувань КЛЕП недоцільно.

УДК 621.314

*О.А. Плахтій
O.A. Plahitiy*

ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ В РЕЖИМІ РЕКУПЕРАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ АКТИВНОГО ВИПРЯМЛЯЧА

RISE OF POWER-FACTOR HAULING SUBSTATION OF DIRECT CURRENT IN THE MODE OF РЕКУПЕРАЦІЇ WITH THE USE OF ACTIVE RECTIFIER

На залізничному транспорті актуальною є проблема енергозбереження. Одним із перспективних напрямків, що дозволяє підвищити енергоефективність системи електропостачання, є реалізація рекуперації енергії тяговими підстанціями постійного струму. На жаль, діодні та тиристорні трифазні випрямлячі, які використовуються у складі тягових підстанцій, або не дають можливості реалізації рекуперації, або якість енергії, яка рекуперується, досить низька та містить значну частину вищих гармонік. Варто зазначити необхідність технічних рішень, які дають

можливість реалізації рекуперації енергії з високими енергетичними показниками. Автором запропоновано технічне рішення, яке дає змогу реалізувати рекуперацію з коефіцієнтом потужності, близьким до одиниці. Пропонується застосування активних чотири-квadrантних випрямлячів у складі тягових підстанцій постійного струму. Запропоновано покращений алгоритм управління перетворювачем. Розроблена у пакеті Matlab модель підтвердила реалізацію коефіцієнта потужності активного випрямляча, близького до одиниці у режимі рекуперації.

УДК 621.333.001.4

Н.П. Карпенко, О. Сітайло
N.P. Karpenko, O. Sitaylo

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ПРИ ІМПУЛЬСНІЙ НАПРУЗІ ЖИВЛЕННЯ

MODERNIZATION OF HAULING ENGINES OF DIRECT CURRENT IN CASE OF IMPULSIVE TENSION FEED

В умовах зростаючого дефіциту енергоресурсів та збільшення їх вартості нагальною проблемою є зниження енерговитрат на залізничному транспорті, що є одним з основних споживачів електроенергії. В наш час виникла можливість застосування імпульсного регулювання напруги тягових двигунів на рухомому складі постійного струму замість енерговитратного резисторного, що використовується зараз. Згідно з Державною програмою розвитку залізничного транспорту планується модернізація моторвагонного рухомого складу постійного струму шляхом переведення його на імпульсне регулювання напруги на тягових електричних двигунах (ТЕД).

Вирішення проблеми енергозбереження в значній мірі пов'язане з забезпеченням надійної роботи тягових двигунів при імпульсному живленні, яке може призвести до серйозних порушень комутації з огляду на конструктивні особливості існуючих ТЕД.

Проведені дослідження показали, що використання тягових двигунів постійного струму без їхньої модернізації неможливе. Одним з варіантів модернізації є застосування компенсаційної обмотки з внесенням деяких змін у магнітній системі тягового двигуна.

Виконано розрахунок компенсованого ТЕД для електропоїзда серії ЕР-2, на підставі якого можна зробити висновок, що застосування компенсованих ТЕД при імпульсній напрузі живлення є доцільним.

УДК 621.372.544

Ю.О. Семененко
Y.A. Semenenko

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СИЛОВОГО АКТИВНОГО ФІЛЬТРА ПОСЛІДОВНОГО ТИПУ

RESEARCH OF WORK OF POWER ACTIVE FILTER OF SUCCESSIVE TYPE

Для підвищення якості електричної енергії на виході тягової підстанції постійного струму доцільно застосовувати комбіновані фільтри, що складаються з активної та пасивної складових.

Запропонована структура передбачає послідовне ввімкнення активного фільтра та індуктивності пасивного LC-фільтра. Придушення пульсаційної складової випрямленої напруги здійснюється шляхом формування на виході активного фільтра

напруги компенсації. Силова частина активного фільтра побудована на базі мостового інвертора на IGBT, гальванічну розв'язку з високовольтною частиною схеми випрямляча забезпечує трансформатор.

Дослідження, проведені на імітаційній комп'ютерній моделі з активним фільтром послідовного типу, показали підвищення якості фільтрації на виході тягової підстанції постійного струму при застосуванні активного фільтра вказаної структури.

УДК 621.327

*К.В. Язун
K.V. Iagur*

АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТЯГОВОГО ВИПРЯМЛЯЧА З ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНОЮ МОДУЛЯЦІЄЮ

ANALYSIS OF ENERGY INDEXES OF HAULING RECTIFIER WITH THE LATITUDINAL-IMPULSIVE MODULATION

У статті розглядається випрямляч для живлення електротранспорту. Цей випрямляч складається з послідовно сполучених мостових схем випрямлення, включених послідовно. Перший випрямляч дає основну частину вихідної напруги, а другий використовується для регулювання і стабілізації живильної напруги. Регулювання запропоновано здійснювати методом широтно-імпульсного регулювання. Аналізується основний енергетичний показник – коефіцієнт потужності. Для його знаходження запропонований оригінальний метод, який

базується на рівності активних потужностей, що споживаються від мережі, і такої, що віддається в навантаження. Це дозволяє виключити громіздку процедуру гармонічного аналізу і отримати аналітичне символічне вираження для коефіцієнта потужності. При цьому враховуються такі параметри, як коефіцієнт трансформації і шпаруватість ШІМ. За допомогою MATHCAD побудовано сімейство графіків, яке показує, що запропонована система має високі енергетичні показники, що сприяє істотній економії електроенергії.

УДК 629.4.014

*С.І. Яцько, Я.В. Ващенко
S.I. Yatsko, Y.V. Vashchenko*

ВИКОРИСТАННЯ ФІЛЬТРА КАЛМАНА ДЛЯ ОЦІНКИ СТАНУ СИСТЕМИ "АВТОНОМНИЙ ІНВЕРТОР НАПРУГИ – ТЯГОВИЙ АСИНХРОННИЙ ДВИГУН"

USE OF KALMANA FILTER FOR THE SYSTEM STATE ESTIMATION AUTONOMOUS INVERTING OF TENSION – HAULING ASYNCHRONOUS ENGINE

Розглянуто питання побудови модуля моніторингу та діагностики порушень у роботі системи "Автономний інвертор напруги – тяговий асинхронний двигун" (АІН-ТАД) на основі застосування фільтра Калмана.

Запропоновано спосіб оцінки діагностичних ознак привода АІН-ТАД шляхом

аналізу вхідного струму інвертора при наявності шумових спотворень. Виконане на комп'ютері моделювання експериментальної установки підтвердило правильність прийнятих рішень.

УДК 621.3.017:621.331

*Д.Л. Сушко
D.L. Sushko*

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ

RISE OF OPERATING RELIABILITY TRACTION ENGINE OF A ELECTRIC ROLLING-STOCK

В умовах фізичного старіння локомотивного парку, що відбувається на

залізничному транспорті України, підвищення експлуатаційної надійності тягового рухомого

складу неможливе без впровадження ефективних методів контролю якості технічного обслуговування і ремонту локомотивів. При цьому для забезпечення необхідних обсягів і термінів перевезень, безпеки руху поїздів необхідно так будувати стратегію технічного обслуговування устаткування, щоб постійно підтримувати його надійність на достатньому рівні, зменшувати

час простою локомотивів через несправність їхніх вузлів.

Одним з ефективних та перспективних шляхів вирішення задачі підвищення експлуатаційної надійності ТЕД є впровадження ефективних і багатофункціональних засобів технічного діагностування у комплексі загальної структури системи технічного обслуговування і планово-попереджувального ремонту.

УДК 621.314.57

О.І. Семененко

O.I. Semenenko

БАГАТОФАЗНИЙ ВХІДНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЕЛЕКТРОВОЗА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ПІДВИЩЕНОЇ НАПРУГИ ЖИВЛЕННЯ

MULTIPHASE CONVERTER INPUT ELECTRIC DC HIGH VOLTAGE

Електровозу постійного струму, розрахованому на експлуатацію в перспективній системі електропостачання підвищеної напруги 7,5-9 кВ, потрібен вхідний перетворювач, який має знижувати напругу до необхідного рівня для живлення силового та допоміжного електрообладнання. Якщо як такий перетворювач застосувати звичайний знижувальний ШПП, то навіть використання силових ключів на базі сучасних високовольтних IGBT, які мають високі частотні властивості, призведе до виникнення гармонік вхідного струму великої амплітуди. Це практично унеможливить забезпечення електромагнітної сумісності такого електровоза із засобами зв'язку, рейковими колами автоблокування та іншими засобами керування об'єктами залізничного транспорту.

Один із варіантів вирішення задачі полягає у виконанні знижувального ШПП за багатофазною (трифазною або чотирифазною) схемою. При застосуванні, наприклад, трифазної схеми тривалість імпульсів струму ключів різних фаз буде дорівнювати третині періоду, а їх часовий зсув має таке ж значення. В такому варіанті кожна з фаз перетворювача працює по черговому, створюється безперервний процес споживання струму від джерела енергії. В результаті вхідний сумарний струм перетворювача має пульсації, спричинені лише комутаційними сплесками, тому застосування навіть легкого LC-фільтра може забезпечити зниження пульсацій вхідного струму трифазного ШПП до необхідного рівня.

УДК 621.316726:321.311

В.В. Панченко

V.V. Panchenko

ЗАСТОСУВАННЯ ВОЛЬТОДОДАВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА З ШІМ ЯК ШИРОКОСМУТОВОГО АКТИВНОГО ФІЛЬТРА

THE USE OF A PDM BUCK CONVERTER AS AN ACTIVE WIDE-BAND FILTER

Оцінити електромагнітну сумісність випрямного агрегату з тяговою мережею можна використовуючи параметри якості електричної

енергії на виході тягової підстанції. Використання широтно-регульованого вольтододавального перетворювача (ВДП) як

широкосмугового активного фільтра, у свою чергу, дасть змогу покращити якість електричної енергії на виході випрямного агрегату з точки зору гармонічного складу і тим самим покращити його електромагнітну сумісність з тяговою мережею.

Разом із тим подібне використання широтно-регульованого ВДП на тягових підстанціях має сенс лише при великих частотах дискретності ШІМ, що при сучасній елементній базі пов'язане зі значними втратами електричної енергії в силових ключах та проблемами тепловідведення.

УДК 621.313.33:629.423.24

Д.О. Кулагін
D.A. Kulagin

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ДЛЯ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ МОТОРВАГОННИХ ПОЇЗДІВ

CONSTRUCTION FEATURES OF CONTROL SYSTEMS FOR TRACTION POWER TRANSMISSION MOTOR-CARRIAGE TRAINS

Складність задачі побудови оптимальної системи керування тяговою електропередачею моторвагонних поїздів полягає в тому, що, окрім врахування електричних та електромагнітних процесів в тяговій електропередачі поїзда, для повноцінного керування параметрами тягового асинхронного двигуна потрібно враховувати характеристики всієї силової установки поїзда та умови його руху:

- характеристики дизель-генератора (для автономних тягових електропередач);
- характеристики тягового електричного генератора;
- закони опору руху залізничному складу;
- обмеження, що виникають за умовами зчеплення колеса з рейками;
- обмеження за максимальним прискоренням, ривком та швидкістю.

Також обов'язковою умовою є дотримання графіка руху. Залежно від обставин – відхилення істинного значення ваги рухомого складу від розрахункового, наявності сильного зустрічного або бокового вітру, стану колії, недотримання часу ходу перегонном, порушення розкладу приміських поїздів при посадці-висадці пасажирів через перенаселеність поїзда внаслідок видачі з депо поїздів не повним

складом та позапланової відміни приміських поїздів, затримки проходження поїздів за місцем ремонтних робіт на перегоні та інших факторів, можливе відхилення від запланованого графіка руху. В наслідок цього необхідно проводити корегування величини середньої швидкості руху моторвагонного поїзда для виконання встановленого графіка руху.

На практиці за дослідженнями багатьох вчених є недоцільним і майже неможливим врахування всіх існуючих обмежень та факторів дії на рухомий склад в одному функціоналі оптимального керування. В більшості випадків є раціональним вирішення окремих задач керування з обмеженою кількістю факторів керування, що мають вплив на певний функціонал і подальше поєднання таких підсистем керування в єдину структуру на основі системи автоведення рухомого складу.

Тому, виходячи з останнього положення, перспективною є задача керування параметрами тягового асинхронного двигуна лише виходячи з умов дотримання раціонального способу ведення автономного моторвагонного рухомого складу на похилих профілях залізничного шляху.

УДК 629.424.4

Д.В. Никоненко, О.О. Шкурпела, Г.І. Яровий, С.І. Яцько
D.V. Nikonenko, O.O. Shkurpela, G.I. Jarovoy, S.I. Yatsko

**ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДА
ДЕЛ-02 В РЕЖИМІ ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНОГО ГАЛЬМУВАННЯ**

**RESEARCH OF SYSTEM ADJUSTING OF ELECTRICITY TRANSMISSION OF DIZEL'-
POEZDA OF DEL-02 IN MODE OF ELECTRODYNAMIC BRAKING**

На сьогодні, незважаючи на широке використання асинхронного тягового електропривода на різних рухомих одиницях, продовжуються інтенсивні дослідження щодо поліпшення його як технічних, так і експлуатаційних характеристик. При цьому, крім стендових та експлуатаційних досліджень, широко використовуються методи

математичного моделювання, що дає змогу суттєво зменшити ресурсні витрати при вирішенні поставлених задач.

В роботі подана математична модель системи регулювання модуля тягового електропривода дизель-поїзда ДЕЛ-02 в режимі електродинамічного гальмування та результати виконаних досліджень.

УДК [629.4.02.002.237].001

В.І. Мороз, О.В. Братченко
V.I. Moroz, O.V. Bratchenko

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМАЛІЗОВАНОГО ОПИСАННЯ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ
ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК СУЧАСНИХ ТЕПЛОВОЗІВ**

**FEATURES A FORMALIZED DESCRIPTION OF THE MECHANICAL SYSTEMS OF POWER
PLANTS MODERN INSTALLATIONS**

Зазначено, що найбільш відповідальним етапом робіт щодо забезпечення високого рівня техніко-економічних показників наявного тягового рухомого складу є удосконалення конструкції основних систем та агрегатів, до яких належать енергетичні установки тепловозів. Проведення робіт у цьому напрямку на сучасному рівні передбачає використання методів оптимізаційного проектування на основі відповідних формалізованих описів. Висвітлено результати досліджень з розробки блочно-ієрархічного опису конструкції сучасних енергетичних установок тепловозів,

яке проводилось відповідно до розробленого на кафедрі «Механіка і проектування машин» нового підходу, що передбачає використання принципів ієрархічності та блочності. Подана конструкція механічної системи тепловозного дизеля у вигляді ряду взаємопов'язаних і взаємодіючих модулів. Як приклад наводиться використання розробленого формалізованого опису при вирішенні задачі удосконалення конструкції розподільного вала тепловозного дизеля типу Д49 для етапу дослідження кінематики випускних клапанів.

УДК 629.42

О.В. Братченко, В.І. Громов
O.V. Bratchenko, V.I. Gromov

**АНАЛІТИЧНІ ЗАЛЕЖНОСТІ ДЛЯ МАТЕМАТИЧНОГО ОПИСУ ПРОЦЕСУ ЗАЧЕПЛЕННЯ
ЗУБЦІВ ТЯГОВОЇ ЗУБЧАТОЇ ПЕРЕДАЧІ**

**ANALYTICAL DEPENDENCES FOR THE MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE
PROCESS OF ENGAGEMENT OF THE TEETH OF THE TRACTION GEAR**

Підкреслено, що розробка рекомендацій з обґрунтованого підбору при ремонті рухомого складу пар «шестірня-колесо» за умов забезпечення найкращих експлуатаційних характеристик тягових зубчатих передач потребує проведення досліджень процесу зачеплення зубців. Подані аналітичні залежності для визначення поточних положень

точок контакту зубців, отримані на основі методу перетворення координат і відповідних умов дотикання кривих. Наведені результати дослідження характеристик зачеплення нової тягової передачі електропоїзда ЕР-2, а також передачі, яка сформована з шестірні і колеса з визначеними зносами профілів зубців.

УДК 629.424.3:621.436.004.69

О.А. Логвіненко
O.A. Logvinenko

**РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ КІНЕМАТИКИ МЕХАНІЗМІВ ГАЗОРОЗПОДІЛУ
СУЧАСНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ТЕПЛОВОЗІВ З ДИЗЕЛЯМИ Д80 ТА Д49**

**THE RESULTS OF MODELING OF KINEMATICS TIMING MECHANISMS OF MODERN
POWER PLANTS WITH DIESEL LOCOMOTIVES D80 AND D49**

Подані кінематичні характеристики штовхачів привода впускних та випускних клапанів енергетичних установок тепловозів з дизелями 1Д80Б та 6Д49, які було отримано за результатами моделювання кінематики їх механізмів газорозподілу. Аналіз цих характеристик показав, що при застосуванні удосконалених розподільних валів з високоефективними кулачками замість валів із серійними кулачками досягається суттєве збільшення коефіцієнтів повноти діаграми

переміщень штовхача (величина якого на стадії проектування дає змогу оцінити ефективність профілю кулачка), що призводить до збільшення величин «час-переріз» клапанів, витрати повітря через циліндр, коефіцієнта наповнення, коефіцієнта збитку надувального повітря і, як результат, до покращення індикаторного коефіцієнта корисної дії (ККД), ефективного ККД, екологічних показників, а також зменшення середньо-експлуатаційної питомої витрати палива.

УДК 629.424.3:621.436

О.В. Братченко, К.В. Астахова
O.V. Bratchenko, K.V. Astakhova

**АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЇ РОЗПОДІЛЬНИХ ВАЛІВ ЧОТИРИТАКТНИХ
ТРАНСПОРТНИХ ДИЗЕЛІВ**

**ANALYSIS OF THE DESIGN FEATURES OF THE CAMSHAFT
FOUR-VEHICLE DIESEL ENGINES**

Проаналізовано особливості конструкції та функціонування енергетичних установок, якими обладнана переважна більшість магістральних тепловозів експлуатаційного парку Укрзалізниці. Показано, що одним з найбільш важливих вузлів є розподільний вал, функціональним призначенням якого є керування процесами паливободачі і газообміну в циліндрах енергетичних установок тепловозів. Аналіз робіт з формування навантажень на елементи конструкції розподільних валів засвідчив, що найбільш напруженими є розподільні вали дизелів Д49, які сприймають навантаження від

лівого та правого рядів циліндрів. Це визначає високий рівень експлуатаційних впливів – виникнення ударів і підвищених динамічних навантажень у приводі клапанів, підвищення зносу контактуючих поверхонь основних деталей. З метою усунення вказаних недоліків запропоновано використання безударних газорозподільних кулачків, які забезпечують не тільки потрібні (за умовами робочого процесу) значення часу-перерізу клапанів, а і допустимі рівні навантажень і безударну динаміку привода. Розроблені відповідні технології проектування і ремонту розподільних валів.

УДК 629.424.1:621.436.004.15

О.В. Братченко, В.С. Тищенко
O.V. Bratchenko, V.S. Tishchenko

**ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГАРМОНІЧНОГО АНАЛІЗУ ПРИ ОПИСІ
ФОРМУВАННЯ КРУТНИХ МОМЕНТІВ У МЕХАНІЧНІЙ СИСТЕМІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ
УСТАНОВКИ ТЕПЛОВОЗА**

**PARTICULAR USING HARMONIC ANALYSIS IN DESCRIBING THE FORMATION OF
TORQUE MECHANICAL SYSTEM DIESEL POWER PLANT**

У доповіді розглянуто опис особливостей формування крутних моментів у механічній системі енергетичної установки тепловоза на основі проведення гармонічного аналізу. Подано розроблену математичну модель, яка дозволяє відокремлювати найвпливовіші гармоніки, що входять до складу синтезованої кривої зміни сумарного крутного моменту в

перерізі останнього циліндрового модуля. Наведені отримані розрахункові залежності для побудови синтезованої кривої крутних моментів. Виконаний порівняльний аналіз синтезованої кривої та базового закону зміни крутного моменту підтвердив високу (похибка не перевищує 1 %) точність розрахунків.

УДК 629.423.33

А.В. Павшенко
A.V. Pavshenko

**МЕХАНІЗМ СТАБІЛІЗАЦІЇ МОДУЛЯ КОНТАКТНОГО СТРУМОЗНІМАННЯ
РАМНО-ТРАПЕЦЕЇДАЛЬНОГО СТРУМОЗНІМАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ**

**STABILIZATION MECHANISM OF CONTACT CURRENT COLLECTION MODULE FRAME-
TRAPEZOIDS CURRENTREMOVAL DEVICE**

Виконано оцінку впливу модуля контактної струмознімання на покращення якості взаємодії контактної провуду та полоза струмознімального пристрою. Проаналізовано можливість застосування існуючих конструкцій кареток на новому рамно-трапецеїдальному струмознімальному пристрої. Обґрунтована

конструкція механізму стабілізації, який забезпечує горизонтальне положення полоза в діапазоні робочих висот нового струмознімального пристрою. Наведені розрахункові залежності для визначення положень ланок струмознімального пристрою на різних експлуатаційних режимах.

УДК 629.42:62-233.3/9

С.В. Бобрицький
S.V. Bobritskiy

**ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ЗНОСУ ЗУБЦІВ ТЯГОВИХ ЗУБЧАТИХ ПЕРЕДАЧ З
ВИКОРИСТАННЯМ РОЗРОБЛЕНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

**FEATURES OF DETERMINATION OF WEAR OF TRACTIV TRAIN OF GEARS WITH USE
OF THE DEVELOPED SOFTWARE**

Проаналізовано існуючі методи визначення зносу зубців зубчатих коліс тягових передач (ТП) під час проведення деповських ремонтів. Висвітлені новий підхід та методика вимірювання товщини зубців зубчатих коліс, яка ґрунтується на отриманні цифрових версій профілів зубців за допомогою цифрової камери та спеціального устаткування. Описаний алгоритм програмного забезпечення для реалізації запропонованої методики. Наведені

результати експериментального дослідження особливостей зношування зубців шестерень та коліс ТП електропоїздів серії ЕР-2 на базі моторвагонного депо «Харків». Подано рекомендації щодо подальшого застосування наведеної методики та програмного забезпечення для виконання досліджень, направлених на визначення характеристик зачеплення тягових зубчатих передач з різними ступенями зносу зубчатих коліс.

УДК 621.43-233.2

О.В. Оробінський, Н.А. Аксьонова, О.В. Надтока
A.V. Orobinsky, N.A. Aksenova, E.V. Nadтока

**ВИЗНАЧЕННЯ МОНТАЖНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ГІЛЬЗИ ПЛУНЖЕРА ПАЛИВНОГО
НАСОСА ТРАНСПОРТНОГО ДИЗЕЛЯ**

**DETERMINATION OF MECHANICAL STRAIN SLEEVE PLUG VEHICLE DIESEL FUEL
PUMP**

Проведені дослідження монтажних деформацій гільзи паливного насоса

двотактного транспортного дизеля 6ДН. Комплект усіх деталей насоса, в тому числі

гільза, стискається зусиллями, близькими до 60 кН, які надаються зтяжкою на корпус насоса натискної гайки (максимальний тиск над плунжером 100 МПа).

Розрахункова оцінка деформацій виконана методом кінцевих елементів, у результаті була порівняна з деформаціями дзеркала натурної гільзи, отриманими з використанням ротаметра. Їх аналіз дає змогу зробити висновки:

- конструкція гільзи забезпечує допустимий рівень деформацій її дзеркала (нижче 2 мкм);

- деформації, пов'язані зі зменшенням діаметра поверхні дзеркала гільзи, відсутні.

Місце розташування гільзи є особливістю, що відрізняє кожну конструкцію. У гільзи дизеля 6ДН вікна розташовані таким чином, що під час руху плунжера (діаметр 13 мм) його робоча поверхня ковзає вздовж кромки вікон. Це призводить до зносу ділянок поверхні дзеркала, які зникаються з вікнами. Розглянуто варіант конструкції гільзи насосної секції, в якій плунжер робочою поверхнею не доторкується до кромки вікон. Результати досліджень дають змогу рекомендувати її для використання в паливній апаратурі тільки малогабаритних дизелів, наприклад, з діаметром плунжера 6 мм і тиском над плунжером 50 МПа.

УДК 621.436.004.18:504

*А.В. Онищенко
А. Onishchenko*

**ПІДВИЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ДИЗЕЛІВ
МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ, ЯКІ ПРАЦЮЮТЬ У РЕЖИМІ ХОЛОСТОГО ХОДУ**

**INCREASE OF FUEL ECONOMY DIESEL ENGINES SHUNTING LOCOMOTIVES,
OPERATING IN THE IDLE**

Як правило, на підприємствах «Укрзалізниця» як джерело енергії для прогріву тепловозів, які перебувають у «гарячому» резерві, використовується власна силова установка, що працює на холостому ході. Економічну та екологічну необґрунтованість використання цього методу доведено багатьма вченими та підтверджено на практиці. За паспортом заводу-виробника надається конкретне значення часу моторесурсу двигуна і не має значення, виконує цей двигун корисну роботу чи працює, як нагрівальний пристрій у режимі холостого ходу. Це призводить до скорочення часу між капітальними ремонтами, тобто значно знижує термін служби тепловозного дизеля. Також слід зауважити, що при роботі тепловоза в режимі «гарячого» резерву дизель спалює дизельне паливо, при цьому до атмосфери надходять забруднювальні речовини, які значно погіршують екологічну ситуацію в місцях відстою тепловозів. Як показала практика, необхідність у прогріві тепловозів не залежить від географічного розташування депо або точки обороту локомотива і не є характерною для якоїсь конкретної серії тепловозних дизелів, тобто не

простежується пряма залежність прогріву від кліматичної зони.

Відомі чотири способи підтримання необхідного теплового режиму силових установок тепловозів:

- робота на холостому ході;
- використання електроенергії від стороннього джерела або від працюючого дизель-генератора;
- котли-підігрівачі;
- використання теплової енергії котелень депо.

Існуючі недоліки всіх способів спонукають до пошуку автономних джерел електроенергії для привода допоміжного обладнання (водяного, масляного і паливного насосів), які будуть незалежними від роботи дизель-генератора тепловоза чи акумуляторних батарей.

Для підтримання необхідної температури систем при непрацюючому дизелі можна обладнати тепловоз комбінованою бортовою установкою, яка працюватиме від промислової мережі змінного струму напругою 380 В та підігрів від акумулятора теплоти.

**ИСПЫТАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ СМД-35 АВТОГРЕЙДЕРА ДЗК-251
ПРИ НЕУСТАНОВИВШЕЙСЯ НАГРУЗКЕ**

TESTING OF DIESEL ENGINE SMD - SLC 35 MOTOR GRADERS -251 AT UNSTEADY LOADING

Испытания двигателя автогрейдера ДЗК-251 производства Крюковского вагоностроительного завода проводились на учебном полигоне Харьковского национального автомобильного университета (ХНАДУ). При проведении испытаний регулировки угла опережения впрыска топлива и коэффициента избытка воздуха соответствовали параметрам завода-изготовителя.

Отработанные графики: сходимости теоретических, лабораторных и полевых исследований, изменения оборотов коленчатого вала двигателя при набросе и сбросе нагрузки, изменения часового расхода воздуха двигателя при набросе и сбросе нагрузки, изменения цикловой подачи топлива при набросе и сбросе нагрузки. Графики изменения оборотов коленчатого вала двигателя при набросе и сбросе нагрузки имеют хорошую сходимость лабораторных, полевых и теоретических исследований. При набросе нагрузки начальные значения оборотов при полевых испытаниях в начале переходного процесса имеют меньшее значение потому, что момент сопротивления имеет некоторое значение, а при лабораторных и теоретических исследованиях он равен нулю. Это связано с тем, что часть мощности затрачивается на перекачивание автогрейдера при его работе. При набросе нагрузки начальные значения часового расхода воздуха при полевых испытаниях в начале переходного процесса меньше. Это объясняется тем, что обороты коленчатого вала двигателя в начале переходного процесса меньше по сравнению с лабораторными и теоретическими из-за начальной нагрузки, вызванной сопротивлением перекачивания автогрейдера при его работе.

При набросе нагрузки начальные значения и сбросе нагрузки конечные значения цикловой подачи топлива при полевых испытаниях больше, чем лабораторные и теоретические. Это объясняется тем, что

обороты коленчатого вала двигателя при набросе нагрузки в начале переходного процесса и при сбросе нагрузки в конце переходного процесса меньше по сравнению с лабораторными и теоретическими из-за начальной нагрузки, вызванной сопротивлением перекачивания автогрейдера при его работе.

Как видно из графиков, результаты теоретических, лабораторных и полевых экспериментов имеют хорошую сходимость, что подтверждает адекватность математической модели и возможность заменять нагрузку, создаваемую автогрейдером на двигатель, нагрузкой, создаваемой тормозной установкой с приведенным моментом инерции, соответствующей моменту инерции автогрейдера.

По результатам экспериментальных исследований были определены время задержки реакции на возмущение и коэффициенты дифференциальных уравнений для проведения теоретических исследований.

По результатам полученных экспериментальных данных были построены графики, описывающие изменения коэффициентов дифференциальных уравнений в зависимости от влияния коэффициента избытка воздуха и угла опережения впрыска топлива при набросе и сбросе нагрузки, влияние коэффициента избытка воздуха на значение коэффициентов дифференциальных уравнений, описывающих изменение часового расхода воздуха, влияние коэффициента избытка воздуха на значение коэффициентов дифференциальных уравнений, описывающих изменение цикловой подачи топлива, влияния угла опережения впрыска топлива на значение коэффициентов дифференциальных уравнений, описывающих изменение частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Выводы: 1. Значения коэффициентов дифференциальных уравнений при разных значениях регулировочных параметров, а также

при набросе и сбросе нагрузки отличаются и не имеют строгой линейной зависимости. 2. Оптимизация рабочих процессов двигателя позволит уменьшить удельный расход топлива на 4...5 % и уменьшить потери мощности двигателя на 3...4 % при работе с неустановившейся нагрузкой. 3. Экспериментальные,

лабораторные и полевые исследования подтвердили адекватность расчетов теоретических с экспериментальными: частоты вращения коленчатого вала двигателя (отклонение 4...5 %), часового расхода воздуха (отклонение 4...7 %) и цикловой подачи топлива (отклонение 6...8 %).

УДК 621.432.4:621.436.25

*С.А. Ерощенко, В.А. Корогодский, О.В. Василенко, Е.П. Воропаев
S.A. Eroshchenkov, V.A. Korohodskiy, O.V. Vasilenko, E.P. Voropaev*

УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАЛОРАЗМЕРНЫХ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

IMPROVEMENT OF ECOLOGICAL - ECONOMIC INDEXES OF LITTLESIZE PETROL COMBUSTION ENGINES

В настоящее время малоразмерные бензиновые двигатели внутреннего сгорания (ДВС) получили широкое распространение в народном хозяйстве Украины. Один из путей повышения эколого-экономических показателей ДВС – это переход от внешнего смесеобразования (карбюратор) к внутреннему смесеобразованию. Под внутренним смесеобразованием подразумевается непосредственный впрыск топлива (НВТ) с расслоением топливовоздушного заряда. Под расслоением топливовоздушного заряда (РТВС) следует понимать такую организацию процесса смесеобразования, при которой обеспечивается разная по объему камеры сгорания концентрация смеси (или разный коэффициент избытка воздуха α). При этом в зоне электродов свечи зажигания концентрируется топливно-воздушная смесь с $\alpha=0,4\div 1,25$, а у стенок камеры сгорания – практически только воздух.

Экспериментальные исследования проводились на базе кафедры ДВС НТУ "ХПИ" на одноцилиндровом двухтактном двигателе ДН-4М (S/D=87/82) с искровым зажиганием (ИЗ), воздушным охлаждением и кривошипно-камерной продувкой производства завода "Гидромаш" (г. Мелитополь) по нагрузочным характеристикам при частоте вращения коленчатого вала $n=3000$ мин⁻¹.

Для проведения аналитических исследований процессов газообмена и определения коэффициента остаточных газов

была создана твердотельная трехмерная модель двигателя, на основе которой создана сеточная модель и проводилось численное моделирование с использованием программного комплекса MTF5®.

Для определения основных технико-экономических показателей ДВС в работе использовалась термодинамическая модель. В модели используется зонный подход, то есть газоздушный тракт двигателя разбивается на ряд зон (по назначению) и для каждой зоны составляются уравнения сохранения энергии, массы, уравнения состояния и изменения объема зоны. Стыковка зон производится по равенству потоков энергии и массы на выходе из предыдущей зоны и входе последующей. В математическую модель введены два дополнительных коэффициента – L , L' : соответственно абсолютный и относительный коэффициент превышения нижнего предела распространения фронта пламени в бензовоздушных смесях в ДВС. Использование данных коэффициентов позволяет хотя бы качественно оценивать влияние процессов смесеобразования в цилиндре на показатели двигателя в целом.

Применение НВТ на режимах нагрузочных характеристик позволило снизить на 45 %, ($g_{e \min}$) расход топлива с 483 г/(кВт·ч) (карбюраторная система питания) до $g_{e \min}=264$ г/(кВт·ч) ($\eta_{e \max}=0,31$) при впрыске с РТВС. Также использование системы НВТ и эффективная организация внутрицилиндровых

рабочих процессов с РТВС позволило повысить индикаторный КПД двухтактного двигателя с ИЗ до 44,2 % при $P_e = 0,25-0,275$ МПа. Применение НВТ при организации РТВС снижает

токсичность отработавших газов (CO , C_nH_m) двухтактного двигателя с искровым зажиганием в 7-10 раз.

УДК 629.083

С.С. Тимофеев
S.S. Timofeyev

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ И УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
МИКРОНЕОДНОРОДНОГО ДИФФУЗИОННОГО СЛОЯ**

**DEVELOPMENT OF MODELS AND ELASTOPLASTIC PROPERTIES
MICROINHOMOGENEOUS DIFFUSION LAYER**

Построение адекватной модели механического поведения композиционного слоя даёт возможность достаточно точно оценивать его деформационные свойства, прочностные характеристики, несущую способность и т. д. Помимо механических свойств компонентов, на характеристики слоя существенным образом влияют геометрические особенности структуры материала, т. е. характер распределения компонентов в слое. В качестве структурных моделей композиционного слоя рассмотрим здесь две:

- случай, когда оба компонента представляют собой взаимопроникающие каркасы (так называемая матричная смесь);
- случай, когда компоненты хаотически распределены в слое.

При разработке модели композиционного слоя накладываются следующие ограничения:

- композиционный слой предполагается только двухкомпонентным;

- механическое поведение материала компонентов описывается в рамках теории малых упругопластических деформаций;

- физические и геометрические величины, рассматриваемые в модели, считаются статистически однородными и эргодическими полями;

- все процессы деформирования слоя, протекающие под воздействием детерминированных нагрузок, являются квазистатическими;

- адгезия между материалами компонентов по границам раздела предполагается идеальной;

- воздействие массовых сил на компоненты композита не учитывается;

- функции, описывающие в определяющих уравнениях нелинейное деформирование материала компонентов, зависят только от второго инварианта тензора деформаций.

УДК 621.9.047.7.785.5

А.Л. Комарова
A.L. Komarova

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПАРООКСИДУВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ
ТРИБОТЕХНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВІВ**

**IMPROVEMENT OF PROCESSU PAROOKSIDUVANNYA FOR THE INCREASE OF
TRIBOTEKHNICHNIKH PROPERTIES OF IRON-CARBON ALLOYS**

Паротермічне оксидування застосовується для підвищення зносостійкості пар тертя, підвищення стійкості різального інструменту,

опору корозії і ін. Основними параметрами технологічного процесу паротермічного оксидування є температура процесу і його

тривалість. Практика обробки деталей у середовищі пари показує, що на структуру покриттів, окрім температури, тривалості процесу, істотний вплив мають умови нагріву і охолодження. У зв'язку з цим вибору параметрів технологічного процесу паротермічного оксидування і встановленню оптимального співвідношення між характером структури і рівнем властивостей приділяється серйозна увага. Неправильне проведення обробки може стати причиною отримання неякісного покриття.

Для вирішення поставлених завдань необхідна розробка технологічного процесу паротермічного оксидування з накладенням електричного поля. Проведені дослідження показують, що електричне поле починає істотно впливати на фізико-хімічні процеси, що відбуваються при формуванні покриттів при значенні напруженості електричного поля більше, ніж 10^6 В/м.

Отже, значення напруженості електричного поля, що дорівнює $2 \cdot 10^6$ В/м, задовольняє усі необхідні умови і є оптимальним. Для виявлення ефективності використання нової технології були проведені випробування захисних покриттів на триботехнічні властивості (зносостійкість, задиростійкість, коефіцієнт тертя).

Порівняльний аналіз поданих результатів дослідження показує, що обробка виробів в атмосфері перегрітої пари води і електричного поля при температурі 450°C приводить практично до таких самих зносостійких результатів, як і обробка звичайним парооксидуванням при температурі 600°C .

Отже, розроблена технологія обробки виробів із залізовуглецевих сплавів в атмосфері перегрітої водяної пари і електричного поля дає змогу створювати захисні покриття на виробах, які проходять попередню термічну обробку: гартування і середній відпуск.

УДК 621.8

Л.А. Тимофеева, А.Ю. Дьомін
L.A. Timofeyeva, A.Y. Dyomin

ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

TECHNOLOGY FOR THE RESTORATION OF PARTS OF THE TRANSPORT DESTINATION

В умовах інтенсифікації роботи транспортних засобів значно зростають вимоги до їх надійності в експлуатації. У цьому зв'язку фахівці багатьох країн прагнуть змінити підходи до технології технічного обслуговування та ремонту засобів транспорту, щоб максимально збільшити ефективність їх роботи, мінімізувати час простою й кількість несправностей вузлів.

В даний час на підприємствах залізничного транспорту України використовується планово - попереджувальна система ремонту рухомого складу. У даній виробничій системі сумарні витрати на ремонт рухомого складу досить великі, але питомі наведені витрати на утримання одиниці рухомого складу – мінімальні. Також слід зазначити, що з урахуванням не використовуваних резервів й наявності надлишкових трудових та матеріальних ресурсів ефективність даної системи ремонту не можна визнати достатньою. Тому зараз

першочерговим завданням є заміна існуючої мети функціонування системи планово - попереджувального ремонту – мінімум витрачання ресурсів при виконанні заданого обсягу ремонтів, на нову мету – максимум відновлення ресурсу деталей вузлів та агрегатів рухомого складу при обмеженому обсязі витрат у системі ресурсів.

Вирішення поставленої задачі пропонується розглянути на прикладі відновлювального ремонту найбільш відповідальної деталі дизеля – колінчастого вала. Пропонується використовувати комплексну технологію відновлення працездатності колінчастого вала дизелів транспортного призначення, яка відповідає критеріям застосовності, довговічності й техніко-економічної ефективності, в оцінці технологій відновлення. Дана технологія включає в себе термічну обробку й нанесення антифрикційного шару в одному технологічному циклі. Отримані нові експлуатаційні властивості поверхні дозволяють підвищити

експлуатаційний ресурс пари шийка – вкладиш й колінчатого вала у цілому.

Задачу оптимізації технологічного процесу відновлення за запропонованою

методикою вирішуємо, використовуючи теорію графів, яка дає уявлення про можливі варіанти технологічних операцій, що забезпечують мінімальне значення цільової функції.

УДК 621.436:662.756.3

*А.О. Каграманян, В.В. Захарченко
A. Kagramanian, V. Zakharchenko*

ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ У ЛОКОМОТИВНОМУ ГОСПОДАРСТВІ

THE PROBLEM OF USE OF ALTERNATIVE FUELS IN THE LOCOMOTIVE SECTOR

Підвищення паливної економічності та поліпшення екологічних показників силових установок тепловозів шляхом використання альтернативних палив є актуальною науково-технічною задачею.

У результаті проведених досліджень з розв'язання поставленої задачі отримано нижченаведені результати.

Існуючий парк дизелів може бути переведений на використання біодизеля як добавки до традиційного дизельного палива без внесення конструктивних змін у двигуни, відсутнього погіршення їх техніко-економічних показників.

Виходячи із світових тенденцій та діючих нормативних актів для використання біодизеля

на підприємствах Укрзалізниці необхідно передбачити комплекс підготовчих заходів, насамперед організаційних, які забезпечать його ефективне використання:

- по-перше, вирішити проблеми, які стосуються здатності технічного засобу працювати на альтернативному паливі та питань переобладнання технічних засобів;

- по-друге, вирішити проблеми, що стосуються виконання існуючих стандартів на дизельне пальне з добавками біодизеля;

- по-третє, вирішити проблеми технічної підготовки підприємств Укрзалізниці до використання біодизеля.

УДК 691.3

*О.А. Плузін, С.Г. Нестеренко
O.A. Plugin, S.G. Nesterenko*

РОЗРОБКА ПОЛІМЕРЦЕМЕНТНИХ КОМПОЗИЦІЙ ДЛЯ ЗАХИСТУ КОНСТРУКЦІЙ ВІД ЕЛЕКТРОКОРОЗІЇ

DEVELOPMENT OF POLYMER AND CEMENT COMPOSITIONS FOR PROTECTION OF CONSTRUCTIONS FROM ELECTRIC CORROSION

Відомо, що конструкції із бетону, цементно-піщаного розчину, які експлуатуються в обводнених умовах на електрифікованих ділянках залізниць, руйнуються від дії електричного струму, який проходить крізь них.

Для підвищення довговічності споруд залізничного транспорту, що експлуатуються в умовах дії струмів витікання та обводнення, розглядається два основних напрямки захисту конструкцій: зменшення водопроникності та

збільшення електричного опору матеріалу конструкції.

Досліджено можливість використання полімерцементних розчинів як захисного шару конструкції. Прикладом сумісного з цементом полімерного зв'язуючого розглядається карбамідно-формальдегідна смола, яка, як відомо, має значну міцність і великий електричний опір. Установлено, що при відновлювальних роботах бетонних поверхонь транспортних споруд найбільш прийнятними отверджувачами карбамідних полімеррозчинів є шавелева кислота і хлорне залізо, які і були обрані для досліджень.

Виходячи з даної проблеми, виконані експериментальні дослідження впливу кількості отверджувача на термін тужавління смоли і електричний опір відповідного полімерцементного в'язуючого. Застосований новий механізм полімеризації системи за допомогою перезаряджання поверхні піску, який служить наповнювачем в системі, розчином хлорного заліза.

Виконані дослідження підтвердили можливість виготовлення полімерцементних розчинів із карбамідною смолою для електрокорозійного захисту конструкцій з бетону, залізобетону та кам'яної кладки.

УДК 691.535

*А.А. Плугин, Т.А. Костюк, В.А. Арутюнов, Ю.А. Суханова, Н.Н.Партала
A.A. Plugin, T.A. Kostyuk, V.A. Arutiunov, N.M. Partala, Yu.A. Sukhanova*

РУЛОННЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ РЕМОНТА И ГИДРОИЗОЛЯЦИИ БЕТОННЫХ, ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ

ROLL COMPOSITE MATERIAL FOR REPAIR AND WATERPROOFING OF CONCRETE, REINFORCED CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES AND BUILDINGS

Разработан рулонный композиционный материал для ремонта и гидроизоляции бетонных, железобетонных и каменных конструкций и сооружений. Материал состоит из нетканого материала объемной структуры НМОС, насыщенного сухой смесью портландцемента и комплекса химических добавок. При использовании насыщается водой и прижимается к защищаемой поверхности. Отвердевая, прочно сцепляется с основанием, приобретает высокую механическую прочность и водонепроницаемость.

Установлено, что НМОС обеспечивает повышение прочности цементного камня при изгибе на 35% до 17,4 МПа, сцепления с поверхностью бетона – на 26% до 3,9 МПа, снижение водопоглощения – на 27 %, до 0,95 % по массе.

Установлено, что наблюдаемое улучшение физико-механических и гидрофизических свойств в результате введения комплекса солей электролитов обусловлено образованием дополнительного

количества как низкоосновных гидросиликатов кальция, так и кристаллогидратов гидросульфоалюминатов, гидрохлоралюминатов, гидрокарбоалюминатов кальция, а также кальцита.

Полученный РКМ рекомендуется использовать для ремонта и гидроизоляции бетонных, железобетонных и каменных конструкций и сооружений, силовой герметичной заделки швов и стыков, например, между бетонными или асбестоцементными трубами и т.п.

Проверка эффективности работы защитного рулонного покрытия была проведена с помощью водного раствора люминофора путем нанесения его на пористые модельные образцы и исследования полученных образцов в ультрафиолетовом излучении. Исследования показали, что проникание водных растворов возможно в капиллярно-пористые тела с размерами капилляров более 5 мкм.

УДК 620.18

О.С. Борзяк, Д.А. Плуґін
O.S. Borziak, D.A. Plugin

**ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ІНФРАЧЕРВОНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ
БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

**USING METHOD FOR INFRARED SPECTROSCOPY FOR THE EXPLORATION OF
MATERIALS**

Метод інфрачервоної спектроскопії – метод спектрального аналізу, що широко використовується для дослідження будівельних матеріалів. Молекулярний спектральний аналіз є оптичним методом, що дозволяє по спектрах визначати склад і кількість молекул у досліджуваній речовині. Він заснований на вивченні динаміки руху молекул, зокрема, їхніх коливань під впливом зовнішнього випромінювання. На збудження коливальних рухів визначених молекул витрачається (поглинається) енергія променів визначеної довжини хвилі. Для цілей молекулярного спектрального аналізу по інфрачервоних спектрах поглинання використовують частіше область спектра з довжиною світлових хвиль λ від 2 до 25 μm , що згідно $\gamma = \frac{10000}{\lambda}$

відповідає хвильовим числам $\gamma = 5000 \div 400 \text{cm}^{-1}$ (зворотні сантиметри).

Характер поглинання інфрачервоних променів залежить від атомно-молекулярного складу досліджуваних речовин, а ступінь поглинання від кількості поглинаючих атомних груп. У результаті, поряд з якісними характеристиками досліджуваних речовин, можна робити кількісну оцінку атомно-молекулярного складу досліджуваної проби.

Природа енергетичного стану атомів і молекул, що розглянута на основі уявлень про абсолютний електроповерхневий потенціал атомів простих речовин, а також молекул складних речовин, дасть можливість підвищити інформативність методів спектрального аналізу в цілому і методів інфрачервоної спектроскопії зокрема.

УДК 691.32

А.В. Афанасьев . А.В. Романенко
A.V. Afanasyev, A.V. Romanenko

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА СМАЧИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ ЭПОКСИДНО-КАМЕННОУГОЛЬНЫМ ЗАЩИТНЫМ СОСТАВОМ

**INVESTIGATION OF THE MECHANISM OF WETTING THE SURFACE OF STEEL COAL
TAR EPOXY PROTECTIVE STRUCTURE**

Эпоксидно-каменноугольные составы широко используются для защиты от коррозии металлических конструкций, в том числе и на железнодорожном транспорте. Покрытия на основе эпоксидных связующих, содержащие каменноугольные смолы, традиционно используются для долговременной защиты стальных и бетонных поверхностей от воздействий морской и пресной воды, для гидроизоляции подземных каналов и трубопроводов. Они также показали очень

высокую эффективность при прямом контакте с различными агрессивными химическими веществами. Высокий защитный потенциал эпоксидно-каменноугольных покрытий предопределяет их применение в мостостроении, в резервуарах с нефтью, фундаментах, трубопроводах, портовых терминалах, шлюзовых и гидротехнических сооружениях.

Защитные покрытия должны обладать рядом свойств, обеспечивающих надежную

защиту от коррозионного разрушения, а значит, и долговечность металлических конструкций. На срок службы защитного покрытия может влиять ряд факторов, в том числе и способ нанесения состава, смачивание поверхности.

Исследование механизма смачивания металлической поверхности эпоксидно-каменноугольным защитным составом выполнялось по методике измерения краевого угла смачивания. Рассмотрены традиционные представления о смачивании твердой поверхности жидкостями, базирующиеся на рассмотрении схемы равновесия жидкой капли

на твердой поверхности под действием поверхностных натяжений на границах раздела трех фаз – твердой – жидкой и газообразной. Проведенные исследования показали, что более информативную картину, дающую возможность оценить смачивание стальной поверхности эпоксидно-каменноугольным составом, дает схема действия сил в системе «капля жидкости – твердая поверхность». В результате проведенных исследований были выведены уравнения, дающие возможность определить краевой угол смачивания для компонентов защитных покрытий.

УДК 666.913

А.А. Баранова
A.A. Baranova

**ОБОСНОВАНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ ЧАСТИЦ СЫРЬЕВОГО ГИПСА ДЛЯ
ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ
ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО**

**RATIONALE DISPERSED PARTICLES RAW GYPSUM FOR IMPROVED HEAT
EXCHANGERS PROCESS FOR OBTAINING A GYPSUM BINDER**

Интенсивность обжига двуводного гипса обусловлена в первую очередь размерами частиц, т.е. чем меньше диаметр частиц сырьевого материала, тем быстрее будет происходить процесс дегидратации. Максимальная скорость обжига будет достигаться при размерах частиц 20-30 мкм (пылевидный материал). Однако при обжиге пылевидного материала появляется ряд проблем. Пылевидные частички гипса имеют большую поверхностную энергию, в результате чего будет наблюдаться их агрегация и образование комков неконтролируемого размера, что ведет к нарушению процесса обжига и зонированию химического состава в частице.

Химическая связь адсорбируемой молекулы с поверхностью в общем случае описывается волновой функцией, представляющей собой сумму волновых функций для ковалентной и ионной связи. Расчет энергии химической связи наиболее корректно разработан на основе метода молекулярных орбит Миликена - Гунда. Точность расчетов химической сорбции в значительной мере зависит от возможности учета степени заполнения поверхности,

геометрической структуры поверхностного слоя и их влияния на величину суммарной энергии. В тех случаях, когда химическая адсорбция сопровождается диссоциацией молекул на атомы, для ее осуществления необходима некоторая энергия активации. Энергия активации определяется не только механизмом элементарного акта разрушения, но и природой адсорбционных центров. Основная особенность электронной теории заключается в том, что в ней учитывается влияние объема твердого тела. В частности, Коган показал, что в случае малых размеров тела положение уровня Ферми на его поверхности зависит от дисперсности, в связи с чем изменяются и ее удельные адсорбционные свойства. Эффект дисперсности становится заметным, когда размер зерен сравним с длиной дебаевского экранирования.

Характеристикой измельчаемого материала является распределение его частиц по размерам, или его гранулометрический состав. Значения интегральной функции $R(\delta)$ описывается зависимостью Розена - Раммлера

$$R(\delta) = \exp(-b \delta^n),$$

где b и n - параметры идентификации кривой k

опытным данным.

УДК 725

I.V. Podtelezhnikova
I.V. Podtelezhnikova

НАПРЯМКИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОСТОРУ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВОКЗАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ З МЕТОЮ ІНТЕГРАЦІЇ РЕСУРСІВ НА ЇХНІЙ РОЗВИТОК

DIRECTIONS OF SPACE ORGANIZATION OF RAILWAY STATION COMPLEXES FOR THE INTEGRATION OF RESOURCES FOR THEIR DEVELOPMENT

Вокзальні комплекси (ВК) в усьому світі стимулюють розвиток міст, у яких вони розташовані. Вони не тільки привабливі для бізнесу самі по собі, але й провокують зростання цін на об'єкти нерухомості, розташовані на привокзальних площах, але в Україні вокзальні комплекси є об'єктами, що не окупаються. Нераціональне використання простору, відсутність розвитку відбивається на якості й швидкості обслуговування. Існує світовий досвід насичення додатковими функціями великих транспортно-пересадних вузлів, який підтверджує необхідність грамотного структурування простору.

Було встановлено, що для ефективного проектування модернізації ВК необхідно з'ясувати: які додаткові функції будуть актуальні, які фактори впливають на структурування комплексу, від чого залежать, оптимальне співвідношення між обсягом комерційної діяльності ВК і об'єктами транспортного обслуговування. А визначення необхідного складу елементів буде

зумовлюватися характером зв'язків і відносин між елементами.

Розпізнання цінних архетипів середовища й принципів забезпечення її цілісності в умовах постійного відновлення сприяє вдалому впровадженню нового елемента й використання можливостей перетворення. Таким чином, закономірності структурування будуть залежати від структурних характеристик: місця розташування, особливостей транспортної зони, насичення об'єктами обслуговування прилеглих територій, площі ділянки й забудови, використання підземного простору, етнічних і кліматичних особливостей.

Виявлено критерії ефективності прийнятого проектного рішення, було запропоновано ділення на групи: критерії, що визначають вибір рішення на етапі проектування; критерії, що визначають подальший розвиток на етапі експлуатації упродовж певного часу.

УДК691.3

V.V. Kasyanov
V.V. Kasyanov

МЕТАЛІЗАЦІЯ БЕТОННИХ, ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ТА КАМ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ І СПОРУД МЕТОДОМ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО НАПИЛЕННЯ МЕТАЛІВ НА ЇХ ПОВЕРХНЮ

METALLIZATION OF CONCRETE, REINFORCED CONCRETE AND STONE`WOODEN STRUCTURES AND FACILITIES BY HIGH DEPOSITION OF METAL ON THE SURFACE

Значна частина конструкцій та споруд електрифікованих постійним струмом залізниць експлуатується під дією струмів

витоку, які наводять на конструкції відповідний електричний потенціал, що у свою чергу сприяє електрокорозії. Принципово новим рішенням

захисту таких споруд є високотемпературне напilenня металів на бетонну поверхню.

Процес нанесення металу на підготовлену бетонну поверхню здійснюють методом напilenня гарячого розплаву. Метал розплавляється під дією полум'я, газового струменя (у газових металізаторах МГІ-1-57 продуктивністю 8...10 м²/год) та у вигляді найдрібніших крапельок переноситься під тиском газового або повітряного струменя на поверхню, що металізується.

Використання плазмового поверхневого напilenня для металізації бетону є новим

видом застосування плазми металів. Плазмова металізація бетону надає можливість усунути складнощі експлуатації та покращити живописне оздоблення бетонних конструкцій.

Всілякі види плазмової обробки вже застосовуються за кордоном як для оздоблення бетонних конструкцій, так і для захисту від електрокорозії та агресивного середовища. При плазмовій металізації бетону перед технологами постає ряд питань, які обумовлені різним складом бетонного каменя та залізобетонних конструкцій в цілому.

УДК 624.138

Л.В. Трикоз, О.С. Герасименко
L.V. Trykoz, O.S. Gerasymenko

ВЫБОР ВИДА И МАТЕРИАЛА ЗАЗЕМЛЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ НАРУШЕНИЙ УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

CHOOSING THE TYPE AND MATERIAL TO PREVENT VIOLATIONS OF THE STABILITY OF THE GROUND CONTAIN MATERIALS

Експериментальними дослідженнями було встановлено, що фільтрація води через ґрунтосодержащіє матеріали приводить до накопленню великої різниці потенціалів між електродами, а це, в свою чергу, викликає зміщення частинок ґрунту під дією електрокінетических явищ і приводить до порушенню стійкості ґрунтових масивів. По закону електронейтральності порушене рівновагу в подвійному електричному шарі повинно відновлюватися за рахунок протікання частин заряду між шарами потенціалопределяючих іонів і протіонів під впливом сил, які визначаються напруженістю електростатического поля, сформованого в даному випадку надлишковими зарядами. Цими силами протидіють сили зв'язу, утримуючі заряди, т.е. сила притягання між частинками, в зв'язі з чим накоплювалася різниця зарядів і потенціалів. Як тільки напруженість електрополя як силова його характеристика перевищила відповідуючу силу зв'язу, частинки почали рухатися в

сторону позитивного заряду. Зменшення вологості уповільнює процес накоплення потенціалів, але шунт дозволяє швидше нейтралізувати наслідки розподілу зарядів. Для запобігання накопленню надлишкових зарядів були проведені дослідження виду і матеріалу шунта для запобігання оползнев. В моделі насипу встановили два види шунта – в формі мідної проволочки діаметром 2,5 мм і в формі сталевий смужки шириною 2,5 см. Вимірювання потенціалів проводили мультиметром при черговому зволоженні-висушенні. Результати вимірювань свідчать, що установка шунтів привела до зменшення різниці потенціалів між першим і третім електродом. Таким чином, експериментально підтверджено усунування накопленої за рахунок фільтрації води різниці потенціалів шунтом як в формі мідної проволочки, так і в формі смужки з нержавіючої сталі. Показано, що другий вид шунтування є більш ефективним, ніж шунтування мідної проволочкою.

УДК 691.3

О.А.Плугін, О.А. Конєв
O.A. Plugin, O.A. Konev

**МЕХАНІЗМ ВИНИКНЕННЯ ВНУТРІШНІХ НАПРУЖЕНЬ В ОБВОДНеноМУ БЕТОНІ
ВІД ДІЇ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ**

**MECHANISM OF ORIGIN OF INTERNAL STRESS IN FLOODED CONCRETE
FROM DIRECT CURRENT**

На практиці дійсна довговічність бетону і конструкцій з нього набагато менше запроєктованого. Це пов'язано з виникненням внутрішніх напружень і тріщин від ряду факторів, основним з яких є вплив блукаючих струмів на обводнені конструкції.

Відмічено, що електроміграційне перенесення катіонів кальцію Ca^{2+} з подвійного електричного шару ПЕШ частинок гідросилікатного гелю та капілярів бетону знижує концентрацію катіонів Ca^{2+} в розчині, внаслідок чого в бетоні виникає надлишковий негативний заряд, зростають розтягувальні деформації зразка і дротяних датчиків, і, відповідно, вимірювальний струм. Дія вказаного напруження приводить до

вилугування бетону на контакті з водою і його електрокорозійного руйнування. При проходженні поїздів з електричною тягою величини зазначених зарядів і потенціалів циклічно збільшуються і зменшуються, викликаючи повторювані багаторазово розтягувальні напруження і деформації в конструкціях. Це в підсумку призводить до виникнення тріщин розриву.

У зв'язку з цим були проведені експериментально-теоретичні дослідження, які підтверджують реальність виникнення розтягувальних напружень і деформацій в обводненому бетоні і виникнення мікротріщин у ньому під дією пульсуючої однонаправленого напруження і струму.

УДК 621.892

Д.В. Онопрейчук, О.В. Кебко
D.V. Onopreychuk, A.V. Kebko

ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ОЛИВ ТА РОБОЧИХ РІДИН БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН

ELECTRICAL PROPERTIES OF OIL AND WORKING FLUID CONSTRUCTION MACHINERY

Сьогодні система технічного обслуговування будівельних машин включає в себе діагностування окремих елементів машини, а діагностування мастильних матеріалів, зокрема таких, як моторна олива, робоча рідина і т.д., особливо бортове діагностування, практично відсутні. Відомо, що саме від таких мастильних матеріалів залежить надійність машини в цілому. Для покращення мастильних властивостей олив у них додають функціональні присадки, які формують на поверхнях тертя граничну плівку та зменшують тертя та знос елементів машини. Останнім часом виконуються науково-дослідні роботи, спрямовані на розробку засобів та методів діагностування якості мастильних матеріалів. В цих дослідженнях як діагностичні параметри

покладені або механічні властивості граничної плівки чи її несуча здатність, або її електричні властивості (діелектрична проникність, електропровідність тощо).

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, а, як відомо, рідкі кристали нелінійно реагують на зовнішні електричні та магнітні поля. Саме така нелінійність є головною відмінністю присадки, яка відсутня у більшості домішок в оливах.

Як відомо, рідкі кристали нелінійно реагують на зовнішні електричні та магнітні поля. Саме така нелінійність є головною відмінністю присадки, яка є у більшості олив.

Наявність присадок в оливі суттєво впливає на характер вольт-амперної характеристики, що виражається появою нелінійності. Порівняння вольт-амперних характеристик олив показує, що нелінійність зростатиме із зростанням

ефективності дії присадок. Таким чином, ці закономірності можуть бути використані як діагностичний параметр поточного стану оливи та робочих рідин.

УДК 621

М.П. Ремарчук, Я.А Ковальова
M. Remarchuk, Y. Kovaleva

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ
У МЛИНІ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ ДІЇ

RESEARCH OF PROCESS OF GROWING OF BUILD MATERIALS SHALLOW
IS IN MILL OF HYDRODYNAMIC ACTION

Із наукової літератури відомий принцип гідродинамічного змащення підшипника, конструктивне рішення якого показано на рис. 1. Позицією 1 (див. рис. 1) позначена робоча, а позицією 2 – неробоча зона змащення підшипника. Відомо, що матеріали з незначними розмірами по перерізу ведуть себе як рідини. Тому подальше їх подрібнення

можна обґрунтувати на основі теорії гідродинаміки М.П. Петрова і Б.Т. Емцева. Часткову розгортку кільцевої робочої зони конфузотно-дифузотного каналу для подрібнення матеріалу і для входу і виходу матеріалу в лінійних розширених каналах показано на рис. 2.

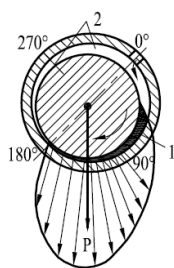


Рис. 1. Схема роботи підшипника

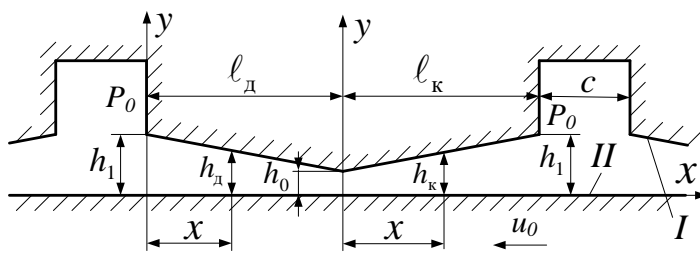


Рис. 2. Часткова розгортка робочої зони кільцевого конфузотно-дифузотного каналу млина

Позначення на рис. 2 характеризують таке: x, y – декартові системи координат; u_0 – лінійна швидкість переміщення гладкої поверхні; l_k, l_d – довжина конфузотного і дифузотного кільцевого каналу; h_0, h_1 – мінімальне і максимальне значення зазору в кільцевому каналі; h – поточне значення

кільцевого каналу по координаті x ; P_0 – тиск на вході і виході конфузотного і дифузотного кільцевого каналу.

Загальний вигляд рухомих кілець з різною кількістю виступів, що створюють з гладким нерухомим кільцем конфузотно-дифузотні канали, показано на рис. 3.

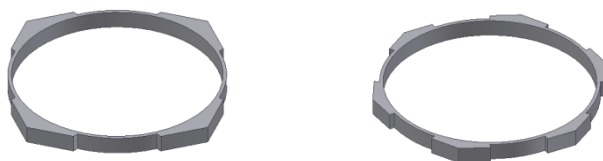


Рис. 3. Загальний вигляд рухомих кілець з чотирма і шістьма виступами

Виконаними теоретичними і експериментальними дослідженнями встановлена така кількість виступів на

рухомому кільці, яка забезпечує найбільш ефективне подрібнення будівельних матеріалів.

УДК 621.892

*С.В. Воронін
S.V. Voronin*

ОЦІНКА ТРИБОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РІДКОКРИСТАЛІЧНИХ ШАРІВ ГРАНИЧНОЇ ПЛІВКИ

EVALUATION OF TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE LIQUID CRYSTAL LAYERS BOUNDARY FILM

Основними вимогами до поверхнево-активних речовин, що додаються до вуглеводневих базових олив, є максимальна адгезія до твердої поверхні тертя та мінімальна когезія між їх молекулярними шарами. При цьому досягається мінімум сил тертя в широкому діапазоні навантажень. Граничне навантаження для шарів ПАР визначається їх несучою здатністю, тобто силою, достатньою для руйнування. Сьогодні накопичений великий експериментальний матеріал щодо трибологічних властивостей різних за формою та природою ПАР. Однак досі не існує чіткої теорії, яка б задовольняла всі існуючі експериментальні дані. Наприклад, Боуден, спираючись на власні дослідження та дослідження Гарді, пропонує поділяти існуючі змащувальні речовини на такі, що не змінюють коефіцієнт тертя від зовнішнього навантаження, та такі, для яких коефіцієнт тертя зменшується на початковому етапі по мірі зростання навантаження. До останніх відносять спирти та жирні кислоти. Ці речовини, особливо жирні кислоти, дозволяють отримати найменші значення коефіцієнта тертя за певних концентрацій. Механізм їх змащувальної дії пов'язаний із властивістю утворювати на поверхнях тертя полімолекулярну плівку кристалічної будови, однак це не пояснює отриманої раніше залежності коефіцієнта тертя від зовнішнього навантаження. Скоріш за все такий характер тертя обумовлений шаруватою будовою граничної плівки, кожен з шарів якої має власні трибологічні властивості. Тоді результати, отримані Боуденом, Гарді та іншими, пояснюються низькою несучою здатністю та

високим коефіцієнтом тертя верхнього шару, а нижні шари (наближені до поверхні тертя) мають зворотні властивості. Якщо взяти за основу таке уявлення про граничну плівку, то можна припустити, що нижній шар наближається за своєю будовою до смектичного рідкого кристалу, а верхній – до нематичного рідкого кристалу.

При дослідженні властивостей таких кристалічних шарів граничної плівки одним з головних завдань є теоретичне визначення несучої здатності та сил зв'язку в шарах, як у нормальному напрямку – сили когезії, так й у тангенційному – сили тертя. Частково така задача вирішувалась в роботі А. Камерона, а саме, були визначені сили когезії та тертя для шарів жирної кислоти з врахуванням вандерваальсового притягування метильних груп. Однак основні припущення, прийняті в роботі, викликали ряд сумнівів. Наприклад, при розрахунку сили тертя автор нехтує мінімальним значенням потенційної енергії системи, для розрахунку взаємодії між CH_3 – групами молекул в кристалі приймає значення енергії зв'язку для CH_2 – груп, веде розрахунок сил для довільної відстані (3,09 Å) між метильними площинами кристалу. Крім цих зауважень, зроблених Б.В. Дерягіним, А.С. Ахматовим та іншими вченими, слід вказати також на ще одне вагомe зауваження: при розрахунку сил взаємодії слід враховувати теплові коливання молекул в кристалі, саме ці коливання визначають середню відстань між молекулами за різних температур.

Із врахуванням вищевказаних недоліків були розроблені математичні моделі для розрахунку енергії зв'язку, сили когезії та тертя

в шарах нематичного та смектичного рідкого кристалу стеаринової кислоти. Згідно з проведеними розрахунками за розробленими моделями встановлено, що сили тертя в смектику, порівняно із нематиком, мають нижчі значення, тоді як його несуча здатність суттєво перевищує несучу здатність нематика. Так, для несучої здатності нематика були отримані значення 0,45 МПа, а згідно з проведеними

розрахунками, смектику відповідають значення від 17...21 МПа, в залежності від температури. Такі дані підтверджують результати попередніх досліджень, в яких встановлене зменшення коефіцієнта тертя із зростанням зовнішнього навантаження. Слід також відзначити, що питома сила тертя, значення якої були отримані в розрахунках, не є повною силою тертя, а є її молекулярною складовою.

УДК 625.032

С.В. Воронін, Є.М. Коростельов
S.V. Voronin, J.M. Korostelyov

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РЕЙКОШЛІФУВАННЯ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ЗМАЩУВАННЯ РЕЙОК

PERFECTION OF TECHNOLOGY OF POLISHING OF RAILS IN THE USE OF GREASING OF RAILS

Одним з перспективних напрямів у роботі залізничного транспорту в наш час є підвищення надійності колії і ходових частин рухомого складу при одночасному зниженні експлуатаційних витрат на основі запровадження ресурсозберігаючих технологій. Зниження інтенсивності бокового зносу рейок і коліс рухомого складу – один з основних напрямів у цій галузі.

В результаті попередніх експериментів більшість учених дійшли висновку, що проблему бокового зносу рейок і гребенів коліс у кривих ділянках колії можна вирішити шляхом змащування контактуючих поверхонь рейок і гребенів коліс.

На вітчизняних залізницях дослідне застосування змащування почалося ще в 50-ті роки минулого сторіччя. Проте не для всіх умов експлуатації вдавалося підібрати ефективне мастило і надійну технологію нанесення її на контактуючі поверхні рейок і гребенів коліс.

Значного зниження сил взаємодії коліс рухомого складу з рейковою колією, а отже, і зносу контактуючих поверхонь, можна досягнути за рахунок змащування контактуючих поверхонь, підбору оптимальних режимів змащування, а також поєднання технологій рейкошліфування зі змащуванням контактуючих поверхонь при забезпеченні їх раціональної шорсткості.

Змащування рейок значно знижує напруження від тягових зусиль при контакті «колесо-рейка» і тому збільшує число циклів навантаження до появи поверхневої втомлюваності шарів металу, які беруть участь у фрикційному контакті.

Незважаючи на широке впровадження антифрикційних мастил на мережі залізниць, ефект виявився значно меншим за очікуваний. Для досягнення більш вагомого ефекту необхідно застосовувати додаткові заходи для того, щоб підвищити економічну ефективність змащування рейок і коліс рухомого складу. Вимоги збереження і охорони природи ставлять завдання створення екологічно чистих методів змащування рейок і коліс рухомого складу.

Крім того, профілактичне шліфування, при якому віддаляються поверхневі тріщини, у поєднанні зі змащуванням рейок може істотно збільшити термін служби рейок. І навпаки, нанесення мастила на пошкоджені рейки може збільшити темп зростання тріщин. Оскільки змащування знижує також боковий знос зовнішньої рейки і регулює поперечні сили в кривих, впровадження змащування рейок у поєднанні із удосконаленими методами рейкошліфування має велике значення для успішного виконання програми з ресурсозбереження на залізничному транспорті.

УДК 621.89

*С.В. Воронін, О.В. Суранов, О.О. Суранов
S.V. Voronin, A.V. Suranov, A.A. Suranov*

**ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ ОТРИМАННЯ НАНОЧАСТИНОК ВУГЛЕЦЮ
ЕЛЕКТРОДУГОВИМ МЕТОДОМ**

LABORATORY MODEL FOR CARBON NANOPARTICLES METHOD OF ELECTRIC ARC

На кафедрі БКВРМ створений стенд для отримання наночастинок вуглецю електродуговим методом. Винахід відноситься до галузі нанотехнологій, а зокрема до технологічних процесів і пристроїв для одержання наночастинок вуглецю шляхом випару графіту в електричній дузі.

Запропонований пристрій, призначений для отримання наночастинок вуглецю електродуговим способом, містить охолоджувану камеру із системою циркуляції інертного газу з засобом уловлювання наночастинок вуглецю, усередині камери розташовані два електроди, кожен електрод електрично з'єднаний з відповідним струмовводом і підключений ззовні камери до джерела живлення електричної дуги, перший з яких містить графіт і розташований уздовж осі отвору в стінці охолоджувальної камери, має можливість переміщення в напрямку другого електрода і можливість відновлювати свою первісну довжину завдяки використанню бункера з графітовим порошком, пресувальної камери та преса, який формує перший електрод.

У даному пристрої запропоновано, з метою підвищення чистоти хімічного складу отриманих наночастинок вуглецю, перший електрод формувати з чистого графітового порошку, який не містить зв'язувальних речовин, а прес оснастити голковим глибинним трамбувальним вузлом з кулачковим приводом.

Трамбувальний вузол виконаний у вигляді триступінчатого штовхача круглого перетину, на вершині якого розташований елемент другого ступеня пресування овальної форми і меншого перетину, а елемент третього ступеня пресування виконаний у формі набору голок різної висоти.

Кулачковий механізм привода трамбувального вузла встановлений з ексцентриситетом до осі штовхача.

Технічний результат від використання даного пристрою досягається тим, що є можливість отримання наночастинок вуглецю безперервно без зупинення реактора, що підвищує його продуктивність. Крім того, пристрій дає можливість отримувати наночастинки вуглецю високої хімічної частоти завдяки використанню чистого графітового порошку, який не містить зв'язувальних речовин.

УДК 66.066

*І.Ю. Сафонюк
С.В. Воронін*

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ НА ПРОЦЕС
КОАЛЕСЦЕНЦІЇ ВОДИ В ОЛИВІ**

**INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE ELECTRIC FIELD
ON THE PROCESS OF COALESCENCE OF WATER IN OIL**

Питання чистоти та якості робочої рідини (РР) завжди лишаються актуальними. Популярні методи очищення (такі як фільтрування, центрифугування, відстоювання та ін.) є дуже енергозатратними або

малоєфективними. Тому пошук нових альтернативних методів вважається доцільним. Одним із таких методів є застосування електричного поля. Вперше з комерційною метою такий метод був застосований в 1909 р. в

США, штат Каліфорнія, для дегідратації нафти. Незважаючи на довготривалість застосування електрообробки, об'єднання крапель води (коалесценція) та подальше осідання їх в зовнішньому електричному полі залишається малодослідженою сферою.

Процес коалесценції дрібнодисперсних емульсій пояснюється рухливістю крапель. Рух крапель може бути спричинений силами гравітаційного тяжіння, силами броунівського руху та силами електричного притягування. Для забезпечення коалесценції амплітуда коливань має бути близькою до відстані між сусідніми краплями або перевищувати її. Тобто необхідно створити умови, при яких ймовірність зіткнення двох сусідніх крапель буде максимальною.

На кафедрі БКВРМ УкрДАЗ були проведені дослідження з інтенсифікації

коалесценції шляхом обробки емульсії (вода в оливі 10 %) в змінному електричному полі. Предметом досліджень був фактор впливу частоти змінного зовнішнього поля на час освітлення емульсії при постійній напрузі на електродах. Результати досліджень показують, що залежність часу освітлення емульсії від частоти зовнішнього поля має сильно нелінійний характер. Найшвидше коалесценція відбувається при максимальних частотах. Оптимальний діапазон частот починається близько 3 КГц і триває до 3 МГц.

З цього можна зробити висновок, що власна частота коливань найдрібніших крапель входить в оптимальний діапазон зміни зовнішнього поля, оскільки найдрібніші краплі, за рахунок багаторазового заломлення світла, гірше пропускають світло, ніж крупні.

УДК 625.032

*С.В. Воронін, О.В. Волков
S.V. Voronin, O.V. Volkov*

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗЧЕПЛЕННЯ КОЛЕСА ІЗ РЕЙКОЮ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ

STUDY OF CLUTCH WHEELS WITH RAILS FOR USING ELECTROMAGNETIC FIELDS

На сьогоднішній час актуальність вивчення проблем зчеплення ведучих коліс із рейками є загальновідомою. Сучасний етап розвитку рейкового транспорту вимагає підвищення тягових можливостей і швидкостей руху при одночасному нарощуванні маси рухомого складу. Тому виникає необхідність в стабілізації коефіцієнта зчеплення між ведучими колесами та рейками і підтриманні його на якомога вищому рівні.

Основним методом підвищення коефіцієнта зчеплення, що застосовується на залізничному транспорті, є використання кварцового піску. Однак при його відносній доступності є ряд негативних наслідків від застосування технології подачі піску: засмічення баласту і, як наслідок, погіршення його дренажних властивостей, втрата тягової потужності в перший момент подачі піску, його руйнування і підвищений знос від абразивного впливу на колеса і рейки.

Оскільки спосіб застосування піску є морально застарілим, то сьогодні ведуться

дослідження з розроблення нових способів керування зчепленням на атомно-молекулярному рівні. Вперше такий підхід був застосований професором Д.П. Марковим. Згідно з його роботами, процес зчеплення слід розглядати з позицій фононного тертя, коли контактуючі поверхні наближаються одна до одної на відстань, близьку до міжатомної відстані кристалічної решітки металу. В цьому випадку енергія іде не на створення і руйнування адгезійних зв'язків, а на збудження коливань атомів, які у фізиці твердого тіла прийнято називати фононами. Використовуючи уявлення про фононне тертя, можна припустити можливість зовнішнього впливу на сили електромагнітної взаємодії поверхневих атомів контактуючих тіл.

Однією з перспективних технологій підвищення зчеплення в парі тертя "колесо-рейка" є вплив на контакт електричного струму та магнітного поля. Результати експериментальних досліджень, проведених Ворбійовим Д.В., показують, що при вмиканні

електричного струму і пропусканні його через контакт значно зростають сили зчеплення (коефіцієнт зчеплення зростає з 0,35 до 0,5). Суть досліджень полягала у пропусканні через контакт електричного струму 100...250 А та магнітного поля напруженістю до 7,5 КА/м.

Розвиток вказаних напрямків потребує проведення спеціальних теоретичних та експериментальних досліджень, спрямованих

на вивчення впливу зовнішніх електричних та магнітних полів на сили фонного тертя та сили зчеплення між поверхнями контактуючих тіл. На сьогодні на кафедрі БКВРМ УкрДАЗТ проведені попередні теоретичні та експериментальні дослідження, які підтвердили можливість зміни коефіцієнта зчеплення до двох разів при використанні стаціонарного електричного та імпульсного магнітного поля.

УДК 625.143

А.В. Клименко
A.V. Klimenko

ЧИСЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ СИЛ ВЗАЄМОДІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ ТА КОЛІЇ В ЗОНІ РЕЙКОВИХ СТИКІВ

NUMERICAL INVESTIGATION VERTICAL FORCE INTERACTION ROLLING STOCK AND TRACK NEAR RAIL JUNCTION

Для чисельних досліджень взаємодії рухомого складу і колії в зоні рейкових стиків розроблена математична модель, в основу якої покладена загальна розрахункова просторова схема колії у вигляді балок-рейок великої довжини, яка спирається на чисельні опори-шпали з нелінійними пружньо-дисипативними характеристиками. В моделі враховано зміни згинальної жорсткості рейкових ниток в зоні стику, що в принципі неможливо при застосуванні традиційної розрахункової схеми колії як балки на суцільній основі.

Параметри згинальної жорсткості рейкових ниток у зоні стиків були визначені експериментально.

Для встановлення особливостей взаємодії спеціального та спеціалізованого рухомого складу

залізниць незагального користування та колії були виконані багатоваріантні розрахунки. Як розрахункові були обрані чавуновози вантажопідйомністю 140 та 80 т, шлаковози з ємкістю ковша 16 м³, думпкар 6-BC-60 та ін.

Розрахунками встановлено, що при зміні рівня натягування стикових болтів від 250 до 400 кН коефіцієнт динамічності вертикальних сил змінюється в межах 1,0487 до 1,746. При збільшенні величини стикового зазору зміни коефіцієнта складають від 1,017 до 1,544, зміни відстані між осями стикових шпал викликають зміни цього параметра від 1,0494 до 1,7645.

Дослідження, що виконані, дозволяють встановлювати науково обґрунтовані норми утримання рейкових стиків в особливих умовах експлуатації колій незагального користування.

УДК 614.8 (075.8)

М.И. Ворожбян, Л.А. Катковникова
M.I. Vorozhbiiian, L.A. Katkovnikova

СТАТИСТИКА РАЗВИТИЯ АЛКОГОЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ СРЕДИ МОЛОДЕЖИ УКРАИНЫ

STATISTICS OF DEVELOPMENT OF ALCOHOLIC DEPENDENCE AMONG YOUNG PEOPLE OF UKRAINE

Алкоголь является причиной почти 4 % всех смертей в мире. Уровень потребления

алкоголя в Украине является одним из самых высоких в мире и с учетом потребления пива

составляет около 20 литров абсолютного спирта на душу населения.

По данным ВОЗ, 33 % смертей всех молодых людей в возрасте от 15 до 29 лет в Украине связано с чрезмерным употреблением алкоголя. Уровень смертности среди зависимых от алкоголя женщин в 4,6 раза выше средних показателей.

В последние годы в нашей стране отмечается рост алкоголизма среди подростков. Коктейли, пиво и другие слабоалкогольные напитки стали обязательным ритуалом общения.

37 % мальчиков и 27 % девочек в возрасте от 13 до 15 лет уже находились в состоянии алкогольного опьянения, почти 70 % первокурсников ВУЗов пьют пиво ежедневно.

В 2012 году Украина заняла первое место в мире по употреблению алкоголя среди детей и молодежи. 40 % украинских подростков от 14 до 18 лет и 90 % молодых людей в возрасте до 25 лет вовлечены в систематическое употребление алкоголя. За последние 10 лет количество лиц, которые находятся в

зависимости только от пива, выросло в 10-12 раз. Пивная зависимость занимает до 75 % в общем количестве подростков.

Из нескольких сотен тысяч опрошенных респондентов в возрасте от 14 до 25 лет менее 4 % оказались вне поля действия алкогольной зависимости. Эта проблема еще усложняется тем, что рынок алкогольной продукции практически не регулируется. По мнению наркологов, на рост пивного бума повлиял миф о безопасности пива и его относительной пользе. Пивной алкоголизм развивается незаметно, но сразу переходит в тяжелую форму и очень трудно лечится. Одна литровая бутылка пива крепостью 5 ° эквивалентна 50 г чистого алкоголя или 125 г водки.

Для предотвращения алкоголизма в среде молодежи необходимо: формировать у молодежи стремление к здоровому образу жизни; вводить систему «медико-просветительского» воспитания юношества; прекратить пропаганду употребления алкогольных напитков и табачных изделий.

УДК 544.42

*М.Ю. Иващенко, Г.М. Шабанова,
М.І Ворожбіян., О.В. Костиркін
M.Y. Ivashchenko, G.N. Shabanova,
M.I. Vorozhbiian, O.V. Kostyrkin*

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ФАЗОУТВОРЕННЯ В СИСТЕМІ
BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃**

**THE INVESTIGATION OF THE PHASE FORMATION PROCESSES
IN THE SYSTEM BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃**

У зв'язку з тим що в процесі термічної обробки цементної сировинної суміші істотно значення мають твердофазні реакції, швидкість яких значною мірою залежить від температури, величини зерен і хімічної природи реагуючих компонентів, мають як теоретичний, так і практичний інтерес дослідження процесів фазоутворення, що протікають у системі BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃.

З метою отримання спеціальних цементів з феромагнітними властивостями на основі отриманих теоретичних досліджень трикомпонентної системи BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ була розглянута область BaFe₁₂O₁₉ –

BaAl₁₂O₁₉ – BaAl₂O₄, на основі композицій якої були синтезовані експериментальні барійвмісні цементи. Основними клінкерними мінералами барійвмісного цементу з феромагнітними властивостями є моноалюмінат барію (BaAl₂O₄) і гексаферит барію (BaFe₁₂O₁₉).

Для дослідження процесів фазоутворення спеціальних цементів на основі композиції системи BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ були виготовлені сировинні суміші, випал яких відбувався в інтервалі температур 800-1000 °С (залежно від фазового складу цементу) з ізотермічною витримкою 15, 30, 60 і 120 хвилин. В отриманих спеках етил-гліцератним методом

аналізу визначався вміст вільного оксиду барію. Наявність вільного оксиду барію в спеках свідчить про те, що синтез не завершено.

З отриманих результатів встановлено, що з підвищенням температури засвоєння оксиду барію відбувається швидше. При температурі 1000 °С до 30 хвилин синтезу засвоєння вільного ВаО закінчується повністю.

Таким чином, отримані результати дозволяють здійснювати цілеспрямований синтез фаз у системі ВаО–Al₂O₃–Fe₂O₃ і дають змогу технологічного регулювання співвідношення фаз при синтезі нового класу барійвмісних цементів на основі алюмінатів і феритів барію із заданими експлуатаційними характеристиками.

УДК 544.344.4

О.В. Костуркін, Н.С. Цанко
O.V. Kostyrkin, N.S. Tsapko

ДОСЛІДЖЕННЯ СУБСОЛІДУСНОЇ БУДОВИ СИСТЕМИ
CoO – BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃

THE STUDY OF THE SUBSOLIDUS CONSTRUCTION OF THE SYSTEM
CoO – BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃

Прогнозування фазового складу є одним з найважливіших завдань при розробленні нових видів тугоплавких неметалевих матеріалів та умов їхньої експлуатації. Найбільш повну інформацію про фазові взаємодії і термодинамічні стабільності комбінацій фаз містять діаграми стану, які взаємопов'язують термодинамічно рівновагові склади з температурою.

Будова системи CoO – BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ досить складна і до сьогодні не вивчена. Аналіз будови зазначеної чотирикомпонентної системи доцільно розпочати з вивчення трикомпонентних систем, що входять до її складу. Системи CoO – BaO – Al₂O₃, CoO – BaO – Fe₂O₃, CoO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ і BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃ не достатньо повно вивчені, не завжди є достовірними відомості про існування бінарних і потрійних сполук, інтервалів їхньої термодинамічної стабільності, а також відсутні дані щодо прогнозування фазового складу у випадках перебудови конод у субсолідусній будові зазначених систем.

Для теоретичних досліджень процесів, які протікають у системі

CoO – BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃, доцільним є проведення термодинамічного аналізу, що можливо тільки за наявності вихідних термодинамічних констант. У літературі нами не було виявлено вихідних термодинамічних даних для алюмінату кобальту CoAl₂O₄, алюмінату заліза Fe₂Al₂O₆ та барійкобальтового оксиду BaCoO₂, а також для потрійних сполук: Ва₂Со₂Fe₁₂О₂₂, ВаСо₂Fe₁₆О₂₇ та Ва₃Со₂Fe₂₄О₄₁. У зв'язку з цим проведено розрахунок вихідних термодинамічних величин з використанням відомих методик.

Для встановлення термодинамічної стабільності дво- і трифазних комбінацій аналізувалися результати розрахунків змін вільної енергії Гіббса від температури для модельних твердофазних обмінних реакцій за участю стехіометричних сполук з концентраційних областей систем CoO – BaO – Al₂O₃, CoO – BaO – Fe₂O₃, CoO – Al₂O₃ – Fe₂O₃. Аналіз фізико-хімічних взаємодій у субсолідусі зазначених потрійних систем дозволяє проводити подальше вивчення будови чотирикомпонентної системи CoO – BaO – Al₂O₃ – Fe₂O₃.

УДК 666.946

*Г.М. Шабанова, А.М. Корогодська
G.M. Shabanova, A.M. Korogodskaya*

НОВИЙ КЛАС ШПІНЕЛЬВМІСНИХ ЦЕМЕНТІВ NEW CLASS OF SPINEL-CONTAINING CEMENTS

Розвиток сучасних галузей промисловості вимагає створення нових ефективних в'язучих матеріалів поліфункціонального призначення з комплексом заданих властивостей широкого спектра: високі міцнісні характеристики, корозійна і хімічна стійкість в агресивних середовищах і розплавах, радіаційна стійкість, підвищені електрофізичні властивості тощо. Новий клас шпінельвмісних в'язучих матеріалів може бути отриманий на основі композицій багатокомпонентної системи (Ca, Ba, Mg)O-Al₂O₃-Cr₂O₃. У своєму фазовому складі цементи на основі композицій системи можуть містити моноалюмінати лужноземельних елементів, здатних до гідравлічного тверднення і низькоосновної важкорозчинної сполуки (НВРС), що не має гідравлічної активності. Отримання такого виду в'язучих матеріалів засноване на цілеспрямованому синтезі трикомпонентних сумішей заданого хімічного і фазового складу, які і визначають їх поліфункціональні властивості і область застосування.

Були синтезовані ряд шпінельних глиноземистих цементів, а саме алюмомагнезійний, барійвмісний і хромвмісний в інтервалі температур 1350-1600°C залежно від заданого фазового складу.

При дослідженні фізико-механічних властивостей такого типу в'язучих матеріалів встановлено, що міцність цементного каменю, який містить 30-40 мас. % MeAl₂O₄ і 60-70 мас. % НВРС, перевищує аналогічний показник для індивідуально синтезованих моноалюмінатів лужноземельних елементів.

Підвищення адгезійної активності НВРС в системах відбувається на стадії випалу сировинних сумішей, при помелі клінкеру і в процесі гідrataції і твердіння в'язучого.

У результаті проведених досліджень встановлено фізико-механічні і технічні властивості шпінельвмісних цементів залежно від фазового складу: водо-цементне відношення 0,16-0,24; терміни тужавіння: початок 20-110 хв; кінець 60-200 хв; межа міцності при стиску у віці 1 доби тверднення – 25-40 МПа, у віці 7 діб тверднення – 40-100 МПа, вогнетривкість 1600-1950 °C.

Таким чином, у результаті проведених досліджень розроблено теоретичні основи отримання на основі композицій системи (Ca, Ba, Mg)O - Al₂O₃ - Cr₂O₃ глиноземистих шпінельвмісних цементів, які містять моноалюмінат лужноземельного елемента та НВРС, що забезпечує таким матеріалам цільове реакційне формування структури з підвищеними експлуатаційними властивостями.

УДК 666.9.015.42:666.971.3

*А.М. Плуґін, Г.М. Шабанова, С.О. Кисельова
A.N. Plugin, G. Shabanova, S. Kiseleva*

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ ГІДРАТАЦІЇ В СИСТЕМІ ВАПНО – ВОДА В ПРИСУТНОСТІ ДОБАВОК

THE PECULIARITIES OF HYDRATATION PROCESSES IN THE LIME – WATER SYSTEM IN PRESENCE OF ADDITIVES

Система CaO – H₂O є складовою системи CaO – SiO₂ – H₂O, тому процеси, що в ній відбуваються, мають важливе практичне

значення при розробленні сучасних будівельних матеріалів. Актуальним є питання регулювання кінетики процесів гідrataції вапна

модифікацією системи $CaO - H_2O$, наприклад, добавками неорганічних сполук.

При взаємодії вапна з водою виділяється велика кількість тепла та утворюються позитивно заряджені міцели на поверхні часток дисперсної фази. Добавки розчинів електролітів впливають на константу швидкості гідратації вапна внаслідок зміни розчинності $Ca(OH)_2$ та утворення нерозчинних комплексів.

З метою встановлення механізму впливу електролітів з різними катіонною й аніонною складовими на процеси гідратації вапна було досліджено вплив добавок розчинів K_2CO_3 , $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, $AlCl_3 \cdot 6H_2O$, $NaOH$, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, $BaCl_2 \cdot 2H_2O$, $CaCl_2$ на фізико-технічні параметри гасіння вапна та в'язучого, яке складалося з вапна та відходу помольних тіл, що в основному містить SiO_2 .

Аналіз результатів досліджень показав, що багатозарядні аніони SO_4^{2-} , CO_3^{2-} уповільнюють процеси гідратації вапна порівняно з добавками хлоридів металів, найбільш суттєво прискорення спостерігається при використанні розчинів $MgCl_2$, $CaCl_2$ і $AlCl_3$. Стосовно катіонної складової – найефективнішими прискорювачами гідратації виявились розчини, що містять багатовалентний катіон Al^{3+} .

У результаті дослідження було розроблено уявлення про механізм дії добавок розчинів електролітів на параметри гасіння (температура та час гасіння) і процес гідратації вапна та вапняно-кремнеземного в'язучого. Це уявлення базується на відношенні добутку концентрацій іонів, що складають тверду речовину, до добутку розчинності даної речовини.

УДК 621.863.2

*Д.С. Козодой, А.С. Сколото
D.S. Kozodoy, A.S. Skolota*

МЕТОДИ ОЦІНКИ ТА УПРАВЛІННЯ ПРОФЕСІЙНИМ РИЗИКОМ

METHODS FOR ASSESSING AND MANAGING OCCUPATIONAL RISKS

Практика показує, що в цей час на фоні використання для оцінки рівня охорони праці показників виробничого травматизму й похідних від нього (коефіцієнтів частоти й тяжкості травматизму), що мають малу прогностичну цінність, демонструється нездатність існуючого механізму регулювання охорони праці й стимулювання діяльності підприємств з поліпшення умов праці, закладеного в Законі України «Про охорону праці».

На основі цих далеко не досконалих показників неможливо обґрунтовано диференціювати сучасні виробничі «людина-машинні» системи за рівнем безпеки. А в умовах відсутності необхідної інформації прийняті в багатьох випадках захисні заходи виявлялися й виявляються недостатніми й, як наслідок, малоефективними. Особливо гостро цей недолік позначається в сучасних економічних умовах.

Серед усього різноманіття методик оцінки виробничих ризиків можна виділити дві великі групи – європейські методики, в яких

ризик розглядається як небезпечний виробничий фактор, і американські, що пов'язують ризик з імовірністю успіху чи неуспіху.

Існує кілька найпоширеніших методів оцінки професійного ризику на робочих місцях:

- класична методика (Британський стандарт BS-8800);
- матриця «імовірність-збиток»;
- Value-At-Risk;
- RiskScore.

Однак варто зауважити, що процес управління ризиком передбачає не лише здійснення оцінки величини ризику на робочих місцях, але й розроблення і реалізацію відповідних управлінських рішень, спрямованих на його зниження. Необхідно його систематично перевіряти і вживати відповідних коригувальних заходів з метою запобігання відхиленням від норм, правил, інструкцій з охорони праці з метою недопущення неприпустимого ризику. Якщо вчасно не усунути неприпустимий ризик, то травма або хвороба про це нагадає.

УДК 66.097.004.18÷66

М.И. Ворожбян, Н.А. Мороз
M.I. Vorozhbiiian , N.A. Moroz

**ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ КАВИТАЦИЯ КАК ФАКТОР ИЗМЕНЕНИЯ
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДЫ**

**HYDRODYNAMIC CAVITATION CHANGE AS A FACTOR PHYSICOCHEMICAL
PROPERTIES OF WATER**

К наиболее распространенным методам очистки газовых выбросов относится абсорбционное поглощение вредных компонентов из отходящих промышленных газов различными растворами, в том числе водными. При этом либо происходит процесс физической абсорбции, либо абсорбент вступает в химическое взаимодействие с абсорбируемым компонентом (хемосорбция).

Одним из перспективных направлений интенсификации процесса очистки газовых потоков является разработка методов с использованием эффекта гидродинамической кавитации, в частности на стадии подготовки воды. Модифицированная в результате гидромеханической обработки или, как называют, активированная вода способна интенсифицировать примерно на 30 % ряд технологических процессов.

Кавитация – это явление в жидкости, которое обусловлено пульсацией, образованием с последующим ростом и схлопыванием пузырьков жидкости при создании пониженного, а затем повышенного давления. При схлопывании пузырьков газа в объёме

воды внутри каждого пузырька развивается давление до 1000 атмосфер, что приводит к нагреванию воды и появлению многих радикалов и окислителей (перекиси водорода, озона и т. д.), которые также оказывают своё влияние на качество воды и изменяют её свойства. Данное энергетическое состояние в совокупности с образованием свободных водородных связей, существующее достаточное время, следует называть активным.

Наши исследования посвящены изучению влияния кавитированной воды на процесс абсорбции NO_x. Суть экспериментов заключалась в подготовке (кавитировании) воды с последующим использованием ее для орошения в абсорбционной колонне. На основании исследований теоретически обосновано и экспериментально доказано влияние эффекта гидродинамической кавитации на абсорбционные свойства воды и водных растворов азотной кислоты относительно NO_x, а также раскрыт механизм диссоциации молекул воды в результате воздействия гидродинамического эффекта кавитации на воду и растворы азотной кислоты.

УДК 66.097.3

Б.К. Гармаш
B.K. Garmash

МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

THE METHODS OF DISPOSAL OF INDUSTRIAL SOLID WASTE

Твердые промышленные отходы образуются в результате различных видов деятельности: горные работы, металлургическое производство, добыча и переработка нефти, обычная и ядерная энергетика, а также изготовление различных материалов и изделий.

Промышленные отходы, как правило, сосредоточены в отвалах, шлаконакопителях, хвостохранилищах, что приводит к загрязнению поверхностных стоков в районах размещения промышленных предприятий. Высокая загрязненность окружающей среды в результате выбросов и накопления отходов

представляет потенциальную опасность для естественных экологических систем различного уровня, а также для здоровья человека. За последние годы выявлен и возник целый ряд болезней — эндокринных, аллергических, токсических, вызванных действием химических веществ, выбрасываемых человеком в окружающую среду.

Применяемые в настоящее время на практике способы решения проблемы твердых отходов в подавляющем большинстве сводятся к пассивным методам, включающим захоронение или складирование на полигонах. Активные методы переработки связаны в основном с термическим и другими воздействиями, приводящими к их структурно-химическим превращениям. Из активных методов доминирующим является сжигание, применение которого, однако, не позволяет полностью решить экологические вопросы и тем более обеспечить глубокое использование

химического потенциала, в некоторых случаях и ухудшает состояние окружающей среды. Технологическая реализация активных методов переработки наталкивается на ряд трудностей, главная из которых это нестабильность физико-механических, химических и теплофизических свойств, что не позволяет непосредственно и эффективно применить для переработки отходов имеющееся типовое оборудование других производств.

Рациональное решение проблемы промышленных отходов зависит от ряда факторов: состава отходов, их агрегатного состояния, количества, технологических особенностей и т. д. Снижение ущерба, обусловленного образованием промышленных отходов, достигается совершенствованием производства и соблюдением технологической дисциплины, а также безвредиванием и рациональным захоронением отходов.

УДК 331.44:621.004.15

І.І.Бугайченко
I.I. Bugaichenko

ОЦІНКА РИЗИКУ ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПРАЦІВНИКІВ ЛОКОМОТИВНИХ БРИГАД ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЇХ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ НАДІЙНОСТІ

RISK ASSESSMENT PROFESSIONAL ACTIVITY OF LOCOMOTIVE CREWS ON PARAMETERS OF THEIR FUNCTIONAL RELIABILITY

Необхідність підвищення безпеки функціонування залізничного транспорту України є ключовим моментом для подальшого соціально-економічного зростання країни. У цьому процесі особливу увагу заслуговують особи, безпосередньо пов'язані з безпекою руху, – працівники локомотивних бригад, з вини яких трапляються до 20 % всіх негативних пригод.

Важливою складовою в структурі професійної діяльності працівників локомотивних бригад є їх функціональна надійність, як властивість функціональних систем людини забезпечувати її динамічну

стійкість у виконанні професійного завдання протягом певного часу і з заданою якістю.

При цьому кожна зі складових функціональної надійності працівника може бути охарактеризована ризиками як кількісними показниками можливого прояву небезпек.

З метою формалізації процесу управління безпекою руху в рамках єдиної організаційної інфраструктури ризик-менеджменту залізничного транспорту пропонується узагальнена модель визначення функціональної надійності працівників локомотивних бригад на основі оцінки ризиків.

УДК 331.464.3

А.В. Гончаров
A.V. Goncharov

**ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОКАЗНИК ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СТАНУ ПРАЦІВНИКІВ
ЛОКОМОТИВНИХ БРИГАД**

THE INTEGRAL INDICATOR OF THE LOCOMOTIVE CREWS' FUNCTIONAL STATE

Підвищення безпеки руху на залізничному транспорті – одна з найактуальніших задач охорони праці й ергономіки. За світовою статистикою, від 50 до 95 % порушень безпеки руху здійснюється людиною-оператором. Від працівників локомотивних бригад (ПЛБ) безпосередньо залежить безпека процесу перевезень, контроль функціонального стану (ФС) ПЛБ – одна з найважливіших задач для підвищення безпеки руху поїздів на залізничному транспорті.

Розглянемо ПЛБ як сукупність двох ієрархічних рівнів регулювання: фізіологічного й рівня вищої нервової діяльності. Для кількісної оцінки ФС ПЛБ розроблено інтегральний показник функціонального стану, який враховує стан як першого, так і другого рівнів:

$$I = \sqrt{(1 - P_1) \times (1 - P_2^{opr})}, \quad (1)$$

де P_1 – оцінка стану фізіологічного рівня;

P_2^{opr} – оцінка стану вищої нервової діяльності.

$$P_1 = \frac{n_1 - 50}{70} \times 0,14214 + \left| \log_2 \frac{n_2}{0,06} \right| \times 0,13397 + \frac{|n_3 - 3466|}{1018} \times 0,08386 + \frac{n_4 - 0,64}{1,86} \times 0,23133 + \\ + |\lg n_5 - 2| \times 0,11845 + \frac{1 - n_6}{0,474} \times 0,11259 + \frac{n_7 - 20}{40} \times 0,17767, \quad (2)$$

де n_1 - n_7 – нормалізовані параметри, що характеризують ФС фізіологічного рівня.

де k_1, k_2 – нормалізовані параметри, що характеризують ФС рівня вищої нервової діяльності.

$$P_2^{opr} = \begin{cases} \frac{k_1 - 200 + C \cdot k_2}{800}, & 0 < P_2 < 1 \\ 0, & P_2 \leq 0 \\ 1, & P_2 \geq 1 \end{cases}, \quad (3)$$

Для перевірки можливості застосування розробленого показника для виявлення ПЛБ у незадовільному ФС (стані втоми) було обстежено 124 ПЛБ, що виходять у рейс, і 74 ПЛБ, що повернулись з рейсу. Встановлено статистично значущу відмінність розподілів у цих вибірках за допомогою критерію Стьюдента ($t=3,722, p=0,01$).

УДК 342.95:331.45

О.В. Брусенцов
O.V. Brusentsov

**ПОДСИСТЕМА «ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ НАДЕЖНОСТЬ ОПЕРАТОРА» КАК ЧАСТЬ
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА (СУОТ)**

**SUBSYSTEM “FUNCTIONAL RELIABILITY OF THE OPERATOR”
AS PART OF THE OSH MANAGEMENT SYSTEM**

СУОТ – система управления охраной труда – это совокупность субъекта и объекта управления, которые на основании комплекса

нормативной документации проводят целенаправленную, планомерную деятельность с целью обеспечения здоровых, безопасных и

высокопроизводительных условий труда. Одной из наиболее важных задач СУОТ на железнодорожном транспорте является контроль профессиональной надежности работников.

На сегодняшний день доля операторского труда на железнодорожном транспорте Украина составляет более 80 %. Большинство профессий, операторского профиля с точки зрения эргономической классификации можно отнести к группе «оператор-наблюдатель». Понятие профессиональной надёжности многогранно, о чём свидетельствуют составляющие профессиональной надёжности. Одной из наиболее важных составляющих является функциональная надёжность человека-оператора. На сегодняшний день существует множество методов оценки функционального состояния. Однако большинство из них не подходят для проведения диагностики в реальных условиях железнодорожного производства. Либо они требуют наличия дорогостоящей аппаратуры,

либо специальных навыков персонала, либо несут недостаточную ценность с точки зрения прогноза функционального состояния оператора. Одним из методов, который в наибольшей мере подходит для такого рода обследований, является метод определения адаптационного потенциала, так как, с одной стороны, он является довольно точным, а с другой стороны при его использовании нет необходимости в дорогом оборудовании или специальных навыках исследователя. Адаптационный потенциал — количественное выражение уровня функционального состояния организма и его систем, характеризующее его способность адекватно и надёжно реагировать на комплекс неблагоприятных факторов при экономной трате функциональных резервов.

Вывод: на сегодняшний день метод оценки адаптационного потенциала человека является одним из наиболее подходящих для определения функционального состояния человека-оператора на железнодорожном транспорте.

УДК 661.632:658.691

О.В. Присяжний
A.V. Prysyzhny

ВИЛУЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ІЗ СУМІШІ ДИКАРБОНОВИХ КИСЛОТ ЯК СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА АДІПІНОВОЇ КИСЛОТИ

EXTRACTION OF HEAVY METALS FROM A MIXTURE OF DICARBOXYLIC ACIDS AS A METHOD FOR PRODUCING ADIPIC ACID

Існує кілька способів отримання адипінової кислоти. Ці способи відрізняються один від одного як за вихідною сировиною, так і за технологією. З усіх відомих методів отримання адипінової кислоти найбільш поширеним є метод виробництва адипінової кислоти двостадійним окисленням циклогексану. Цим методом отримують основну кількість адипінової кислоти. На першій стадії циклогексан окислюють молекулярним киснем з максимальним

виходом циклогексанону і циклогексанолу, а на другій стадії – отримані продукти доокислюють до адипінової кислоти.

Однак основним недоліком цього способу є утворення відходу – суміші нижчих дикарбонівих кислот.

Запропонований метод вилучення важких металів з суміші дикарбонівих кислот дає привід вважати таким методом, який дає змогу удосконалити існуючий спосіб отримання адипінової кислоти.

УДК 629.1

Н. В. Козодой
N.V. Kozodoy

**ДО ПИТАННЯ ОЦІНКИ ПРОФЕСІЙНОГО РИЗИКУ З УРАХУВАННЯМ
КОМПЛЕКСНОЇ ДІЇ ШКІДЛИВИХ ФАКТОРІВ**

**FOR QUESTIONS OF PROFESSIONAL RISK ASSESSMENT WITH COMPLEX
ACTION OF HARMFUL FACTORS**

За даними Державної служби статистики України, в умовах праці, які не відповідають санітарно-гігієнічним нормам, в Україні – станом на 01.01.2013 р. зайнято 1,3 млн працівників, у середньому – 28,9 % загального числа працівників. Питома вага таких працівників у загальній кількості щорічно збільшується. Значну кількість таких працівників складають жінки, що негативно позначається на їх здоров'ї, призводить до патології вагітності та впливає на здоров'я нащадків.

В Україні в умовах перевищення у повітрі робочої зони граничнодопустимої концентрації (ГДК) хімічних речовин 1-4 класу небезпеки працює 8,9 % працівників, пилу фіброгенної дії – 11,5 %; в умовах збільшених рівнів вібрації – 4,0 %, шуму – 16,1 %; у несприятливому мікрокліматі – 9,6 %, у важких умовах праці – 8,0 %, напруженості праці – 11,6%, у несприятливій робочій позі – 12,1 %.

Ці дані свідчать про низьку ефективність комплексних заходів підприємств з поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, більшість з яких складаються формально. Причиною виникнення такої ситуації є, насамперед, існуюча в Україні

система гігієнічної класифікації умов праці, яка не враховує наслідки комплексної дії на працівників шкідливих і небезпечних факторів і, відповідно, не здатна надати адекватну інформацію для подальшого розроблення заходів з поліпшення охорони праці.

Отже, доцільність та ефективність розроблення і впровадження методів оцінки виробничого ризику на машинобудівних підприємствах з урахуванням комплексної дії шкідливих виробничих факторів не викликає сумнівів внаслідок того, що дозволяє приймати економічно і соціально обґрунтовані рішення з оптимізації та запобігання виробничому травматизму і професійної захворюваності з урахуванням особливостей конкретного виробництва. На підприємствах України виникає гостра необхідність у дослідженнях і розробленні сучасних управлінських рішень, спрямованих на посилення захисту працівників від дії шкідливих факторів. Соціально-економічна доцільність виконання даних досліджень відповідає „Загальнодержавній соціальній програмі поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014-2018 рр”.

656.212.5

Г.І. Шелехань
A.I. Shelekhan

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ МІЖНАРОДНИХ
КОНТЕЙНЕРНИХ ВАГОНОПОТОКІВ**

**IMPROVING PROCESSING TECHNOLOGY OF INTERNATIONAL CONTAINER
TRAFFIC VOLUMES**

Одне з пріоритетних завдань залізничного транспорту України – забезпечення зовнішньоекономічних і транзитних

перевезень, інтенсифікація процесу входження у світовий транспортний ринок. У зв'язку з цим постає завдання раціональної організації

залізничних транспортних потоків, що прямують територією України, яке базується на скороченні на станціях часу обробки вагонів у складі поїздів напрямків міжнародних транспортних коридорів.

Визначення пріоритетності обслуговування вагонопотоків на сортувальній станції, відповідний розподіл сортувальної роботи з вагонами кореспонденцією на прилеглу припортову вантажну станцію з урахуванням технології роботи цієї станції дає узгодженість процесу обробки пріоритетних напрямків вагонопотоків і можливість зменшити простій вагонів на етапі сортування. Так, виділення контейнерного вагонопотоку, що надходить на сортувальну станцію у переробку, доцільно розформувати як пріоритетний вагонопотік на сортувальній гірці на окремі колії сортувального парку відчепами з підбором за вантажними фронтами вантажної станції, що виключає повторну переробку цих вагонів на вантажній станції та зменшує

загальний час їх обробки. За витратами часу на сортувальній станції більш детальний підбір вагонів з контейнерами порівняно із існуючою технологією обробки з повторним сортуванням на вантажній станції дає значне скорочення часу через виключення ряду як технологічних операцій на вантажній станції, так і простоїв у їх очікуванні. У свою чергу, це зменшує завантаженість технічних пристроїв на вантажній станції на кожному етапі обробки вагонів, скорочує сортувальний процес і дозволяє здійснювати планування зазначених вагонопотоків з урахуванням подальшої пріоритетності напрямків.

Зіставлення додаткового часу знаходження на станції транзитних вагонів з контейнерами, що підлягають сортуванню, проводиться для двох варіантів основного плану формування: якщо вагони з контейнерами переробляються на сортувальній станції і якщо вони проходять її без переробки.

УДК 656.21

*О.С. Пестременко-Скрипка
Pestremenko-Skripka Oksana*

МЕТА І МЕХАНІЗМ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ТА КЕРУВАННЯ РИЗИКАМИ ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ ТОВАРІВ І ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ЧЕРЕЗ ПРИКОРДОННІ ПЕРЕДАВАЛЬНІ СТАНЦІЇ УКРАЇНИ

PURPOSE AND MECHANISM OF ANALYSIS AND RISK MANAGEMENT WHEN MOVING GOODS AND VEHICLES ACROSS THE FRONTIER TRANSMISSION STATIONS UKRAINE

Одним з головних завдань прикордонних передавальних станцій є своєчасне пропускання поїздів. Запровадження системи аналізу й селекції факторів ризику дасть змогу прикордонним передавальним станціям України:

- створити сприятливі умови для суб'єктів зовнішньоекономічної діяльності, які дотримуються законодавства України;
- спростити і прискорити проведення процедур митного контролю та митного оформлення при переміщенні товарів і транспортних засобів через прикордонні передавальні станції України;

- зосередити увагу на пріоритетних напрямках роботи і більш ефективно використовувати наявні ресурси.

Одним з важливих питань при управлінні якістю технологічних процесів є інформаційна підтримка прийняття рішень, використання статистичних методів обробки інформації. Створена у світі ефективна система управління ризиками на залізницях завжди мала у своїй основі статистичну модель управління ризиком, спиралася на сучасні методи математичного аналізу.

УДК 656.212

*I.В. Багіяню
I.V. Bagiyanc*

АНАЛІЗ УМОВ ПРОЕКТУВАННЯ СОРТУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ

ANALYSIS OF TERMS OF ASSORTING PLANNING DEVICES ON UKRAINE RAILWAYS

У роботі залізничного транспорту при розформуванні і формуванні поїздів значну роль відіграють сортувальні станції завдяки сортувальним пристроям, розміщеним на їх території. На сьогодні шість залізниць України мають 35 таких станцій з різними сортувальними пристроями.

Перші сортувальні пристрої з'явилися у ХІХ сторіччі, з того часу й до сьогодні провідні вчені займаються розвитком теорії експлуатації та впровадження у практику новітніх розробок, завдяки чому досягається скорочення експлуатаційних витрат; зниження собівартості переробки вагонів; контроль за місцезнаходженням рухомих одиниць; отримання достовірних даних про параметри руху поїздів, кількість і тип вагонів, наявність перегрітих букс; забезпечення безпеки при розпуску составів з гірки та зменшення пошкодження транспортних засобів і вантажів з дотриманням норм охорони навколишнього середовища тощо.

Організація роботи сортувальних станцій виконується згідно з Технологічним процесом роботи сортувальної станції. Тип і потужність сортувальних пристроїв встановлюються залежно від вагонопотоку, що перероблюється, згідно з правилами і нормами проектування. Безгіркові та гіркові сортувальні пристрої мають різні параметри: висота, крутість і довжина елементів поздовжнього профілю спускної частини, швидкість розпуску, потужність гальмівних засобів тощо. Таким чином, експлуатаційні витрати з ремонту та утримання матимуть як однакові, так і різні показники, сумарний аналіз яких за певний період дозволить вибрати ефективний варіант.

Аналіз сучасного стану сортувальних пристроїв сортувальних станцій України допоможе виявити слабкі місця для подальшого використання отриманих результатів при організації реконструктивних заходів та удосконаленні існуючих норм.

УДК 656.222.3

*O.O. Bardasъ
O.O. Bardas*

УДОСКОНАЛЕННЯ КРИТЕРІЮ ВИБОРУ ЧЕРГОВОСТІ РОЗПУСКУ СОСТАВІВ З УРАХУВАННЯМ ЗАВДАНЬ ПОПЕРЕДНЬОГО СОРТУВАННЯ ВАГОНОПОТОКІВ

IMPROVEMENT OF CRITERIA OF THE COMPOUNDS DISSOLUTION PRIORITY BASED JOB PRE-SORTING OF TRAFFIC VOLUMES

Витрати на розформування і формування поїздів складають значну частину експлуатаційних витрат залізниць. Ці витрати багато в чому залежать від умов роботи сортувальних станцій, які визначаються безліччю зовнішніх факторів, серед яких слід звернути особливу увагу на структуру поїздопотоків з переробкою. У цьому аспекті одним із перспективних напрямків скорочення

витрат на розформування-формування поїздів є використання технологій попереднього сортування вагонопотоків, які передбачають проведення комплексу організаційних заходів, спрямованих на поступове укрупнення відцепів і груп вагонів на шляху їх просування до кінцевих станцій призначення.

У роботі пропонується в якості інструменту попереднього сортування

вагонопотоків використовувати керування черговістю розпуску составів на сортувальних станціях. У цьому випадку завдання вибору черговості розпуску составів передбачає вибір такого рішення, яке створює структуру поїздопотоків, найбільш сприятливу для подальших операцій з формування та розформування поїздів.

У роботі запропоновано новий критерій вирішення завдання, який враховує багатоетапну процедуру переробки вагонопотоків на різних технічних станціях. Більша частина вагонопотоків на залізницях України при прямованні від станцій відправлення до станцій призначення проходять декілька етапів переробок на сортувальних і дільничних станціях. Завдяки цьому з'являється можливість виконувати поступове поетапне укрупнення відчепів у складах формованих поїздів.

У роботі виконано дослідження ефективності запропонованого критерію вибору черговості розпуску составів. Дослідження виконувалось на основі імітаційної моделі станції Нижньодніпровськ-Вузол з використанням фактичних натурних листів розформованих поїздів. Новий критерій забезпечує скорочення кількості відчепів на всіх наступних етапах переробки вагонопотоків на величину до 3-4 %.

Враховуючи багатоетапність переробки вагонопотоків, ефективність попереднього сортування вагонопотоків може бути значно вищою за рахунок появи синергетичного ефекту. Це питання слід додатково досліджувати з використанням імітаційного моделювання роботи полігону залізничних станцій.

УДК 656.2

В.І. Бобровський, А.С. Дорощ
V.I. Bobrovskiy, A.S. Dorosh

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМУ ГАЛЬМУВАННЯ СЕРЕДНЬОГО ВІДЧЕПА РОЗРАХУНКОВОЇ ГРУПИ

IMPROVEMENT OF METHOD OF OPTIMIZATION OF MODE OF BRAKING OF MIDDLE VIDCHERA OF CALCULATION GROUP

Ефективність роботи автоматизованих систем керування розпуском составів на гірці значною мірою залежить від технологічних алгоритмів визначення керуючих впливів під час розформування составів. У якості керуючих впливів на процес розпуску составів можуть виступати режими гальмування (РГ) відчепів, визначення яких є складним оптимізаційним завданням. Вирішення даного завдання дозволить підвищити безпеку розпуску та забезпечити ефективність автоматизації сортувального процесу.

Існуючі методи оптимізації РГ спрямовані на забезпечення надійного розділення відчепів на стрілочних переводах; при цьому розділення відчепів на уповільнювачах спускної частини гірки враховується тільки у якості обмеження, що не дозволяє максимально підвищити якість інтервального регулювання швидкості відчепів

состава на всіх розділових елементах гіркової горловини. Аналіз, виконаний на основі імітаційного моделювання розпуску составів на автоматизованих гірках, показав, що в деяких випадках при досить великих інтервалах між відчепами на стрілках мають місце нерозділення відчепів на вхідних уповільнювачах середніх гальмових позицій (СГП). У зв'язку з цим були виконані дослідження умов розділення відчепів і їх зв'язку із РГ на основі системного підходу; при цьому розглядалися інтервали між відчепами розрахункової групи ДП-ДХ-ДП одночасно і на стрілках ($\delta t_{12}, \delta t_{23}$), і на уповільнювачах спускної частини гірки ($\delta t_{12}^{ВГП}, \delta t_{12}^{СГП}, \delta t_{23}^{ВГП}, \delta t_{23}^{СГП}$). Слід зазначити, що з позиції інтервального регулювання найкращим для середнього відчепа є такий

режим гальмування \mathbf{H}^* , при якому найменший з інтервалів у групі приймає максимальне

значення

$$\min\{\delta t_{12}(\mathbf{H}^*), \delta t_{23}(\mathbf{H}^*), \delta t_{12}^{\text{ВГП}}(\mathbf{H}^*), \delta t_{12}^{\text{СГП}}(\mathbf{H}^*), \delta t_{23}^{\text{ВГП}}(\mathbf{H}^*), \delta t_{23}^{\text{СГП}}(\mathbf{H}^*)\} \rightarrow \max$$

Встановлено, що конкретна кількість вхідних у зазначену цільову функцію інтервалів залежить як від взаємного розташування стрілок і гальмових позицій на сортувальній гірці, так і від маршрутів скочування відчепів групи.

З метою оцінки ефективності запропонованого методу оптимізації РГ було виконано порівняльний аналіз якості інтервального регулювання у випадку, коли перша пара відчепів групи розділяється на головній стрілці ($\sigma_1 = 1$) гіркової горловини, а друга – на останній ($\sigma_2 = 5$). Встановлено, що перший метод, у якому враховуються інтервали тільки на стрілках, забезпечує рівні інтервали $\delta t_{12} = \delta t_{23} = 3,01$ с при оптимальному значенні $h' = 1,213$ м ен в.; при цьому інтервал

на СГП становить лише $\delta t_{23}^{\text{СГП}} = 0,75$ с, що може стати причиною нагону відчепів навіть при незначній похибці реалізації встановленого режиму. У той же час при використанні запропонованого в роботі методу раціональне значення h' становить 1,055 м ен в.; при цьому $\delta t_{12} = 2,86$ с, що не набагато менше, ніж у першому випадку, але за рахунок цього $\delta t_{23}^{\text{СГП}}$ збільшується до такого ж значення, а δt_{23} зростає до 5,78 с.

Таким чином, формалізація завдання оптимізації РГ керованого відчепа групи в запропонованій постановці дозволяє забезпечити найкращі умови розділення відчепів як на стрілочних переводах, так і на уповільнювачах гальмових позицій спускної частини гірки.

УДК 656.2

В.І. Бобровський, Є.Б. Демченко
V.I. Bobrovskiy, I.B. Demchenko

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗФОРМУВАННЯ СОСТАВІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ

AN INCREASE OF EFFICIENCY OF DISBANDMENT OF SOSTAVIV IS ON SORTING MOUNTAINS

У сучасних умовах постійного зростання вартості енергоносіїв впровадження ресурсозберігаючої технології переробки вагонопотоків є пріоритетним напрямком підвищення ефективності функціонування сортувальних станцій. Як показав аналіз, експлуатація сортувальних комплексів на сьогодні характеризується суттєвим падінням обсягів переробки і значною нерівномірністю надходження поїздів у розформування. У той же час незалежно від оперативної ситуації загальноприйнятою вимогою є забезпечення максимальної швидкості розпуску; при цьому до уваги не беруться витрати, пов'язані з

розформуванням составів. Такий підхід до організації сортувального процесу не відповідає ресурсозберігаючій політиці галузі і, як наслідок, повинен бути переглянутий.

Відомо, що енергетичні витрати на розформування состава на сортувальній гірці складаються з витрат палива на його насув та електроенергії на гальмування відчепів. Тому ефективне вирішення завдання ресурсозбереження в підсистемі розформування можливе за умови комплексного розгляду процесів насуву та розпуску. Однак, як показав аналіз, нині дослідження вказаних процесів виконуються, як

правило, окремо. Так, існуючі моделі насуву не дозволяють оцінювати вплив прийнятого режиму розформування состава на умови інтервального і прицільного гальмування його відчепів. При цьому слід зазначити, що вказані моделі побудовані з використанням методики тягових розрахунків для поїзної роботи і спрощеного алгоритму управління гірковим локомотивом, що призводить до значних похибок при розрахунку витрат часу та енергоресурсів на розформування составів. Разом з тим у відомих моделях розпуску початкова швидкість відчепів приймається постійною, що не відповідає реальному режиму розформування составів.

Для вирішення вказаної проблеми була розроблена комплексна імітаційна модель процесу насуву та розпуску составів на сортувальній гірці. Дана модель детально імітує режим роботи гіркового локомотива і процес руху маневрового состава, що дозволяє отримати початкову швидкість відчепів у моменти їх відриву на вершині гірки та визначити витрати палива на виконання насуву та розпуску составів. Отримані початкові швидкості відчепів використовуються для подальшого моделювання процесу їх скочування, а витрати палива – для визначення раціонального режиму функціонування сортувального комплексу.

При моделюванні состав, що розформується, розглядається як керована система, на яку діють зовнішні і внутрішні чинники, а також керуючі впливи. Рух состава

описується в моделі за допомогою диференціального рівняння другого порядку $S'' = f(t, S, S')$, у якому незалежною змінною є час t . Для реалізації моделі була розроблена методика розрахунку сил, що діють на состав у процесі його насуву та розпуску. Керований рух состава визначається режимом роботи гіркового локомотива. При цьому основними керованими параметрами є дотична сила тяги і гальмівна сила тепловоза, величина яких залежить від встановленої позиції контролера і положення крана допоміжного гальма локомотива. Для формалізації керуючих дій машиніста були виконані експериментальні дослідження процесу розформування составів на ряді сортувальних станцій УЗ, у результаті чого розроблено алгоритм управління гірковим тепловозом. Даний алгоритм враховує як вимоги з безпечного виконання маневрової роботи і експлуатації локомотивів, так і біхевіоральні чинники, пов'язані з діями машиніста.

Таким чином, розроблена модель насуву та розпуску дозволяє з достатньою точністю імітувати процес розформування составів на сортувальній гірці і визначати відповідні витрати палива гірковим локомотивом. Вказана модель дозволяє комплексно оцінювати якість сортувального процесу і може бути використана в системі підтримки прийняття рішень для визначення ефективних режимів функціонування сортувальних комплексів станцій в умовах змінної інтенсивності вхідного потоку поїздів.

УДК 656.2

В.І. Бобровський, І.Я. Сковрон
V.I. Bobrovskiy, I.Y. Skovron

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ ПОДАЧ МІСЦЕВИХ ВАГОНІВ НА СТАНЦІЯХ

AN IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY OF FORMING OF SERVES OF LOCAL CARRIAGES IS ON THE STATIONS

Процес формування багатогрупних составів взагалі та, зокрема, подач місцевих вагонів є досить трудомістким елементом процесу переробки вагонів на станціях і має значний вплив на якісні показники роботи цих станцій.

Особливо гостро дана проблема відчувається для мережевих станцій з недостатнім технічним оснащенням (вантажних, припортових), а також станцій промислових підприємств. Для вказаних станцій, як правило, характерним є виконання

багатогрупної підбірки вагонів при недостатній кількості виділених для формування колій; при цьому як сортувальний пристрій у більшості випадків використовується витяжна колія.

Інтенсифікація зазначеного процесу на таких станціях може бути реалізована як за рахунок збільшення потужності її технічних засобів формування подач вагонів, так і шляхом безпосереднього вдосконалення технології їх формування. Варто зауважити, що у більшості випадків використання реконструкційного підходу є економічно недоцільним; при цьому вдосконалення процесу формування може бути здійснено шляхом оптимізації технологічних операцій, яка дозволяє без істотних фінансових вкладень отримати відчутний ефект.

Таким чином, оптимізація процесу багатогрупної підбірки вагонів на мережевих і, особливо, промислових станціях є досить актуальним завданням. Вирішення зазначеної проблеми дозволить забезпечити істотне зниження витрат часу та енергоресурсів на відповідну маневрову роботу, що дасть можливість отримати приріст резерву пропускну здатності станції.

Одним з найбільш дієвих способів вдосконалення технології формування подач

вагонів є застосування ефективних методів формування, серед яких найбільшу увагу заслуговують комбінаторний, розподільний, основний і подвійний ступеневий методи, а також метод рівномірного наростання. Вказані методи базуються на різній математичній основі сортування, проте кожен з них дозволяє ефективно виконати підбірку груп вагонів.

Формалізація перерахованих методів дозволила створити імітаційну модель процесу формування, за допомогою якої були виконані дослідження і порівняльна оцінка ефективності зазначених методів. Отримані в результаті проведення обчислювальних експериментів з моделлю залежності можуть бути використані для оперативного планування роботи станції. Розглянута модель також дає можливість отримати раціональний план маневрової роботи, для чого потребує в якості вихідних даних основні параметри сортувального пристрою, груповального парку та параметри складів багатогрупних поїздів.

При використанні запропонованої методики пошуку раціональної технології формування подач місцевих вагонів забезпечується помітне скорочення часу формування (до 30 %), що сприяє зниженню експлуатаційних витрат станцій.

УДК 656.212

В.І. Бобровський, А.І. Колесник
V.I. Bobrovskiy, A.I. Kolesnyk

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ДІЛЯНОК СПОЛУЧЕННЯ СОРТУВАЛЬНИХ КОЛІЙ ПРИ РОЗТАШУВАННІ ПАРКОВОЇ ГАЛЬМОВОЇ ПОЗИЦІЇ НА ПРЯМІЙ ДІЛЯНЦІ

OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF AREAS OF CONNECTION OF SORTING TRACKS IS AT LOCATION OF PARK BRAKE POSITION ON DIRECT AREA

Конструкція плану горловин сортувальних гірок суттєво впливає на якість процесу розформування складів і величину експлуатаційних витрат. Важливим завданням на механізованих гірках є раціональне розташування вагонних уповільнювачів. Залежно від їх конструкції паркова гальмова позиція (ППП) може бути розміщена в кривій чи на прямій ділянці колії. При цьому на місце розташування ППП впливають параметри ділянок сполучення кожної сортувальної колії, які являють собою ділянку від торця осердя

хрестовини останнього розділового стрілочного перевалу до кінця основної сполучної кривої. У випадку розміщення ППП на прямій ділянці уповільнювачі розташовуються на сортувальній колії за основною сполучною кривою, тобто на їх розміщення безпосередньо впливає координата кінця основної кривої. Враховуючи умову розташування уповільнювачів у створі, початок ППП в пучку буде розміщуватись на рівні найбільш віддаленого від пучкової стрілки кінця основної сполучної кривої. Таким чином, виникає завдання пошуку таких

параметрів ділянок сполучення на кожній сортувальній колії, при яких паркова гальмова позиція буде розташовуватися на мінімальній відстані від пучкової стрілки. Це дозволить скоротити довжину горловини і завдяки цьому зменшити висоту гірки та підвищити якість сортувального процесу.

Для вирішення поставленого завдання розроблено метод, що дозволяє за допомогою методів аналітичної геометрії визначити параметри ділянок сполучення кожної сортувальної колії, що забезпечать мінімальну відстань від ПГП до пучкової стрілки. Як показали дослідження, зменшення координати кінця основної сполучної кривої відбувається при влаштуванні додаткової зворотної сполучної кривої безпосередньо за торцем хрестовини останнього стрілочного перевалу при мінімальних нормативних радіусах кривих. У зв'язку з цим на першому кроці оптимізації

для кожної колії пучка визначається максимально можливий кут додаткової сполучної кривої. На другому кроці визначається обмежувача колія, де кінець основної сполучної кривої найбільш віддалений від пучкової стрілки. Після чого на інших сортувальних коліях пучка із аналітичного виразу розраховується кут додаткової кривої, при якому кінець основної сполучної кривої на даній колії буде на одному рівні з кінцем основної кривої обмежувачої колії. У випадку від'ємного значення величини кута додаткова сполучна крива не влаштовується, а вирівнювання кінців основних кривих виконується за рахунок збільшення радіуса основних кривих. Як показали дослідження, використання запропонованого методу дозволить скоротити довжину гіркової горловини на 20–25 м.

УДК 656.222.3

Т.В. Бутко, Г.О. Прохорченко
T.V. Butko, G.O. Prokhorchenko

ДОСЛІДЖЕННЯ ОБЧИСЛОВАЛЬНОЇ СКЛАДНОСТІ ЗАДАЧІ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРАХУНКУ ГРАФІКА РУХУ ПОЇЗДІВ НА ОДНОКОЛІЙНІЙ ДІЛЬНИЦІ

THE STUDY OF COMPUTATIONAL COMPLEXITY OF CALCULATING THE AUTOMATION TASK SCHEDULE OF TRAINS ON SINGLE-TRACK SECTION

Задача розрахунку графіка руху поїздів (ГРП) є складним і трудомістким завданням у випадку реалізації для реальних залізничних мереж. Задача побудови ГРП головним чином полягає в тому, щоб відшукати для кожного поїзда послідовність проходження станцій на дільниці з урахуванням вирішення конфліктних ситуацій з іншими поїздами та за умови дотримання експлуатаційних обмежень залізничної інфраструктури. Одночасне прокладання великої кількості поїздів призводить до величезного простору пошуку рішень.

Найбільш складною є задача побудови графіка руху поїздів на одноколійній дільниці. На перший погляд ця задача може здатися не дуже складною і такою, що може бути розв'язана перебором всіх можливих варіантів

прямування поїздів через дільницю. Якщо розглянути задачу, у якій на одному плановому періоді часу два поїзди з різних напрямків повинні проїхати через одну станцію на одноколійній дільниці, виникне лише одна конфліктна ситуація. Вирішення цієї конфліктної ситуації відповідає розв'язанню задачі побудови ГРП. Область розв'язків такої задачі налічує лише 2 можливих варіанти схрещення (перший поїзд зупиняється на станції, другий – прямує без зупинки і навпаки). Але якщо збільшувати розмірність задачі (кількість пар поїздів), то можна побачити, що розмір області розв'язків збільшується дуже швидко.

Оцінка даної задачі може бути проведена в рамках теорії обчислювальної складності. Завдання розрахунку графіка руху поїздів може

бути розглянуто як задача потокового календарного планування (англ. *flow shop*), доведена приналежність даної задачі до класу NP-повних відносно кількості конфліктів у розкладі. Це підтверджує необхідність створення алгоритму для розрахунку ГРП, за

допомогою якого можна було б знаходити графік руху поїздів, близький до оптимального, протягом прийнятного часового інтервалу і який можна було реалізувати у вигляді комп'ютерної програми.

УДК 656.22

Т.В. Бутько, Л.О. Пархоменко
T.V. Butko, L.O. Parkhomenko

РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ ПОШУКУ РАЦІОНАЛЬНОЇ ТОПОЛОГІЇ ЗАЛІЗНИЧНОЇ МЕРЕЖІ ВИСОКОШВИДКІСНИХ І ШВИДКІСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

DEVELOPMENT MODEL RATIONAL SEARCH TOPOLOGY OF THE RAILWAY NETWORK OF HIGH-SPEED TRANSPORTATION

Одним із важливих завдань удосконалення транспортних систем швидкісних пасажирських перевезень є визначення раціональної топології залізничної мережі високошвидкісних та швидкісних перевезень на основі сучасних досягнень в галузі інтелектуальних технологій, зокрема "Natural Computing". Існуючі підходи до пошуку раціональної топології залізничної пасажирської мережі проводились окремо для мережі високошвидкісних залізничних пасажирських перевезень без урахування існування і розвитку залізничної мережі звичайних пасажирських сполучень, що завжди впливає на ефективність існування швидкісного руху поїздів.

Враховуючи вище викладене, у роботі запропоновано для формалізації процесу розвитку залізничної системи швидкісних перевезень застосувати математичну модель "ентропійного" типу, що заснована на мультиагентних методах, відтворює особливості функціонування залізничної системи пасажирських перевезень з позиції досягнення високорівневої стійкості функціонування в результаті спрощеної

стратегії взаємодії її елементів. Спираючись на другий закон термодинаміки, запропоновано подати систему пасажирських перевезень на залізничному транспорті як замкнуту фізичну систему, що прагне до досягнення стійкого рівноважного стану, при якому невизначеність, яка вимірюється величиною інформаційної ентропії, є максимальною. Для рішення даної моделі запропоновано метод оптимізації на основі моделювання переміщення бактерій. Метою рішення розробленої математичної моделі є максимізація інформаційної ентропії системи, що дозволяє знайти такий стан системи, який характеризується просторовим розподілом на мережі поїздопотоків швидкісного і звичайного руху, який близький за ймовірністю до того, що може скластися в реальній залізничній транспортній системі при обліку закономірностей колективної поведінки.

Використання запропонованої процедури пошуку раціональної топології залізничної мережі високошвидкісних і швидкісних перевезень дозволяє теоретично обґрунтувати ефективність реалізації діючих і перспективних Проєктів підвищення швидкості руху пасажирських поїздів на залізницях України.

УДК 656.2

*А.В. Прохорченко
А. Prokhorchenko*

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ
НА ОСНОВІ ВРАХУВАННЯ**

**ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ
RESEARCH RAILWAY INFRASTRUCTURE CAPACITY BASED ON ACCOUNT OF THE
SERVICE RELIABILITY OF TRANSPORTATION SYSTEM**

Проведений аналіз основ визначення пропускної спроможності залізничної інфраструктури в межах ринково-орієнтованого підходу підтверджує недосконалість існуючих методів розрахунку пропускної спроможності на залізницях України. Необхідність знання величини пропускної спроможності більш наближеної до реальних експлуатаційних умов роботи вимагає розвитку досліджень щодо методів розрахунку практичної пропускної спроможності, які дозволять врахувати експлуатаційну надійність системи перевезень.

Проведений аналіз аналітичних формул для розрахунку наявної пропускної спроможності на залізницях України показав, що коефіцієнт надійності враховує лише надійність пристроїв і рухомого складу, тоді як не враховується надійність виконання графіка руху поїздів – виробничий показник. Найближчим аналогом поняття надійності виконання графіка руху є так звана експлуатаційна надійність (англ. *service reliability*), яка використовується в роботах Грунтова П.С., Каретнікова А.Д., Воробйова Н.А. тощо. Різницю в значеннях різних видів надійності можна побачити, порівнюючи їх

коефіцієнти готовності. Так, технічну надійність подано у вигляді нормативного коефіцієнта надійності, який приймає значення від 0,9 до 0,96 залежно від виду тяги і кількості головних колій на перегоні. Тоді як пропускна спроможність, яка враховує надійність виконання графіка руху та залежить від типу лінії і рівня використання пропускної спроможності, складає близько 0,6-0,75 наявної пропускної спроможності, яка заздалегідь була визначена.

Врахування експлуатаційної надійності при розрахунках пропускної спроможності дозволяє описати можливості інфраструктури, системи організації руху для пропускання встановленої кількості поїздів у межах очікуваного рівня обслуговування (сервісу). Запропонований підхід до розрахунку пропускної спроможності з урахуванням експлуатаційної надійності системи перевезень дозволить підвищити точність оцінки пропускної спроможності залізничних дільниць і напрямків, що надасть можливість зменшити збитки від експлуатаційної діяльності при перевантаженні залізничних дільниць на мережі.

УДК 629.46

*Т.В. Бутько, О.Е. Шандер
T.V. Butko, O.E. Shander*

**ФОРМУВАННЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ПАРКОМ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ РІЗНИХ
ФОРМ ВЛАСНОСТІ**

**METHODS OF FORMING OF FREIGHT CAR FLEET MANAGEMENT OF DIFFERENT
OWNERSHIP**

Сучасний етап реформування залізничного транспорту проходить при глибоких змінах, що торкнулися як самої

залізничної галузі, так і вантажоутворюючого середовища. При цьому істотно змінюються вимоги до процесів інформатизації та

автоматизації. Оперативний аналіз ситуації на великому полігоні за наявності величезних оперативних баз даних вимагає створення автоматизованих аналітичних систем, що є платформою для формування автоматизованих технологій управління залізничними перевезеннями.

Виходячи з цього в умовах формування конкурентного середовища і створення незалежних операторів перевезень – підприємств (власників вагонів), що виступають як організатори та виконавці перевезень вантажів на комерційній основі, потребує вирішення завдання створення автоматизованої технології управління парком вантажних вагонів різних форм власності. Поставлене завдання можливо вирішити за рахунок розподілення вагонів операторських компаній за маршрутами прямування вантажних поїздів (ниток графіка) за умови самостійного управління власним парком вагонів.

Вибір оптимального плану розподілу вагонів за маршрутами 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, враховуючи інерційність системи, а з іншого – дослідження особливостей топології залізничної мережі. Таким чином, 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 технологічні умови процесу формування відповідних маршрутів. Сформована оптимізаційна модель адекватно відтворює умови процесу перевезення і передбачає формування автоматизованої технології управління парком вантажних вагонів різних форм власності. Враховуючи теорію обчислювальної складності, для знаходження оптимального плану розподілення вагонів за маршрутами доцільно обрати евристичний метод, заснований на математичному апараті генетичних алгоритмів.

УДК 656.222.3

Т.В. Головка
T.V. Golovko

УДОСКОНАЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ВЗАЄМОДІЄЮ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІЗ ПОРОМНИМ КОМПЛЕКСОМ

FUNCTIONAL IMPROVEMENT OF STRUCTURE INFORMATION SYSTEM FOR MANAGING THE INTERACTION OF RAIL TRANSPORT FERRY COMPLEX

Розвиток залізничного транспорту неможливий без застосування передових інформаційних технологій, які дозволяють досягти значного підвищення економічної доцільності за рахунок міжгалузевої та міжнародної взаємодії різних підприємств.

В умовах адаптації залізничного транспорту до ринкової економіки та створення конкурентного середовища, передбаченого Програмою структурної реформи, на залізничному транспорті повинен забезпечуватись інтенсивний пошук ефективних технологій організації процесу перевезення та методів їх реалізації, які б

враховували наявність конкурентних транспортних компаній, що виконують роботу з організації перевезень вантажів. У таких умовах постає необхідність своєчасного задоволення потреб замовників у перевезенні вантажів і раціональному використанні рухомого складу при організації перевезень з урахуванням особливостей конкурентного середовища при виконанні запланованих обсягів перевезень вантажів на всій мережі залізниць України.

На основі проведеного аналізу інформаційних потоків, які циркулюють в АСК ВП УЗ, доведено, що фактично не існує

інформаційних повідомлень, які враховують пріоритет пропускання поїздопотоків із відповідними вагонами, зокрема в напрямку поромних комплексів.

Для того щоб своєчасно підготувати залізницю до освоєння майбутніх перевезень, необхідно повністю врахувати потребу в перевезеннях кожного підприємства як за загальним обсягом, так і за напрямками

перевезень, задля чого запропоновано додаткові задачі, що розширюють функціональні можливості оперативного персоналу, який вирішує завдання управління пропусканням вагонопотоків на адресу ПК, що подано у вигляді системи підтримки прийняття рішень на відповідних АРМах, а саме АРМ ДНЦ та АРМ ПК.

УДК 629.463:656.223

О.С. Губачова
O.S. Gubachova

**ВПЛИВ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПОРОЖНІМИ ВАГОНОПОТОКАМИ
НА ТЕХНОЛОГІЮ РОБОТИ ОПЕРАТОРСЬКИХ КОМПАНІЙ**

**THE INFLUENCE OF OPERATING MANAGEMENT OF EMPTY WAGON FLOW
ON THE WORKING TECHNOLOGY OF OPERATING COMPANY**

Необхідність оперативного регулювання вагонопотоків виникла разом із появою залізничного транспорту. Багато видатних вчених зробили значний внесок у розвиток системи оперативного управління перевізним процесом, що характеризується великою кількістю якісних і кількісних показників. Але, незважаючи на стрімкий розвиток ринкових відносин у галузі перевезень, оперативне управління поїздопотоків на мережі залізниць Укрзалізниці досі відбувається за технологією, що була сформована для роботи в умовах планової економіки. Новим підходом до оперативного управління перевізним процесом стала технологія, яка базується на принципах розподіленого штучного інтелекту. Вона дозволяє більшою мірою задовольнити вимоги клієнтів щодо здійснення перевезення відповідно до сучасних умов із забезпеченням безпеки руху поїздів і виконанням експлуатаційних показників.

Проте на даному етапі розвитку усієї транспортної галузі існуючі системи управління вагонопотоками не повною мірою відображають розподіл потоку порожніх вагонів, не враховується неоднорідність

потоку, приналежність порожніх вагонів до конкретних операторських компаній, динамічність потоку, що залежить від кількості заявок на перевезення, які надають вантажовідправники щодобово, також не відбувається диференціація вартості і додаткових вимог клієнта щодо доставки вагонів, не реалізовано короткострокове планування передислокації порожніх вагонів.

Таким чином, недосконалість системи оперативного управління порожніми вагонопотоками призводить до погіршення якісних і кількісних показників, нерівномірності подачі порожніх вагонів під навантаження, несвоєчасного задоволення потреб клієнтів, створення великого резерву порожніх вагонів із нераціональним використанням станційних колій.

Отже, постає питання побудови такої моделі оперативного управління парком порожніх вагонів, що дозволить удосконалити технологію роботи операторських компаній, підвищити ефективність використання рухомого складу, інфраструктури та поліпшити якість перевізного процесу в цілому.

УДК 656.212

П.В. Долгополов
P.V. Dolgoplov

**РОЗРОБЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗАДАЧ СИСТЕМ
ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ВУЗЛА**

**DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL TASKS OF SYSTEMS OF CONTROLLER'S
MANAGEMENT OF RAILWAY KNOT**

На сьогодні актуальним є вирішення завдань з підвищення ефективності залізничних перевезень і взаємодії з вантажовласниками, що особливо є актуальним для залізничних вузлів.

Досліджено, що у вузлах мають місце чисельні затримки поїздів через обмежену пропускну спроможність станцій і підходів і непередбачені додаткові поїзди, поїзди, що запізнюються, а також ремонтні роботи на підходах. У результаті диспетчерський персонал приймає рішення на власний розсуд, які не завжди є раціональними.

Тому розроблено заходи з удосконалення роботи вузла як єдиної системи на основі раціоналізації диспетчерського керівництва поїздопотоками та оптимізації роботи з клієнтами на вантажних станціях за рахунок оперативного визначення графіка подавання

вагонів на вантажні фронти та організації руху автотранспорту.

Завдання удосконалення порядку пропускання поїздів у напрямку сортувальної станції вирішено за допомогою математичного апарату теорії розкладів. Встановлено, що у такій системі, як «залізничний вузол», особливості технології прямування поїздів по елементах вимагають паралельно-послідовного з'єднання обслуговувань.

Результати моделювання оптимального плану обслуговування поїздів у вузлі запропоновано виводити на АРМ ДНЦ на основі мікропроцесорної системи диспетчерської централізації «Каскад», у якій на основі моделювання автоматично розраховуються прогнози нитки поїздів, що видаються диспетчерському персоналу.

УДК 628.5:621:681.518

В.Д. Зонов
V.D. Zonov

**ВИКОРИСТАННЯ СУПУТНИКОВИХ ВИСОКОТОЧНИХ КООРДИНАТНО-
НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ У ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ**

**THE USE OF THE SATELLITE HIGH-FIDELITY COORDINATE-NAVIGATION SYSTEMS IS
IN TECHNOLOGY OF WORK OF SORTING TO THE STATION**

Визначення потенціалу застосування сучасних глобальних високоточних координатно-навігаційних систем в основній діяльності залізниць будь-якої держави вимагає чіткого виконання багатьох функцій у перевізному процесі. Одним із прикладів використання супутникових навігаційних систем є розширення можливості побудови інтелектуальних систем керування в роботі сортувальної гірці, що істотно змінює

технологічне наповнення умов виконання значної кількості функцій сортувальної гірки та розширює її можливості.

Першою необхідною умовою застосування глобальних навігаційних систем є розроблення високоточного координатного простору та ідентифікування цифрових шляхів у тримірній системі координат з усіма елементами залізничної інфраструктури.

Другою умовою є забезпечення позиціонування в реальному часі цифрових моделей шляхів сполучення з необхідною точністю рухомих одиниць – локомотивів, вагонів та інших.

Серед критеріїв, що оцінюють якість проведення сортувальних операцій з використанням високоточних координатно-

навігаційних систем (ГЛОНАСС), найбільш істотними є витрати на паливо (електроенергію) при розформуванні составів, тривалість виконання основних операцій гіркового циклу, а саме насування, розпуск та розміщення вагонів на шляхах накопичення сортувальної станції.

УДК 656.25

Т.Ю. Калашнікова
T.Y. Kalashnikova

**БЕЗПЕКА РУХУ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИСОКОШВИДКІСНОГО
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

TRAFFIC SAFETY AND OPERATION OF HIGH-SPEED RAILWAY TRANSPORT

Прискорений рух пасажирських поїздів в Україні — це рух пасажирських поїздів зі швидкостями 140- 160 км/год.

Для Росії вже діє поняття високошвидкісного руху, бо на окремих напрямках поїзди прискорюються до 250 км/год.

Поїзди TGV у Франції спроможні просуватися зі швидкостями до 320 км/год завдяки будівництву спеціальних безстикових залізничних ліній з великими радіусами поворотів. Потяги оснащені потужними тяговими двигунами, зчленованими вагонами, полегшеними візками, а також пристроями автоматичної локомотивної сигналізації, завдяки якій машиністові не потрібно видивлятися сигнали на великих швидкостях. Замість встановлення власних шасі на кожен окремий вагон, вони прикріплюються майже жорсткою зчіпкою до двовісної платформи між ними. Така конструкція необхідна для того, щоб у разі сходу поїзда з рейок він не зміг перекинутися.

У різних умовах експлуатації залежно від швидкостей, рухомого складу, кліматичної зони, погодних умов та інших чинників

виникають експлуатаційні ризики. Для умов високошвидкісного руху Франції визначено п'ять покрупнених експлуатаційних ризиків: зіткнення лобове, нагін, підкіс (зіткнення по дотичній), перешкода на колії, схід з рейок.

У зв'язку з необхідністю забезпечення безпеки руху розробляються механізми автоматичного захисту від деяких специфічних ризиків, які є найбільш поширеними: падіння вагона, боковий вітер (анемометр); затоплення платформи земляного полотна; хімічний ризик (директива ЄС 96/82/СЕ, так звана директива Севезо (Seveso), названа за місцем хімічної катастрофи в Італії); сейсмічний ризик; нагрів осьової букси; видалення льоду.

Крім того, проводиться управління пріоритетами руху, організація змін напрямку руху, організація пересадок, організація допомоги (пошкодження і відведення техніки), організація допомоги громадянам (поняття плану втручання і допомоги), розробляються сценарії в умовах збою управління кризовою ситуацією і інструменти надання допомоги при прийнятті рішення.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ПРИМІСЬКИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА УКРАЇНІ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

DEVELOPMENT PROSPECTS OF COMMUTER RAIL IN THE UKRAINE IN MODERN CONDITIONS

Організація приміських пасажирських перевезень на залізницях України на сьогодні є однією з найбільших проблем галузі залізничного транспорту. Тенденції розвитку приміських перевезень у наш час є дуже слабкими, рівень організації перевезень мало відрізняється від колишнього рівня 1990-х років. При цьому збитки від їх організації постійно зростають; морально застаріла матеріально-технічна база зношена вже більш ніж на 80 %, оновлення парку рухомого складу відбувається дуже повільними темпами. У такій ситуації залізниці вимушені скорочувати розміри приміського руху на багатьох напрямках, що призводить до поступового втрачання конкурентоспроможності в боротьбі за пасажирів з автотранспортом, маршрутні перевезення якого в містах і ближніх приміських районах на сьогоднішній день мають успішний розвиток.

Перспективами розвитку приміських перевезень за таких умов є вирішення головних проблем приміського залізничного транспорту, що гальмують його розвиток, а саме дефіциту рухомого складу та покращення якості його використання, оптимізації тарифної політики та боротьби з безоплатним проїздом, удосконалення існуючої системи організації приміського руху і технологій обробки приміських поїздів. Комплексне вирішення цих проблем є дуже складним завданням, яке потребує першочергової оптимізації тарифів на приміські перевезення шляхом поетапного збільшення вартостей проїзду, та є неможливим

без впровадження якісно нових зразків рухомого складу і організації гнучкої системи приміських перевезень, адаптованих до рівнів попиту. Новий рухомий склад має задовольняти за рівнем комфорту попиту сучасного споживача та дозволяти за конструкцією і експлуатаційними характеристиками за необхідності організувати оперативні зміни композиції приміських поїздів у станційних умовах. Нова система приміського руху має бути адаптована до об'ємів попиту на перевезення, і в умовах використання нового рухомого складу повинна передбачувати на основі прогнозування пасажиропотоків удосконалення технологій обробки приміських поїздів на опорних станціях з використанням оперативного регулювання щодо оптимальних змін композицій составів у різні періоди доби на всіх напрямках руху.

Вирішення цих завдань, безумовно, потребує використання передових наукових підходів у галузі управління експлуатаційною роботою транспортних систем. Досягнення позитивних результатів у зазначених завданнях розвитку дозволить покращити якість використання приміського рухомого складу та може дати можливість підвищити середньодобову населеність приміських поїздів до рентабельного рівня, що призведе до зниження собівартості приміських перевезень і зниження витрат на їх організацію при збільшенні рівня прибутків.

**ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО
КЕРУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЮ ВАГОНОПОТОКІВ**

**APPLICATION OF INTELLECTUAL TECHNOLOGIES IS FOR OPERATIVE MANAGEMENT
ORGANIZATION OF VAGONOPOTOKIV**

Вантажні перевезення на залізницях України характеризуються значними коливаннями. У таких умовах виконання плану формування поїздів (ПФП) може призвести до додаткових витрат на організацію вагонопотоків у поїзди та просування їх на мережі Укрзалізниці. У зв'язку з цим передбачено можливість оперативного коригування ПФП. При цьому одним з найбільш дієвих засобів коригування є формування групових поїздів на базі односторонніх призначень з урахуванням оперативних умов, що склалися на момент прийняття рішення.

Для оцінки оперативної ситуації та вирішення питання про формування окремого групового поїзда необхідно обробити значний обсяг інформації за досить короткий термін. У реальних умовах роботи оперативно-диспетчерського персоналу це зробити досить важко через брак часу. Для підвищення ефективності прийнятих рішень щодо організації вагонопотоків у поїзди необхідним є розроблення та впровадження інтелектуальних технологій, в основу яких покладено раціональну методику коригування плану перевезення в оперативних умовах при формуванні групових поїздів. Така система у своїй основі повинна мати формалізовану технологію раціонального формування поїздів та умови і критерії, за яких оперативне формування групових поїздів є раціональним. Також дана система повинна мати можливість прогнозувати процес надходження вагонів на кожне з призначень ПФП, аналізувати процес накопичення составів і своєчасно реагувати на зміну оперативної ситуації і надавати поради щодо коригування ПФП.

Одним із напрямків вирішення поставленого завдання є використання сучасних математичних методів прогнозування та управління експлуатаційною роботою в

області “Soft Computing”, які можуть реалізувати процес інтелектуального планування перевезеннями за умови обліку експлуатаційної ситуації на сортувальних станціях і нерівномірності накопичення вагонопотоків. Для надання системі властивостей адаптивного управління вагонопотоками є можливим використання моделі оперативного прогнозування вагонопотоків на основі нейро-нечіткої мережі типу NEFPROX (Neuro Fuzzy function approximator).

Згідно з даною системою розраховується можлива тривалість простою вагонів під накопиченням, що на початок періоду планування вже знаходяться на цій станції та призначені для виділення в самостійні напрямки згідно з діючим ПФП. Це у свою чергу дозволяє порівняти прогнозу тривалість накопичення таких вагонів на станції зі встановленим часом простою вагонів під накопиченням, який визначає мінімальний розмір добового вагонопотоку одного призначення для обов'язкового відправлення в спеціалізованих поїздах. Критерій доцільності оперативного коригування ПФП для окремого призначення на даній станції записується так:

$$T_{\text{нак факт}} > T_{\text{нак норм}},$$

де $T_{\text{нак факт}}$ – прогнозний час простою вагонів під накопиченням, що призначені для виділення в самостійний напрямок згідно з діючим ПФП;

$T_{\text{нак норм}}$ – встановлена норма часу простою вагонів під накопиченням, що визначає мінімальний розмір добового вагонопотоку одного призначення для обов'язкового відправлення в спеціалізованих поїздах.

Якщо умова не виконується, то вагонні струмені, що мають прогнозу добову потужність вагонопотоку одного призначення менше цієї величини, слід відправляти з даної станції шляхом об'єднання їх з іншими

струменями за рахунок коригування діючого ПФП та організації групового поїзда оперативного призначення.

З позиції запропонованого підходу процес пошуку оптимального варіанта організації групового поїзда в прогностичний період часу можна моделювати на основі генетичного алгоритму. Це дозволить шляхом послідовного підбору комбінування й варіації пошукових параметрів задачі коригування ПФП, за допомогою еволюційного механізму вибирати раціональний маршрут об'єднання груп вагонів для організації групового поїзда в діючих умовах експлуатаційної роботи полігону мережі.

Варіант рішення об'єднання груп вагонів, при якому витрати вагоно-годин і локомотиво-годин по всіх станціях у маршруті будуть

найнижчими, сформулює більш привабливу стратегію коригування ПФП та виживе в умовах еволюційного відбору. Кінцевим результатом виконання процедури еволюційного моделювання є знаходження раціонального варіанта організації групового поїзда оперативного призначення з метою передачі визначеної групи вагонів на станцію формування наскрізного поїзда для подальшого його просування.

Таким чином, впровадження інтелектуальних технологій у процес оперативного керування організацією вагонопотоків за рахунок формування групових поїздів дозволить приймати економічно обґрунтовані та своєчасні рішення, які забезпечать зниження витрат на організацію поїздів і просування вагонопотоків.

УДК 656.224

О.А. Малахова
O.A. Malakhova

УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ НА ОСНОВІ ЛОГІСТИЧНИХ ПІДХОДІВ

IMPROVING PASSENGER ON THE BASES OF LOGISTICS METODES

Функціональним призначенням логістичних систем керування пасажирськими перевезеннями служить забезпечення вирішення таких груп завдань:

- диспозиційних – аналіз, прогнозування, прийняття рішень, планування, оперативне управління, контроль;

- транспортних – здійснення міських, приміських, міжміських, міжнародних перевезень;

- станційних – організація продажу квитків, культурно-побутового обслуговування тощо;

- інформаційних – управління пасажиропотоками, контроль перевезень, довідкове забезпечення;

- інших спеціальних – надання супутніх транспортних послуг, страхування, кредитування, фінанси і т. п.

Використання логістичних підходів при організації роботи пасажирського транспорту забезпечує оптимальні з точки зору витрат варіанти задоволення транспортних потреб населення. Крім того, логістична система пасажирських перевезень дозволяє згладити суперечності та забезпечує пошук компромісу між пасажирами і залізницею, оскільки вимога мінімізації витрат на перевезення повинна гарантувати пасажиру відповідний тариф, а залізниці - достатній розмір прибутку.

Однією з головних проблем, що потребують першочергового вирішення при логістичному підході в організації пасажирських перевезень, є визначення маршрутного прямування поїздів, вибір типу вагонів і можливості використання составів при їх взаємній ув'язці на різні напрямки. Все це вимагає застосування стратегічних принципів логістичного управління.

УДК 656.223.2.001.18

Л.І. Рибальченко
L.I. Rybal'chenko

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВЕЗЕННЯ ПОРОЖНІХ ВАГОНІВ
НА ПОЛІГОНАХ ЗАЛІЗНИЦЬ**

**IMPROVEMENT TECHNOLOGY DISTRIBUTION EMPTY WAGONS
TO THE LANDFILL TRAIN**

Для отримання переваг у конкурентній боротьбі залізничному транспорту необхідне підвищення якості обслуговування клієнтів з наданням розширеного комплексу послуг. Одним із ключових питань для системи перевезень є своєчасне забезпечення вагонами необхідного типу усіх відправників вантажу відповідно до заявок. Вирішення цього питання ускладнюється у зв'язку з гострою нестачею вагонів та їх незадовільним станом. Для придбання нового рухомого складу потрібні значні капіталовкладення, тому постає завдання раціонального використання наявних в експлуатації одиниць транспорту. Варіантом раціоналізації є освоєння нових та удосконалення існуючих підходів у галузі організації вагонопотоків, в основу яких покладено оптимальне використання парку вагонів.

Найбільш перспективним способом реалізації зазначених підходів є такий, що передбачає організацію перевізного процесу на основі удосконалення технології оперативного планування при розподілі мобільних засобів транспорту на полігонах Укрзалізниці.

Вирішення завдання оптимізації процесу розвезення порожніх вагонів зі зменшенням непродуктивних простоїв вагонів і своєчасною доставкою під навантаження із забезпеченням дотримання якісних і кількісних показників роботи залізниць при використанні наявного рухомого складу пропонується на основі оптимізаційної моделі, яка повинна враховувати мінливі умови експлуатації, витрати на переміщення та враховувати нечіткість інформації. Впровадження технології, в основі якої лежить сформована модель, повинне забезпечити раціональне використання наявного рухомого складу, зменшення непродуктивних простоїв вагонів на станціях і підприємствах, зниження порожнього пробігу вагонів, раціональне використання технічних ресурсів, підвищення рівня диспетчерського управління, мінімізацію штрафів залізниць через несвоєчасну подачу вагонів і надати можливість отримувати мінімальні експлуатаційні витрати при виконанні повного обсягу послуг з отриманням максимальних доходів.

УДК 656.025.6

Г.М. Сіконенко
G.M. Sikonenko

**УДОСКОНАЛЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ВАГОНОПОТОКАМИ
НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ ЕВОЛЮЦІЙНИХ АЛГОРИТМІВ**

**IMPROVING OPERATIONAL CONTROL OF TRAFFIC VOLUMES ON THE BASIS
ALGORITHMS OF EVOLUTION**

Одним з оперативних завдань, які щоденно вирішуються на залізничному транспорті при здійсненні вантажних перевезень, є завдання забезпечення станцій

навантаження вагонами своєчасно і в потрібному обсязі. При здійсненні переміщень вагонів між станціями залізничного полігону постає завдання пошуку раціональних

маршрутів, якими б було можливо здійснити ці переміщення при мінімальних витратах матеріальних і часових ресурсів і в умовах обмеженої кількості локомотивів. Для успішного функціонування системи обслуговування, що створюється, необхідне забезпечення гнучкого реагування технології перевізного процесу і тарифної політики щодо вимог користувачів до якості перевезень з гарантованим їх виконанням. Таким чином, постає питання оперативного коригування напрямлення вагонопотоків та їх розподілу між сортувальними станціями мережі залізниць за умови мінімізації експлуатаційних витрат і дотримання умов доставки та виконання плану перевезень. Це складна комбінаторна задача, яку можливо розв'язати за допомогою сучасних математичних методів.

Еволюційні алгоритми (ЕА) самоорганізації базуються на модифікації

Методу Групового Урахування Аргументів. Нова високоефективна технологія оптимізації має унікальні можливості вирішення складних завдань пошуку оптимуму, рішення яких не здійснювалося, зважаючи на відсутність ефективного методу. Стратегія вирішення завдань оптимізації принципово відрізняється від відомих підходів нелінійного програмування, забезпечує істотно більш широкі можливості. Використання технології ЕА дозволяє вирішувати завдання багатокритеріальної оптимізації, що дозволить значно підвищити ефективність об'єкта оптимізації і отримувати технічні рішення і закони управління, що не мають аналогів; мінімізувати необхідну кількість визначень цільової функції при пошуку оптимального технічного рішення для систем реального життя; визначити максимально досяжну ефективність системи.

УДК 656.2

О.М. Ходаківський
O.M. Khodakivskiy

СИСТЕМНИЙ РОЗВИТОК ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ

SYSTEM DEVELOPMENT OF RAILWAY TRANSPORT OF UKRAINE

Останнім часом важко зустріти наукову статтю, книгу чи дисертацію, де багато разів не зустрічались б слова «система», «системний підхід», «системний аналіз». Це не випадковість і, тим більше, не дань моді. Зараз більшість галузей науки на транспорті знаходиться на етапі осмислення отриманих результатів, узагальнення і приведення їх у систему. При цьому найчастіше поняття «система» використовується на інтуїтивному рівні. Часто системний підхід зводиться до урахування безлічі факторів, що впливають на транспортний процес. Системний аналіз підміняють багатофакторним аналізом. Ситуація, що склалася в науці про транспортні системи, визначила шлях, за яким раціонально йти, шлях систематизації різних знань, що знайшли використання при дослідженні різних транспортних систем.

Відносно до системи залізничного транспорту України пріоритетним завданням є орієнтація на якомога більший рівень прибутковості галузі за умови дотримання відповідно високого рівня безпеки перевезень. Враховуючи той факт, що перевізний процес залізничного транспорту складається із двох основних видів перевезень – вантажного і пасажирського, слід розрізняти структуру доходів кожного із названих видів. Основним з точки зору прибутковості є вантажний вид перевезень. Щодо пасажирських перевезень, то у сучасних умовах мова може йти лише про підвищення дохідності, яка поступово прямує до рівня собівартості.

Одним із важливих резервів підвищення прибутковості УЗ є правильна, з точки зору загальної теорії систем, організація самої системи залізничного транспорту.

УДК 656.078

М.Є. Щербина
M.E. Sherbina

**ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

**PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS
IN RAIL TRANSPORT**

Однією з найважливіших умов підвищення якості задоволення потреби населення в перевезеннях і покращення економічних показників роботи залізничного транспорту є підвищення ефективності оперативного диспетчерського керування рухом поїздів. Це забезпечить найбільш чітко та ефективно використання потенційних можливостей мережі залізниць для надання транспортних послуг.

Але, як показує практика, виключається можливість повного автоматизованого режиму роботи, що реалізується на основі використання принципів і механізмів теорії автоматичного управління та регулювання, через складність об'єктів транспорту, що

досліджуються. Тому це сприяло розвитку нової концепції управління, що базується на розробленні та впровадженні інтелектуальних систем управління транспортними процесами.

Одним з багатообіцяючих підходів на шляху створення інтелектуальних систем може стати залучення ідей ситуаційного керування як загальносистемного підходу, що базується на формальних методах теоретичного штучного інтелекту.

Створення та впровадження інтелектуальних транспортних систем дозволить підвищити ефективність управління перевезеннями, скоротити непродуктивні витрати на транспортування вантажів і прискорити розвиток залізничного транспорту.

УДК 656.2

А.О. Любченко
A.O. Lyubchenko

**ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВЗАЄМОДІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТА АВТОМОБІЛЬНОГО
ТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ ВИМОГ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ**

**FORMUVANNYA TECHNOLOGIES OF CO-OPERATION OF RAILWAY AND MOTOR-CAR
TRANSPORT ON BASIS OF REQUIREMENTS OF INTEROPERABEL'NOSTI**

При формуванні технології взаємодії різних видів транспорту важливе місце відводиться технічній і інвестиційній політиці. Завдяки переходу України на новий ринок транспортних послуг у результаті суверенізації вона отримала в спадок частину матеріально-технічної бази колишнього СРСР, яка функціонувала на її території до моменту цього розпаду, тобто без урахування її потреб. Такий принцип розподілу майна мав місце в усіх галузях народного господарства, зокрема на залізничному транспорті.

Недосконала система взаємодії автомобільного та залізничного транспорту змушує замислитися про новий підхід і формування різних технологій взаємодії цих транспортних систем. Вони повинні бути налаштовані на суцільно новий для нас підхід, а саме наблизитися до концепції інтерооперабельності, бо на Європейському ринку це зараз одна з актуальних цілей. Іншими словами, це зусилля, які повинні бути направлені на те, щоб зробити можливою експлуатацію всіх різноманітних технічних

систем залізничних доріг існуючих на Європейському континенті.

Сьогодні залізничний та автомобільний транспорт як у Європі, так і в Україні розрізняється в технологіях взаємодії між собою. Також різниця в технологіях взаємодії між залізницями в різних країнах Європи є актуальним питанням. Паралельно з цим дорожній транспорт скористався відсутністю технічних бар'єрів, щоб укріпити свої позиції.

Таким чином, для вдосконалення формування нової технології взаємодії залізничного та автомобільного транспорту потрібно сформувати єдину систему, яка буде розподіляти вантажі за умови безперервної

взаємодії як з автомобільним так і залізничним транспортом. Надходження інформації про актуальні напрямки повинні забезпечувати спеціалізовані компанії, які мають відповідати за термін доставки масових вантажів будь-то в межах Європи чи країн СНГ.

Завдяки удосконаленню транспортних систем будь-яка звичайна людина зможе отримати доступ до інформації з приводу мінімального часу доставки вантажу, місця знаходження вантажу, її не буде бентежити, яким видом транспорту і які операції виконуються з вантажем, – це вже робота самої системи.

УДК 656.025.2

*Т.М. Грушевська (ДЕТУТ)
Т.М. Hrushevskа (SETUT)*

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИМІСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ОСНОВІ СТАТИСТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТРАНСПОРТНОГО РИНКУ

TECHNOLOGY IMPROVEMENT COMMUTER TRAFFIC BASED ON STATISTICAL RESEARCH VEHICLE MARKET

Регулярність руху приміських поїздів на напрямках є одним із основних якісних показників, що характеризує комфортність поїздки пасажирів.

У зв'язку із необхідністю підвищення конкурентоспроможності приміських пасажирських перевезень все більшої актуальності набуває завдання зацікавити пасажирів до послуг залізничного транспорту. Тому з метою покращення ефективної організації приміських пасажирських залізничних перевезень необхідно удосконалювати технологію приміських перевезень, враховуючи статистичні дослідження транспортного ринку.

Досвід і статистика перевезень показують, що приміські поїзди, які прямують на кінцеві станції приміських ділянок, прибувають на станцію призначення з населеністю не більше 10 %.

Також відомо, що для приміських перевезень характерні два пікових періоди пасажиропотоків – ранішній (у бік м. Києва) і вечірній (виїзд з Києва). На ці періоди припадає

близько 90 % всього пасажиропотоку (за напрямками). Саме в такі періоди залізниця може використовувати свою найбільшу технологічну перевагу – забезпечення великої провізної спроможності разом із надійністю сполучень.

Нерівномірність відправлення пасажирів у ранішні, денні і вечірні години визначають вимоги до частоти руху приміських поїздів, кількість вагонів у составі, потрібний парк рухомого складу і загальну організацію приміських перевезень у крупних залізничних вузлах.

Маючи достовірні статистичні дані про населеність кожного приміського поїзда протягом доби, можна достатньо точно і обґрунтовано встановлювати состав приміських поїздів відповідно до реального пасажиропотоку. Для цього на основі статистичних даних про населеність кожного приміського поїзда по днях тижня кожного сезону року можна визначити (підібрати) теоретичний закон розподілу.

У багатьох приміських поїздах населеність буде мати однакові закони розподілу. Тому обробка статистичних даних і прогнозування може проводитись і для кожного приміського поїзда і для груп поїздів. Для підрахунку можна використовувати стандартну програму Microsoft Excel.

Дані регулярних обстежень населеності приміських поїздів повинні використовуватися як вихідна статистична інформація, на підставі якої будуються математичні моделі населеності приміських поїздів як функції їх населеності, міжпоїзного інтервалу і пасажиромісткості

составів, що дає можливість вдосконалювати технологію організації приміських пасажирських перевезень.

Отже, враховуючи вищесказане, можна сказати, що особливо актуальним у нинішніх умовах є удосконалення технології приміських перевезень за рахунок регулювання інтервалів руху поїздів і пасажиромісткості їх составів, що в комплексі забезпечить оптимальну їх населеність, мінімальні непродуктивні витрати на тягу приміських поїздів і більш комфортні умови проїзду пасажирів.

УДК 656.225

Д.В. Ломотко
D.V. Lomotko

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ГАЛУЗІ УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЦЬ

MAIN AREAS OF RESEARCH IN TRANSPORT SYSTEMS IMPROVEMENT OF RAILWAYS

Ефективне функціонування залізничного транспорту України відіграє виняткову роль у створенні умов для модернізації, переходу на інноваційний шлях розвитку і стійкого зростання національної економіки, сприяє створенню умов для забезпечення лідерства галузі в економічній системі країни. Стан та якість роботи залізничного транспорту залежать не тільки від перспектив його подальшого соціально-економічного розвитку, а також від можливості ефективно виконувати найважливіші функції інноваційного характеру, забезпечення сталої підтримки та створення умов виконання наукових досліджень у напрямку всебічного удосконалення всіх технологічних і технічних транспортних складових функціонування галузі.

Процеси глобалізації, зміни у традиційних світових господарських зв'язках ставлять перед економікою країни завдання раціонального використання потенціалу унікального економіко-географічного положення. За своїм географічним положенням вітчизняні залізниці є невід'ємною частиною європейської залізничної мережі, вони пов'язані із залізничними системами Азії, а через порти може здійснюватися взаємодія з іншими транспортними системами. Цілеспрямована

реалізація транзитного потенціалу транспортної системи країни дасть змогу не тільки отримати синергетичний ефект від участі в міжнародних перевезеннях у процесі розвитку мережі транспортних коридорів на базі принципів інтегрованості, а й створить нові інструменти впливу на економічні процеси в інших державах шляхом формування нових зон економічного тяжіння та встановлення довгострокових економічних зв'язків.

Залізничний транспорт є провідним елементом та органічно інтегрований до транспортної системи країни, тому у взаємодії з іншими видами транспорту він задовольняє потреби економіки держави та населення в перевезеннях. Провідне положення залізниць визначається їх можливістю здійснювати регулярні перевезення, виконувати переміщення основної частини потоків масових вантажів, забезпечувати мобільність ресурсів та реалізовувати синхронізацію виробництва з пунктами зародження матеріальних потоків, місцями споживання продукції і морськими портами.

На жаль, незважаючи на процеси реформування залізничного транспорту, заходи та результати реформи іноді виявились недостатніми для того, щоб у короткі терміни

створити ефективні інноваційні джерела розвитку, які дають змогу забезпечити масштабне залучення коштів у розвиток галузі та її модернізацію, сформувані умови для довготривалого стійкого зростання показників роботи та підвищення конкурентоспроможності залізниць у ринкових умовах.

Аналіз проблем, що виникли у сфері залізничного транспорту та потребують глибоких наукових досліджень, дали змогу виявити їх такі основні напрямки:

- подолання технічного і технологічного відставання вітчизняної галузі від передових країн світу за рівнем залізничної техніки й технологій;
- необхідність істотного оновлення основних фондів залізничного транспорту;
- прискорення підвищення рівня ресурсозбереження у розвитку інфраструктури

залізничного транспорту, поліпшення якості взаємодії суб'єктів транспортної системи;

- необхідність зняття функціональних та нормативно-правових обмежень для зростання обсягів транзитних вантажних перевезень;

- необхідність підвищення безпеки та екологічності функціонування залізничного транспорту тощо.

Таким чином, основні напрямки інноваційної стратегії в галузі розвитку транспортних систем повинні стати основою й одночасно інструментом об'єднання зусиль держави та галузі для вирішення перспективних економічних завдань і досягнення великих соціально значущих результатів, оптимізації руху матеріальних потоків, зміцнення економічного суверенітету та екологічної безпеки, зниження сукупних транспортних витрат економіки.

УДК 656.015

*О.В. Лаврухін, А.М. Кіман
O. Lavrukhin, A. Kiman*

АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ ТА ПРОСУВАННЯ ПОЇЗДОПОТОКІВ В УМОВАХ ІСНУВАННЯ ГРУПОВИХ ПОЇЗДІВ ОПЕРАТИВНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

ANALYSIS OF THE EXISTING TECHNOLOGY OF FORMING AND PROMOTING STREAM TRAIN IN THE FACE OF MULTI-PURPOSE OPERATIONAL TRAINS

Розвиток ринку транспортних послуг передбачає своєчасне та максимально якісне забезпечення клієнтів залізничного транспорту в перевезеннях. З цією метою необхідним є постійне дослідження процесів, які впливають на діючу технологію формування та просування вантажопотоків, яка у свою чергу повинна бути орієнтована в бік поліпшення якості обслуговування клієнтів за умови збільшення прибутковості галузі. Відповідно до зазначеного слід зауважити, що діюча технологія формування та просування поїздів та вагонопотоків базується на розробленні та виконанні плану формування поїздів (ПФП), який у свою чергу є основним нормативним документом для побудови графіка руху поїздів (ГРП).

Оскільки процедура корегування ПФП в основному залежить від суб'єктивних факторів,

то це обумовлює негативні тенденції виконання основних експлуатаційних показників роботи залізничного транспорту. Цей стан обумовлює актуальність вирішення завдання формування або удосконалення технології, яка дасть змогу в оперативному режимі приймати достовірні рішення

Аналіз поїздопотоків, згідно з діючим планом формування поїздів, доводить, що кількість групових поїздів щодо одноступових перебуває в межах від 20 до 30 % по основних технічних станціях залізниць України. Ці значення доводять, що доволі значна частина вагонопотоку прямує в групових поїздах.

Остаточне оперативне рішення про формування групового поїзда приймає диспетчерський апарат на основі плану формування поїздів та АСКВПУЗ-Є, яка по своїй сутності носить характер інформаційно-

довідкової системи. Відповідно до зазначеного було поставлено науково-прикладне завдання та запропоновано шляхи його вирішення, які

передбачають формування автоматизованої технології просування групових поїздів оперативного призначення.

УДК 656.073 (477)

*В.М. Запара, А.Л. Обухова, Я.В. Запара
V. Zapara, A. Obukhova, Y. Zapara*

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКІСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОХОРОНИ ВАНТАЖІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

PROPOSALS FOR THE QUALITY OF GOODS TECHNOLOGY THE RAILWAYS

Для залізничного транспорту характерна наявність специфічних факторів, які сприяють вчиненню розкрадань на об'єктах транспорту. Серед них: розміщення товарно-матеріальних цінностей і вільний доступ до об'єктів переробки вантажів; цілодобовий цикл роботи, що обумовлює підвищений рівень злочинних посягань; висока динаміка руху составів і дальність пересування вантажів; інтенсифікація вантажних перевезень; розподіл відповідальності між різними підвідомчими структурами при проходженні вантажами значних відстаней.

Дані згідно з проведеною роботою на Південній залізниці за період 2009 – 2012 рр. показують, що на оперативний облік служби воєнізованої охорони Південної залізниці у 2009 р. поставлено 87 крадіжок; у 2010 р. – 88; у 2011 – 80; у 2012 р. – 57.

Дослідження та аналіз наведених даних вимагає розроблення пропозицій для зменшення негативних наслідків щодо забезпечення якісної технології охорони вантажів проти розкрадань при перевезенні.

Лише проведення комплексних заходів в усіх організаційних ланках функціонування охорони перевезень дасть змогу суттєво знизити існуючі випадки небереженості вантажів та майна залізниць.

З метою забезпечення якісної технології охорони вантажів на залізничному транспорті запропоновано ряд заходів технічного, технологічного та організаційного характеру. А також надано пропозиції щодо взаємодії служб воєнізованої охорони з клієнтами залізниць.

Однак, відштовхуючись від різноманіття можливих посягань на майно, що перевозиться залізничним транспортом, необхідно пам'ятати про різноманіття детермінант, що призводять до скоєння злочинів. Підвищувати якість виконання охорони вантажів під час перевезення необхідно з урахуванням різноманітних факторів, що відтворюють різні аспекти організації даної технології, а також можливостей усіх учасників, спрямованих на прагнення до забезпечення доставлення вантажу у цілості та схоронності.

УДК 656.073.42

*А.М. Котенко, П.С. Шилаєв
A.M. Kotenko, P.S. Shylayev*

НОВІ ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ І ТЕХНОЛОГІЇ ВАНТАЖНИХ ОПЕРАЦІЙ

NEW TECHNICAL MEANS AND TECHNOLOGIES OF FREIGHT OPERATIONS

Вступ України до Європейського Союзу вимагає застосування нових технічних засобів і транспортних технологій у перевезенні

вантажів. Особливо необхідно розширення застосування комбінованого транспорту залізничного й автомобільного. Пояснюється це

наявністю різної ширини залізничної колій, які існують на європейських залізницях (1435 мм) та залізницях СНД (1520 мм). Тому одним із перспективних рішень у збільшенні перевезення вантажів є перевезення за участю автомобільного і залізничного транспорту, так звані –комбіновані (контрейлерні) перевезення.

Відомі способи навантаження автомобільних причепів на універсальну залізничну платформу за допомогою крана. Недоліком таких способів є необхідність застосування вантажного механізму великої вантажопідйомності (30-40 т), значна маса останнього, що досягає 360 т, значна потужність електропривода та великі витрати електроенергії і палива при виконанні вантажних операцій. Широко відоме горизонтальне завантажування (накочуванням), яке здійснюється у двох основних варіантах. Одним із видів комбінованих перевезень є залізничне шосе Модолор (Modalohr) – пристрій, який являє собою залізничну платформу зі зниженою середньою частиною та з розміщеною на ній поворотною рамою у вигляді кишені. Завантаження або ж розвантаження автомобільних причепів виконується при повертанні рами на кут 45⁰

накочуванням або ж скочуванням причепів тягачем. Для навантаження вантажного модуля (причепа) на платформу необхідне будівництво похилих залізобетонних естакад.

Запропонований спосіб навантаження – розвантаження автомобільних причепів на залізничну платформу, який включає встановлення причепів на поворотну раму та фіксування платформи з послідовним накопиченням у терміналі, при цьому поворотну раму виконують у вигляді поворотного кола, на якому розміщують залізничну колію, а коло виконане з можливістю обертання за допомогою котків, а також коло виконане з можливістю зворотно-поступального переміщення у вертикальній площині, при цьому після встановлення платформи з причепами фіксування виконується гальмівними пристроями, платформу опускають до рівня шляхового покриття, а потім повертають коло навколо осі за допомогою котків на опорних поверхнях на кут, потрібний для з'їзду (заїзду) причепа з (на) залізничної (у) платформи (у), а після з'їзду (заїзду) причепу, розвантажену (навантажену) платформу повертають у зворотному напрямку та піднімають до рівня головок рейок.

УДК 629.4.014:629.463

Д.В. Ломотько, А.О. Ковальов, О.В. Ковальова
D.V. Lomotko, A.O. Kovalov, O.V. Kovalova

ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

APPROACHES TO THE EVALUATION TECHNICAL AND OPERATIONAL CONDITION OF VEHICLE

Одним з головних етапів покращення ефективності функціонування залізниць України є удосконалення технології роботи з вагонними парками. Складовими цих процесів є операції з вантажними вагонами, що пов'язані з регулюванням їх переміщення в порожньому стані. У сучасних умовах розвитку ринкових відносин при підвищенні ефективності використання парку вантажних вагонів необхідно обов'язково враховувати вартість вагонів, цінність вантажів, що перевозяться, а також строки доставлення та повернення вагонів.

Зменшення кількості одиниць робочого парку вагонів пов'язане з погіршенням їх технічного стану, а також з частковим виконанням інвестиційних планів щодо придбання нового рухомого складу. Таким чином, проблема забезпечення пунктів навантаження порожнім рухомим складом є найбільш актуальною.

Для подальшого забезпечення перевізного процесу ефективним є вирішення задачі, пов'язаної з дефіцитом рухомого складу, а саме: розроблення підходів до оцінювання транспортних засобів. Використовуючи

математичні рішення, запропоновано варіанти розрахунків техніко-експлуатаційного стану транспортних засобів у залежності від термінів експлуатації під перевезенням певних видів вантажів, які в подальшому дають можливість вести постійний моніторинг технічного стану кожного з вагонів. Це може відбуватись для вагонів, що належать різним власникам, і дає більш точну оцінку стану транспортного засобу.

При порівнянні отриманих результатів можна побачити, що реальний знос вагона при заданих показниках може бути нижчим, ніж визначений тільки з урахуванням терміну

експлуатації. Аналогічно може виявитися, що навпаки реальний знос вищий у залежності від часу експлуатації вагона під перевезенням певного типу вантажу. Отримання такого результату дає можливість для подальшого визначення вартості перевезення даним вагоном та оптимізації перевезень з точки зору поставленої мети.

Це є актуальним в умовах надання належного транспортного засобу вантажовласникові для схоронності перевезення вантажів та для забезпечення транспортним ресурсом узагалі.

УДК 656.073.43

*А.М. Котенко, О.М. Пилипейко
А.М. Kotenko, А.М. Pylypeyko*

ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕГАБАРИТНИХ І ВЕЛИКОВАГОВИХ ВАНТАЖІВ

TRANSPORTATION OF OVERSIZED AND HEAVY FREIGHTS

Перевезення негабаритів – специфічна галузь транспортування, яка вимагає не тільки значного досвіду та відповідних знань, але й спеціалізованого обладнання, у тому числі й для навантаження і вивантаження. Перевезення негабаритних вантажів передбачає нестандартні рішення з їх розміщення на транспортних платформах суден, автомобілів або вагонів та, як правило, виконується за участю декількох видів транспорту. У комплекс послуг із перевезень негабаритів входять такі процедури:

- розрахунок та складання логістичного плану транспортування;
- вибір транспортного засобу, розроблення схем навантаження та кріплення на транспортному засобі;
- узгодження проекту перевезення з держадміністрацією Укрзалізниці та службами управлінь залізниць (при транспортуванні залізницями та при транспортуванні через залізничні переїзди);
- створення та розроблення спеціальних транспортних рішень індивідуально для кожної партії;
- встановлення спеціального обладнання для перевезення за необхідності (габаритних рам тощо);

- підготування траси для прямування транспортного засобу (автотранспорту), демонтаж повітряних комунікацій (електромереж тощо) та укріплення інженерних споруд (мостів);

- отримання дозволу на навантаження та перевезення вантажу;

- супроводження вантажу працівниками державної автоінспекції, дистанцій залізничних колій;

- митне очищення та оформлення всіх необхідних документів при проходженні митного контролю кожної партії.

Негабаритними і великоваговими вантажами (НВВ) на всіх видах транспорту називають вантажі, що перевищують розміри і навантаження сучасного рухомого складу та існуючі габарити обмежувальних пристроїв і споруд.

При перевезеннях НВВ визначається поняття транспортабельності на рухомому складі даного виду транспорту.

Транспортабельність можна визначити як технічну можливість доставлення вантажу в нерозібраному стані (або з незначним розбиранням – зняття стріл, підйомного устаткування тощо) на існуючому комплексі транспортних засобів з урахуванням

трудомісткості робіт з підготовки вантажу до перевезення, траси, місць перевантаження,

складністю розроблення та узгодження документації тощо.

УДК 656.073.54

*С.М. Продащук, І.І. Холод
S.M. Prodashchuk, I.I. Holod*

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ КОНТЕЙНЕРНОГО ПУНКТУ СТАНЦІЇ
ШЛЯХОМ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ**

**IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY OF WORK OF CONTAINER PARAGRAPH STATION
POEM RESOURCE CONSERVATION**

Для формалізації задачі з удосконалення технології роботи контейнерного пункту (терміналу) станції при взаємодії з автотранспортом запропонована удосконалена модель, що дає змогу виконувати перероблення контейнерів за оптимальною технологією.

Також за допомогою стохастичного моделювання описано функціонування контейнерного пункту при виконанні вантажних операцій для визначення оптимальної технології роботи за прямим варіантом перевантаження вантажів. Це значно

скорочує час перебування вагона на вантажному фронті, простій вагона під вантажними операціями на станції, термін доставлення вантажу, що особливо важливо для вантажовласників.

Для реалізації оптимальної технології роботи станцій запропоновано розроблену модель інтегрувати в систему підтримки прийняття рішень у відповідні АРМ оперативних працівників станцій з вантажними операціями.

УДК 629.463.32

*А.М. Коменко, В.І. Шевченко
A.M. Kotenko, V.I. Shevchenko*

**ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ПОВЕРХНІ ЦИСТЕРН
TANK SURFACE CLEAN TECHNOLOGY**

Зовнішнє очищення залізничних цистерн залишається найбільш слабко механізованим і дорогим процесом, що вимагає значних енерговитрат. Крім того, очищення цистерн є джерелом шкідливих викидів в атмосферу. Не відповідає сучасним вимогам і якість очищення залізничних вагонів, що ускладнює виявлення не тільки зовнішніх видимих дефектів, але й особливо прихованих, навіть з використанням сучасних способів дефектоскопії.

Запропонована нова технологія, розроблена на кафедрі УВКР, яка передбачає доведення зовнішньої поверхні вагонів-цистерн до заданої температури й обробку поверхні вагонів-цистерн мийним розчином, при цьому

температуру зовнішньої поверхні вагонів-цистерн доводять до 20-40°C шляхом зрошення водою, здійснюють обробку зовнішньої поверхні вагонів-цистерн з використанням піни як мийного розчину, у місцях забруднень казана цистерни наносять шар світлих нафтопродуктів (наприклад, керосину або іншого розчину), витримують 20-30 хв. Це забезпечує розчинення і різке зниження сили адгезії (прилипання) забруднень до поверхні і здійснюють обробку зовнішньої поверхні вагонів-цистерн у місцях розміщення залишків нафтопродуктів, а як мийний розчин використовують піну, генеровану в полі відцентрових сил з щільністю 10-20 л/м² і

витримкою протягом 10-15 хв. Потім здійснюють змив піни за допомогою зрошення гарячою водою, а забруднення видаляють із зовнішньої поверхні цистерн у місцях заливних горловин за допомогою нагрітих водяних струменів під тиском 2,5 МПа і проводять сушіння поверхонь казанів цистерн струменями гарячого повітря із соплових отворів, при цьому сопла повертаються за допомогою гнучких елементів з пластинами із матеріалу, що мають ефект пам'яті форми -явище повернення до первісної форми при нагріванні (ефект пам'яті), яке спостерігається у деяких матеріалів, наприклад термобіметалевих пластин. У залежності від температури нагріву гнучких елементів (рукавів), а отже, і

термобіметалевих пластин, можна змінювати напрям гарячої води з сопла регулюючи температуру подачі води (гасу, мийного розчину, повітря).

Термобіметалева пластина складається з двох шарів металів або сплавів з різними температурними коефіцієнтами лінійного розширення і звичайно з різними модулями пружності і товщинами шарів. Звичайно як пасивний матеріал вживаються інвар або феронікель (42% Ni), а як активний – латунь, константан, нікель, залізо або сплави заліза з нікелем і молібденом. Гранична температура нагріву термобіметалів різних марок складає 150-650 °С.

УДК 656.073.42

А.М. Коменко, О.О. Шапатіна
A.M. Kotenko, O.O. Shapatina

ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ КОМБІНОВАНИМ ТРАНСПОРТОМ

CARGO TRANSPORTATION BY COMBINED TRANSPORT

Одним з актуальних завдань є своєчасне доставляння вантажів від залізничної станції до вантажовласників, які мають під'їзні колії.

Це завдання вирішується тим, що перевезення вантажів залізничним вагоном та його розвантаження на роторному вагоноперекидачі виконується шляхом зміни ходової частини для руху залізничними коліями на автомобільну рухома частину, кузов вагона обладнують в обох кінцях стандартними залізничним вузлами для з'єднання з маневровим, поїзним локомотивом та автотягачем, а після завантаження вантажу у вантажовідправника вагон доставляють автотягачем на залізничну станцію на автомобільній ходовій частині, де за допомогою домкратів вагон піднімають і автомобільну ходову частину викочують, а залізничну підкочують під вагон, при цьому домкрати встановлюють з обох сторін вагона на залізничних коліях, причому вагон на залізничній ходовій частині у складі поїзда, сформованого із таких самих вагонів, направляють на станцію призначення за допомогою поїзного локомотива, а операції повторюють у зворотному напрямку і вагон

піднімають за допомогою домкратів, а залізничну ходову частину змінюють на автомобільну ходову частину і вагон доставляють до вантажоодержувача автотягачем.

Автотягач обладнують компресором, повітрозбірником та гальмівними рукавами, які з'єднують з гальмівною системою вагона. Автомобільну ходову частину закріплюють нерухомо відносно кузова вагона.

Головки рейок під'їзної колії на яку подаються вагони без зміни залізничної ходової частини на автомобільну ходову частину, розміщують на рівні поверхні автодороги прямування автотягача.

Подавання вагона власнику вантажу автотягачем, що має рейкову під'їзну колію, виконується без зміни залізничної ходової частини на автомобільну ходову частину. Для подавання вагонів на під'їзну колію автотягач оснащують відповідними сигнальними пристроями та сигналами. Автотягач автотягача виконують поворотним для можливості розвантаження вагона на роторному вагоноперекидачі у вантажовласника без відчеплення від автотягача.

Автозчеплення вагонів виконують поворотним для можливості розвантаження вагонів після їх доставляння вантажовласнику на роторному вагоноперекидачі без їх розчеплення. Після розвантаження вагонів на

роторному вагоноперекидачі автозчеплення вагонів і автотягача фіксуються у транспортному положенні. Технологія розроблена на кафедрі УВКР УкрДАЗТ.

УДК 656.073.235(1-83)

*А.М. Коменко, А.В. Світлична
А.М.Котенко, А.В. Svitlychna*

ТРАНЗИТНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ І РОЗВИТОК КОМБІНОВАНОГО ТРАНСПОРТУ

TRANSIT TRANSPORTATION AND DEVELOPMENT OF COMBINED TRANSPORT

Транзитні перевезення через кордони України становлять суттєву частку (до 40 %) у структурі зовнішньо-економічних вантажопотоків. Це обумовлено вигідним геополітичним положенням України та активним розвитком на її території міжнародних транспортних коридорів (МТК). Цьому сприяє також розвиток перевезень у змішаному сполученні (інтермодальних, комбінованих), у т. ч. у напрямку Південь - Північ за участю поїздів комбінованого транспорту «Вікінг» та ZUBR.

Основні вантажопотоки контрейлерних перевезень зосереджені на напрямках декількох транспортних коридорів, де діє більше 300 терміналів, розташованих на територіях 29 країн Європи, які надають близько 1100 видів послуг. Контрейлерні перевезення на залізницях України характеризуються високою рентабельністю, представляючи сучасні технології «точно в строк» та забезпечуючи доставлення вантажів «від дверей до дверей». За даними англійського інституту Rendall, Україна має найвищий коефіцієнт транзитності – 3,11, отже, переваги контрейлерних перевезень та їхнє технічне забезпечення особливо впливають на обсяги міжнародних перевезень. Транзитні перевезення вантажів усіма видами транспорту за січень – червень 2013 року складають 58120,21 тис. т, у тому

числі залізницею – 16585,98 тис. т. Відомо, що контрейлерні перевезення – це перевезення за визначеним маршрутом автопоїздів, автопричепів, автомобілів, напівпричепів, знімних автомобільних кузовів (у навантаженому або порожньому стані), завантажених одним відправником на станції відправлення на адресу одного одержувача на одну або декілька станцій призначення без переробки на шляху прямування на сортувальних станціях.

Актуальність розвитку такого виду транспорту обумовлена можливістю запровадження перевезень за принципами логістики: доставлення вантажів відповідно до графіка руху поїзда (just in time); безпеку перевезення за будь-яких погодних умов; скорочення часу проходження прикордонного та митного контролів; збереження транспортного засобу та економію палива; збереження автомобільних шляхів; екологію та збереження навколишнього середовища; зниження ймовірності дорожньо-транспортних випадків, поліпшення обміну обсягів перевезень між видами транспорту. Запровадження логістичних технологій дасть змогу знизити експлуатаційні витрати та собівартість перевезень, що підвищить конкурентоспроможність національних перевізників.

УДК 658.7:656.2

Г.С. Бауліна
G.S. Baulina

**ФОРМУВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ФУНКЦІОНУВАННЯ
ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ**

**THE OPTIMIZATION MODEL CREATION OF FUNCTIONING
THE TRANSPORT AND LOGISTICS CENTRE**

Сучасний стан залізничної галузі вимагає формування транспортно-логістичної інфраструктури. Її головними елементами є транспортно-логістичні центри (ТЛЦ), які останнім часом активно створюються та розвиваються. Використовуючи наявну інфраструктуру, ТЛЦ значно підвищують якість послуг та сукупний обіг вантажоперевезень за рахунок залучення додаткової клієнтури.

Аналіз роботи ТЛЦ показує, що логістичні центри являють собою складні об'єкти управління, які характеризуються великою кількістю технологічних зв'язків між окремими технологічними зонами. Складність технології функціонування ТЛЦ, випадковий характер вхідних потоків вантажів і транспорту, велика кількість обмежень і факторів, що обумовлені технологічним регламентом та визначають ефективність роботи об'єкта управління, а також наявність чисельних залежностей між цими факторами викликають значні труднощі при формуванні оптимізаційної моделі функціонування транспортно-логістичного центру. Крім цього, розмірність та складність збільшуються у

випадку оцінки ефективності роботи ТЛЦ в умовах множини критеріїв, що характеризують якість його роботи.

Отже, сформовано оптимізаційну модель функціонування транспортно-логістичного центру, що враховує багатопараметричність, багатокритеріальність та невизначеність вхідної інформації. У моделі враховано нестационарність перебігу виробничих процесів, що обумовлено факторами зовнішнього середовища, а також імовірнісну природу. Серед цих факторів можна виділити нерівномірність надходження транспортних засобів та вантажів, змінення вимог вантажовласників, пов'язаних з наданням послуг, відмови в роботі навантажувально-розвантажувальної техніки.

Після визначення параметрів цільової функції встановлено критерії оцінки ефективності роботи транспортно-логістичного центру. Ефективність роботи ТЛЦ можна оцінити у відповідності до таких ключових критеріїв, як: обсяг наданих послуг, дохід від обробки замовлення, витрати на його обробку та тривалість обробки замовлення.

УДК656. 338. 12

А.М. Коменко, В.В. Паламарчук
A.M. Kotenko, V.V. Palamarchuk

ЛОГІСТИКА ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

THE PASSENGER TRAFFIC LOGISTICS

Логістику у пасажирських перевезеннях можна сформулювати як науку з управління потоками пасажирів і супроводжуваними їх інформаційними та фінансовими потоками через надання їм оптимальних маршрутів від станції відправлення до станції призначення на

основі маркетингових досліджень. Доставлення «точно в необхідний термін» та «від дверей до дверей без зміни виду транспорту» для пасажирів має особливе значення. Однак, якщо у логістики вантажних перевезень мова йде про вибір найбільш раціонального виду транспорту,

транспортного засобу та маршруту просування вантажу з метою скорочення тарифу на перевезення й терміну доставлення, то у пасажирських перевезеннях – про мобільність, яка має на увазі можливість вибору пасажиром виду транспорту в залежності від розкладу руху транспортних засобів, загального терміну поїздки, вартості проїзду, відсутності пересадок. Завдання пасажира становить собою розробку декількох варіантів логістичних ланцюжків переміщення по маршруту, що відрізняються між собою умовами проїзду та вартістю. Із запропонованих на транспортному ринку варіантів логістичних ланцюжків кожний пасажир сам обирає найбільш придатну йому схему в залежності від різних факторів: часу відправлення та прибуття транспорту, часу перебування в дорозі. Основними факторами, що впливають на вибір пасажиром логістичного ланцюжка пересування, є зручний час відправлення та прибуття транспорту, тривалість поїздки в межах 8-00 – 17-00 год та її загальна вартість. Остання відіграє незначну роль оскільки основні перевезення виконуються з пасажирами, що перебувають у відрядженнях. Складові логістики пасажирських перевезень можна визначити як:

- маршрутизація прямування (прямування без пересадок);

- зміна кількості вагонів у составі протягом доби для приміського сполучення (секціонування составів);

- неодноразове прибуття на одну станцію електропоїздів різних напрямків (асинхронне прибуття);

- зонне прямування поїздів (кільцювання);

- розосередження часу початку роботи підприємств, що розміщені поруч із станцією (часова розбіжність);

- проходження через станції без зупинки (транзит);

- плаваюча тарифікація пасажирських перевезень,

Систему організації пасажирських перевезень України необхідно перебудувати за європейськими стандартами, серед яких основний-зміна (підвищення) якості надання послуг пасажирам. Для покращення обслуговування пасажирів необхідне здійснення заходів: запровадження прискореного пасажирського руху, придбання пасажирського рухомого складу нового покоління, покращення сервісу тощо. Для запровадження прискореного пасажирського руху необхідне проведення комплексу робіт для модернізації інфраструктури та подальше розділення залізничних ходів на вантажні та пасажирські.

УДК 656.073.43

Д.І. Мкртчян, О.М. Костенніков
D.I. Mkrtychyan, O.M. Kostennikov

ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАГОНОПОТОКІВ У ГРУПОВІ ПОЇЗДИ

STUDY ON THE RATIONAL ORGANIZATION OF CAR TRAFFIC IN THE GROUP TRAIN

Основним напрямком згідно з Транспортною стратегією України є комплексна оптимізація роботи залізниць України, що спрямована на підвищення ефективності якості експлуатаційної роботи на базі нової системи управління перевезеннями. Падіння обсягів перевізної роботи на залізничному транспорті зумовило значний розрив між фактичними та потрібними ресурсами. Найбільш помітно це позначилося на роботі сортувальних станцій, які зараз використовують лише частку своїх

потужностей. З урахуванням зазначеного виникає необхідність у дослідженні питання формування групових поїздів у сучасних умовах. Перехід країни до ринкової економіки змушує по-новому поглянути на систему організації вагонопотоків. У сфері вантажних перевезень одним з головних стає принцип «доставлення в необхідний час». На систему вагонопотоків впливає те, що вантажі, які надаються до перевезення, мають різні пріоритети за швидкістю доставлення і, як наслідок, не всі вантажі одного призначення

первозяться в одних і тих же поїздах. Це потребує принципових змін усієї системи розроблення плану формування поїздів.

З'являється необхідність значного збільшення числа багатогрупових поїздів, включаючи й поїзди з обміном груп.

УДК 656.225.3

*О.В. Лаврухін, Г.Є. Богомазова
O.V. Lavruhin, G.E. Bogomazova*

**УДОСКОНАЛЕННЯ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРКУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ
РІЗНИХ ВЛАСНИКІВ**

IMPROVING REGULATION OF PARK FREIGHT CARS DIFFERENT OWNERS

Головним напрямком у покращенні ефективності функціонування залізниць України є оптимальний розподіл вагонопотоків за дільницями та напрямками мережі. Удосконалення технології роботи з вагонним парком дає можливість більш ефективно використовувати основні фонди.

Підвищення ефективності використання парку вантажних вагонів робить його більш привабливим для клієнтури залізничного транспорту і сприяє залученню нових вантажопотоків. При цьому необхідно враховувати факт приналежності вагонів: вагони власності залізниць, вагони різних приватних компаній-операторів, а також вагони, що належать залізницям країн СНД і Балтії.

Задача продуктивного використання вагонів, що не належать Україні, та власних або орендованих вагонів останнім часом стала однією з основних в експлуатаційній діяльності залізниць України. Прийняття результативних регулювальних заходів з передислокації й раціонального використання парку цих вагонів

дає змогу істотно знизити економічні витрати галузі, що викликані платежами за їх користування.

Для забезпечення стійкого навантаження, стабільності та ритмічності перевізного процесу в умовах нерівномірності перевезень потрібен оперативний перерозподіл між залізницями регулювальних завдань з передачі вагонів різних форм власності у відповідності до обставин, що безперервно змінюються. Тому пропонуємо вагони інших держав повертати у країну-власницю вагона у навантаженому стані або використовувати їх під своє навантаження залізничними адміністраціями, через які порожній вагон раніше проходив транзитом. У свою чергу компаніям-операторам, які є власниками вантажних вагонів, доцільно повертати свої вагони з-під вивантаження не у порожньому стані, а здійснювати повторне навантаження навіть із збільшенням відстані перевезення за рахунок надання власникам вагонів знижок за тарифом при подвійних операціях.

УДК 656.21.56

*Г.О. Сіваконева
G.O. Sivakoneva*

**УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНО-ТУРИСТСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ
ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ КЛАСТЕРІЗАЦІЇ**

**IMPROVEMENT OF TRANSPORT TRAIN TOURIST ACTIVITY UKRAINE BASED
CLUSTERING**

Ураховуючи необхідність удосконалення пасажирських перевезень, а також недостатній рівень дослідження проблеми взаємодії

залізничного транспорту з іншими галузями господарської діяльності, наприклад такими, як туризм, з метою диверсифікації своєї

діяльності, враховуючи сучасні тенденції розвитку залізничного туризму в Україні, а також недостатнє дослідження цієї проблеми, тему даного дослідження можна кваліфікувати як актуальну та спрямовану на вирішення важливого науково-технічного завдання.

Таким чином, вирішення проблеми дослідження полягає в удосконаленні методів організації пасажирських залізничних перевезень, що на відміну від відомих раніше, ураховують можливість диверсифікації діяльності залізничного транспорту за рахунок створення транспортно-туристських кластерів.

Проведено аналіз сучасного стану системи пасажирських перевезень. Виходячи зі збитковості пасажирських перевезень, в першу чергу необхідно підвищити їх дохідність за рахунок упровадження нових послуг, наприклад таких, як туризм.

Аналіз досвіду організації туристських поїздок залізничним транспортом показав, що організація залізничних турів є актуальним напрямком для впровадження як додаткових послуг комерційного характеру для підвищення фінансового стану залізничного транспорту. Початок сучасному залізничному туризму поклав англієць Томас Кук у середині XIX сторіччя. В Україні залізничний туризм

активно почав розвиватися за часів існування Радянського Союзу.

Українські залізниці треба розглядати і як засоби безпосереднього доставлення туристів, і як об'єкти туристської інфраструктури, цікаві для відвідування туристів. Установлено, що для України на сучасному етапі розвитку більш доцільним є варіант, коли туристським оператором виступає сервіс-центр залізниці для організації залізничних турів, адже він приносить більший дохід залізничному транспорту, ураховуючи, що розміри перевезень пасажирів залізничним транспортом поступово збільшуються. Залізниця сама може виступати туристським оператором, але це вимагає застосування якісно нових концепцій управління, наприклад таких, як кластерний підхід.

На сьогодні, у зв'язку з дефіцитом відповідного рухомого складу, мети удосконалення пасажирських перевезень за рахунок упровадження додаткових послуг можна досягти лише за рахунок організації руху безпересадкових та причіпних вагонів туристського призначення замість організації туристичних поїздів у межах транспортно-туристського кластера.

УДК 656.022.1(100)

Є.С. Альошинський
E.S. Alyoshinsky

НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПРОХОДЖЕННЯ МИТНИХ ПРОЦЕДУР ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ

CUSTOMS PROCEDURES IMPROVEMENT DIRECTIONS IN THE ORGANIZATION OF UKRAINE MULTIMODAL TRANSPORT

На сьогодні, враховуючи геополітичне розташування України як транзитної держави, для забезпечення конкурентоспроможності її транспортної системи необхідно надавати такі транспортні послуги, що відповідають міжнародним стандартам якості.

Метою проведених досліджень є формування основних принципів планування мультимодальних перевезень у міжнародному сполученні для визначення успішності проектів з надання залізничних транспортних послуг.

Для більшості потенційних користувачів мультимодальним маршрутом можливі складності проходження митних процедур в Україні набувають критичне значення. Фактор митниці може перекреслити навіть такі показники якості транспортної логістики, як доступність та функціональність (що Укрзалізниця за певних умов могла б ще гарантувати), бо страждає показник надійності. Ні один відправник/одержувач не може бути впевненим, що його вантаж пройде митні

процедури «точно в строк» (якщо взагалі пройде!) та без незапланованих додаткових грошових витрат.

Проаналізовано проблеми щодо організації мультимодальних маршрутів у

міжнародному сполученні та запропоновано напрямки удосконалення системи проходження митних процедур при організації мультимодальних перевезень в Україні.

УДК 625.078.1

Є.І. Балака, С.О Світлична
E.I. Balaka, S.O. Svitlichna

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ КОНТЕЙНЕРООБІГУ ОДЕСЬКОГО МОРСЬКОГО ТОРГОВЕЛЬНОГО ПОРТУ НА ОСНОВІ КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ

FORECASTING OF INDICATORS CONTAINER ODESSA SEA TRADING PORT BASED ON REGRESSION ANALYSIS

На сьогоднішній день у Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року констатується, що резерви технічних потужностей залізниці, її провізної спроможності практично вичерпані, що ставить під загрозу можливості безперервного задоволення зростаючих потреб у транспортному обслуговуванні, особливо у напрямках морських торговельних портів Чорного та Азовського морів. У першу чергу це стосується міжнародних вантажних перевезень.

Сьогодні одним із найбільш прогресивних та інвестиційно привабливих портів нашої держави є Одеський морський торговельний порт (ОМТП). Зростання вантажопотоків через ОМТП відбувається в основному за рахунок перевезень зернових, лісових вантажів, руди, вугілля та контейнерів. Саме контейнерні перевезення є найбільш вигідними, зручними, надійними та з доставленням вантажу «від дверей до дверей».

Головними стримуючими факторами при сумісній роботі порту та припортової залізничної станції (ПЗС) є диспропорція між

переробною спроможністю ПЗС, пропускною спроможністю дільниць на підходах до неї та переробною спроможністю контейнерного терміналу порту. У зв'язку з цим виникає питання чи вистачить існуючих потужностей залізничної інфраструктури припортових зон для пропуску та переробки вантажопотоку при збільшенні показників контейнерообігу.

Таким чином, використовуючи статистичні дані офіційного сайту Державної служби статистики України та показники контейнерообігу ОМТП, на основі регресійно-кореляційного аналізу було побудовано регресійну модель прогнозування показників імпортного контейнерообігу Одеського порту.

У результаті проведених досліджень виявлено залежність імпортного контейнерообігу ОМТП від наведених чотирьох незалежних факторів впливу та відносно стабільне зростання прогнозних значень контейнерних перевезень упродовж наступного десятиріччя, що свідчить про подальше наростання проблеми диспропорції пропускної та переробної спроможності в роботі порту та станції примикання.

УДК 656.225

Д.С. Лючков
D.S. Lujchkov

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАНЗИТНОГО ВАГОНОПОТОКУ В МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

THE ANALYSIS OF METHODS RESEARCH OF TECHNOLOGY SERVICING TRANSIT IN INTERNATIONAL TRAFFIC

Удосконалення технології обслуговування транзитного вагонопотоку в міжнародному сполученні – один із варіантів підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту. Основна мета цього виду перевезень – забезпечення безперевантажувальних перевезень у змішаному сполученні без тари або в полегшеному упакуванні від складу відправника вантажу до складу вантажоодержувача.

Одними з найважливіших переваг цього виду перевезень є збереження вантажів під час

транспортування від відправника до одержувача різними видами транспорту та забезпечення принципу доставлення вантажу «від дверей до дверей».

Докорінне удосконалення організації транзитних перевезень у міжнародному сполученні може бути забезпечено завдяки чіткій взаємодії різних видів транспорту і вантажовласників, створенню системи спеціалізованих маршрутів для змішаних перевезень вантажів, введенню єдиного порядку обертання контейнерів і контрейлерів.

УДК 656.96

В.С. Наумов, Т.А. Омельченко
V. Naumov, T. Omelchenko

ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ ЭКСПЕДИТОРСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

JUSTIFICATION OF THE CRITERION OF EFFICIENCY OF FORWARDING COMPANIES SERVICES

Транспортно-экспедиторское обслуживание (ТЭО) играет важную роль при доставке грузов, формируя и реализуя технологию предоставления услуг, обеспечивает такой транспортный процесс, при котором клиенты полностью освобождаются от необходимости организации и координации доставки груза. В свою очередь совершенствование технологического процесса ТЭО является одним из основных путей повышения прибыли не только транспортно-экспедиторских предприятий (ТЭП), но и остальных участников процессов доставки грузов. Анализ критериев эффективности и подходов к оценке рациональности процесса ТЭО позволил выделить основной недостаток

— учет интересов только одного или двух участников процесса обслуживания. Участниками процесса ТЭО являются ТЭП, перевозчики, грузовладельцы и логистические центры переработки грузов, выдвигающие следующие требования: наиболее эффективное использование производственных ресурсов и складских площадей и исключение непроизводительных простоев транспортных средств, грузов и механизмов.

Учитывая особенности и требования участников, критерием оценки эффективности следует принимать показатель суммарных затрат, связанный с ожиданием выполнения производственных операций. Общий вид целевой функции при обслуживании *i*-й заявки:

$$Z_{ож_i}^{сум} = T_{ож_i}^{авто} \cdot C_{ож_i}^{авто} + T_{ож_i}^{жд} \cdot C_{ож_i}^{жд} + T_{ож_i}^{гр} \cdot C_{ож_i}^{гр} + T_{ож_i}^{мех} \cdot C_{ож_i}^{мех} + T_{ож_i}^{скл} \cdot C_{ож_i}^{скл} \rightarrow \min ,$$

где $T_{ож_і}^{авто}$, $T_{ож_і}^{жд}$, $T_{ож_і}^{зр}$, $T_{ож_і}^{мех}$, $T_{ож_і}^{скл}$ – время

ожидания автомобильным и железнодорожным транспортом, непроизводительный простой грузов, механизмов и складских площадей соответственно, ч;

$C_{ож_і}^{авто}$, $C_{ож_і}^{жд}$, $C_{ож_і}^{зр}$, $C_{ож_і}^{мех}$, $C_{ож_і}^{скл}$ – удельная стоимость простоя для автомобильного транс-

порта, железнодорожного транспорта, грузов, механизмов и складских площадей соответственно, грн/ч.

Таким образом, при дальнейшей разработке рациональной технологии обслуживания клиентуры экспедиторских предприятий целесообразно применение данного критерия эффективности.

УДК 656.225

*О.С Черепанх (ХНАДУ)
O.S. Cherepana (KhNADU)*

ВИБІР СУБД ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЗБОРУ ДАНИХ ПРО ПАРАМЕТРИ ВАНТАЖОПОТОКУ

CHOICE DATABASE FOR INFORMATION DATA COLLECTION SYSTEM ON THE PARAMETERS FREIGHT TRAFFIC

У цей час стандартним рішенням для організації та зберігання великих обсягів структурованої інформації є використання систем управління базами даних. Існуючі різновиди баз даних (БД) налічують на сьогоднішній день близько 50 видів. За видами моделі даних БД діляться на ієрархічні, об'єктно-орієнтовані, мережеві, функціональні та реляційні. Найбільше поширення при управлінні складними технологічними процесами отримала реляційна модель зберігання даних і відповідні системи управління базами даних (СУБД). Реляційні моделі характеризуються простотою структури даних, зручним для користувача табличним поданням і можливістю використання формального апарату алгебри відношень і реляційного числення для обробки даних. СУБД реалізують реляційний принцип управління даними, діляться на три групи:

- файл-серверні СУБД: файли даних розташовуються централізовано на файл-сервері, СУБД розташовується на кожному клієнтському комп'ютері (робочій станції), доступ СУБД до даних здійснюється через локальну мережу; найбільш поширеними файл-серверними СУБД є Microsoft Access, Paradox, dBase, FoxPro і Visual FoxPro; такі системи застосовуються зазвичай у локальних додатках, які використовують функції управління БД, у системах з низькою інтенсивністю обробки

даних і низькими піковими навантаженнями на БД;

- клієнт-серверні СУБД: розташовується на сервері разом з БД і здійснює доступ до БД безпосередньо, у монопольному режимі, при цьому всі клієнтські запити на обробку даних обробляються клієнт-серверною СУБД централізовано; найбільш поширеними клієнт-серверними СУБД є Oracle, Firebird, Interbase, IBM DB2, Informix, MS SQL Server, PostgreSQL і MySQL; перевагою клієнт-серверних СУБД є потенційно більш низьке завантаження локальної мережі;

- вбудовані СУБД: система управління поставляється як складова частина деякого програмного продукту, не вимагаючи процедури самостійної установки; найбільш поширеними вбудовуваними СУБД в цей час є OpenEdge, SQLite, BerkeleyDB, Firebird Embedded, Microsoft SQL Server Compact; вбудовані СУБД призначені для локального зберігання даних своєї програми, але не розраховані на колективне використання в мережі. Для цілей створення системи збору даних про параметри вантажопотоків найбільш відповідними є клієнт-серверні СУБД, оскільки технологія файл-серверних систем є застарілою, а вбудовані системи не призначені для колективного використання в мережі. Найбільш розвиненими клієнт-серверними СУБД є Oracle і MS SQL Server, однак ці

системи потребують придбання ліцензійних прав у разі їх використання в комерційних системах. Найкращим варіантом при розробленні системи збору даних про параметри вантажопотоків є використання нересурсомістких СУБД, таких як PostgreSQL або MySQL, для роботи з якими є спеціальні бібліотеки функцій.

З урахуванням наведених аргументів для розроблення системи збору даних про параметри вантажопотоків пропонується використовувати програмний пакет EasyPHP

DevServer 13.1 VC9, що включає скриптову мову програмування PHP, систему управління базами даних MySQL, веб-сервер Apache та інші інструменти. PHP є мовою програмування, яка інтенсивно використовується для розроблення веб-програм, які в цей час підтримуються переважною більшістю хостинг-провайдерів і є одним з лідерів серед мов програмування, що застосовуються для створення динамічних веб-сайтів. Реляційна модель БД орієнтована на організацію даних у вигляді двовимірних таблиць.

УДК 656.21

Є.В. Назорний, В.М. Моспан
Є. V. Nagorniy, V.M Mospan

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДЛЯ РОЗРОБЛЕННЯ ЄДИНОГО ТАРИФУ В УМОВАХ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ОБ'ЄДНАНЬ НА КОНКУРЕНТНИХ РИНКАХ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

THEORETICAL BASIS FOR THE DEVELOPMENT OF A UNIFIED TARIFF IN THE OPERATION OF TRANSPORT ASSOCIATIONS IN COMPETITIVE MARKETS URBAN PASSENGER TRANSPORT

Ключова особливість функціонування об'єднаних транспортних підприємств (ОТП) на конкурентних ринках міських пасажирських перевезень полягає в необхідності узгодження економічних інтересів учасників об'єднань та громадськості, диференційованих за рівнями споживчих переваг, обумовлює суворо зважений підхід до формування тарифів за користування послугами ОТП.

Як показують роботи, за собівартістю перевезень пасажирів найбільшим є тариф на автобусних маршрутах, а найменший має електротранспорт. Єдиний тариф ОТП повинен бути в діапазоні:

$$T_{ел.тр.} \leq T_{ОТП} \leq T_{авт.}, \quad (1)$$

де $T_{ел.тр.}$ – тариф на перевезення пасажирів на маршрутах електротранспорту;

$T_{ОТП}$ – єдиний тариф ОТП;

$T_{авт.}$ – тариф на перевезення пасажирів на автобусних маршрутах.

Таким чином, необхідним є встановлення верхньої та нижньої границь єдиного тарифу ОТП.

Верхня межа тарифу $T_{ОТП}^{ВГ}$ становить

$$T_{ОТП}^{ВГ} = T_{авт.} \quad (2)$$

Нижня межа тарифу $T_{ОТП}^{НГ}$ становить

$$T_{ОТП}^{НГ} = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K Z_{jk}, \quad (3)$$

де Z_{jk} – витрати на експлуатацію j -го виду транспортних засобів (ТЗ) на k -му маршруті.

Тоді розрахунковий тариф ОТП складе

$$T_{ОТП}^{роз} = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K Z_{jk} \cdot \Omega_{jk} (1 + НП) + \beta \cdot \Delta\Pi, \quad (4)$$

де $НП$ – норма прибутку;

Ω_{jk} – функція привабливості j -го виду ТЗ на k -му маршруті;

β – коефіцієнт еластичності;

$\Delta\Pi$ – додатковий прибуток від реалізації тарифної політики.

Додатковий прибуток від реалізації тарифної політики визначимо так:

$$\Delta\Pi = E_{ОТП} - E_{БАЗ}, \quad (5)$$

де $E_{ОТП}$ – ефект від реалізації тарифної політики ОТП;

$E_{БАЗ}$ – базовий ефект при реалізації існуючої тарифної політики.

Ефект від реалізації тарифної політики ОТП становить

$$E_{ОТП} = (C_{Год} + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K z_{jk} \cdot \Omega_{jk}) \cdot \alpha^{t_{ж.п.}}, \quad (6)$$

де $C_{Год}$ – вартість часу отримання пасажиром транспортної послуги;

α – коефіцієнт компаундингу;

$t_{ж.п.}$ – час життєвого циклу послуги.

Суть визначення коефіцієнта компаундингу зводиться до розрахунку коштів,

котрі буде мати споживач у кінці фінансової операції. При його використанні дослідження ведуться до майбутнього періоду. Коефіцієнт компаундингу визначається таким чином:

$$\alpha = T_{ОТП}^{роз} \cdot (1 + Z)^n, \quad (7)$$

де n – досліджуваний період часу;

Z – кошти, котрі економить пасажир користуючись послугами ОТП за час n .

Таким чином, єдиний тариф ОТП, з урахуванням інтересів учасників перевізного процесу, визначається так:

$$T_{ОТП} = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K z_{jk} \cdot \Omega_{jk} \cdot (1 + НП) + \beta \cdot ((C_{Год}^{р.г.} + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K z_{jk} \cdot \Omega_{jk}) \cdot \alpha^{t_{ж.п.}} - (C_{Год}^{інт} + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K z_{jk} \cdot \Omega_{jk})) \cdot \alpha^{t_{ж.п.}} \quad (8)$$

Запропонована методика формування єдиного тарифу на транспортні послуги ОТП орієнтована на інтереси всіх учасників перевізного процесу. Вона може бути

використана на будь-яких ОТП, що функціонують в містах на конкурентних ринках.

УДК 656.21.56

*Н.Ю. Шраменко
N.U. Shramenko*

ФОРМУВАННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ТЕРМІНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ІЗ СИСТЕМОЮ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ

FORMATION SAVING TECHNOLOGIES TERMINALS DELIVERY CARGO FROM DECISION SUPPORT SYSTEMS

Сучасність (технічний розвиток, конкуренція, ринкові відносини) вимагає нових стандартів організації транспортного обслуговування з урахуванням інтересів як виробників транспортних послуг, так і споживачів. Існуючі системи вибору раціональної технології обробки вантажів на терміналі не враховують інтереси вантажовласників щодо обслуговування та не передбачають здійснювати корегування існуючої технології при змінному попиті на доставку вантажів для економії транспортно-складських ресурсів.

Застосування автоматизованої системи підвищує ефективність використання транспортних засобів, людських і транспортно-складських ресурсів за рахунок зменшення їх непродуктивного простою; забезпечує взаємоузгодження дій суб'єктів термінальної системи. Для отримання інформації про кількісний склад дрібнотоннажних автомобілів, транспортно-складських механізмів та наявного персоналу пропонується використовувати радіочастотні мітки для дистанційного зчитування, інформація з яких фіксується пристроями зчитування, розміщеними в місцях

перетину меж окремих зон терміналу. Для визначення часу виконання окремих технологічних операцій на терміналі в системі запропоновано використовувати пристрої вимірювання та контролю часу виконання технологічних операцій, які розміщуються в контрольних точках зон їхнього виконання, з використанням дротового або бездротового з'єднання.

Запропоновано комплексний підхід до системи підтримки прийняття рішення на окремих етапах технологічного процесу доставки, який, на відміну від існуючих, дає змогу в умовах наявності особливих потреб споживачів та ресурсних обмежень повністю автоматизувати процес організації термінальної системи доставки вантажів за вимогами інтегрованості складних систем, враховує умови невизначеності при прийнятті управлінських рішень у процесі доставки.

Формування інтегрованої інформаційної автоматизованої системи підтримки прийняття рішення у функціональному циклі термінальної системи передбачає включення до її складу комплексу запропонованих способів та моделей, які дають змогу визначити на певний період раціональну технологію роботи автомобілів на розвізних (збірних) маршрутах, здійснювати вибір раціональної технології вантажного терміналу з урахуванням ресурсних обмежень та з урахуванням інтересів вантажовласників і перевізників, здійснювати розподіл вантажопотоку між складами вантажного терміналу в умовах невизначеності із забезпеченням мінімальних витрат терміналу та максимального прибутку для складів, визначити раціональну технологію контейнерних перевезень з урахуванням мінімізації загального часу доставки вантажів.

УДК 658.7:656.2.003.1(477)

Г.Г. Замбрибор, Є.С. Альошинський
G.G. Zambrybor, E.S. Alyoshinsky

**ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ФОРМУВАННЯ ПРИКОРДОННИХ
ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ КЛАСТЕРІВ**

**PROPOSALS FOR THE FORMATION OF BORDER
TRANSPORT AND LOGISTICS CLUSTERS**

Для розвитку транспортної галузі сучасної України, в умовах зростаючих вимог до якості, швидкості та надійності перевезень, потрібно розробляти нові підходи до обслуговування вантажів та вантажовласників, насамперед у прикордонних регіонах та на кордоні.

Це пов'язано із економічною кризою та необхідністю розвитку транзитних та експортно-імпортних перевезень для підвищення привабливості України як транзитної держави із сучасною транспортною інфраструктурою серед розвинених країн.

Таким чином, основним завданням стає формування ефективної транспортно-логістичної системи, користуючись досвідом прогресивних рішень інших країн, та її

розвиток з урахуванням особливостей існуючої транспортної інфраструктури України.

Це дасть можливість підвищити швидкість, надійність та якість обслуговування вантажопотоків, які перетинають кордони України, й допоможе переорієнтувати різні галузі, які пов'язані з перевезеннями, на співпрацю між собою та на сприяння розвитку вітчизняного бізнесу з подальшою ефективною взаємодією із закордонними перевізниками.

Розроблення та створення нових підходів у обслуговуванні вантажів та вантажовласників у майбутніх прикордонних транспортно-логістичних кластерах створить умови для підвищення іміджу України та сприятиме вирішенню важливих питань щодо інтеграції до міжнародних транспортних систем.

УДК 656.073.28

О.О. Шуліка

O.O. Shulika

**МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ДЕТАЛІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ
ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДОСТАВЛЕННЯ
ТАРНО-ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ**

**DETERMINATION TECHNIQUE OF THE DEGREE OF THE TECHNOLOGICAL
OPERATIONS DEGREE OF DETAIL IN THE STUDY FOR LOT CARGO DELIVERY PROCESS**

Запропонована у роботі структура логістичної системи доставлення тарно-штучних вантажів (ТШВ) автомобільним транспортом у міжміському сполученні дає змогу описати зв'язки між підприємствами – елементами системи доставлення. Основу побудови й функціонування логістичної системи становить реалізація принципу системного підходу, що проявляється насамперед в інтеграції й чіткості взаємодії всіх елементів логістичної системи. Тому при розробленні й виконанні єдиного технологічного процесу доставлення ТШВ у міжміському сполученні важливим завданням є формування множини альтернативних варіантів транспортно-технологічних схем (ТТС) доставки ТШВ автомобільним транспортом у міжміському сполученні з точки зору системного підходу. І перш за все системний підхід є дуже важливим у питанні обґрунтування ступеня деталізації технологічних операцій, що входять до складу ТТС доставлення.

Таким чином, визначення основного переліку елементарних складових технологічного процесу доставлення ТШВ у міжміському сполученні пропонується виконувати у такій послідовності:

1) визначити перелік етапів, які включаються в процес доставлення ТШВ;

2) проаналізувати основні підходи до формалізації технологічного процесу доставлення вантажів у міжміському сполученні;

3) визначити первинний перелік технологічних операцій, що входять до процесу доставлення;

4) проаналізувати вплив визначених на попередньому етапі технологічних операцій на варіативність технологій доставлення для кожного варіанта логістичного ланцюга;

5) проаналізувати операції щодо можливості їх розбиття на складові. У випадку, коли розбиття виявить складові операції, які можна виконувати різними способами (за різними технологіями доставлення), то такі складові додаються до первинного переліку уже як окремі технологічні операції. Перегляд переліку технологічних операцій проводиться до тих пір, поки не буде визначений набір елементарних операцій, розбиття яких на складові буде недоцільним згідно з викладеною вимогою.

Тож дана методика дасть змогу визначити основний перелік елементарних складових технологічного процесу доставлення ТШВ у міжміському сполученні, які дадуть змогу сформуванню множини альтернативних варіантів ТТС доставлення ТШВ автомобільним транспортом у міжміському сполученні.

О.О. Северин
О.О. Severin

**ДО ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНИХ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ВИКОНАННЯ
НАВАНТАЖУВАЛЬНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ РОБІТ**

BY THE CHOICE OF RATIONAL LOADING AND UNLOADING MECHANIZATION DEVICE

На автотранспортних і складських операціях навантажувально-розвантажувальні роботи (НРР) є значними, трудомісткими та недостатньо продуктивними. Тому питанню вибору ефективного засобу механізації НРР надається особлива увага. Обґрунтування застосування навантажувально-розвантажувальних машин і механізмів (НРМ) здійснюють на основі умов експлуатації й транспортної характеристики заданого вантажу у кілька етапів. На кінцевому етапі здійснюють підбір з можливих альтернативних моделей НРМ найбільш ефективний варіант.

У джерелах науково-технічної інформації питанню вибору засобів механізації виконання НРР приділено достатньо уваги, що ґрунтуються на кількох показниках оцінки. Так, Дегтерев Г.М. пропонує враховувати експлуатаційні витрати й капітальні вкладення та знаходження значення річної економії або за терміном окупності капітальних вкладень. Пашков А.К. рекомендує застосовувати чистий дисконтний дохід (інтегральний ефект), що визначається як перевищення інтегральних результатів над інтегральними витратами. Северин О.О. вважає більш ефективно вибирати НРМ шляхом порівняння інвестиційних витрат та визначення періоду окупності проекту. Інші автори – через

знаходження різниці в собівартості перевезення 1 т вантажу і собівартості 1 тонно-операції до й після впровадження порівнюваного варіанта механізації та ін. Тобто у цій частині щодо вибору НРМ великих проблем не виникає.

Але щодо встановлення раціональної вантажопідйомності q_p засобів механізації НРР пропозицій недостатньо. Наприклад, Ушацький С.А. рекомендує її визначати тільки з урахуванням суми мас елементів, що монтуються, і вантажозахоплювальних пристроїв з урахуванням можливого відхилення маси елементів від розрахункової та маси вантажу. Цього недостатньо. На наш погляд, q_p треба знаходити через залежність від техніко-експлуатаційних показників роботи НРМ, за умови відповідності до маси вантажу

$$q_p = f(Q, q_0, T_u, T_n, k_{em}, k_{pч}, \delta_i),$$

де Q – добове завдання, т; q_0 – маса вантажу, т; T_n – час у наряді, год; T_u – час циклу, год; k_{em} – коефіцієнт використання вантажопідйомності; $k_{pч}$ – коефіцієнт використання робочого часу; δ_i – випадкове відхилення від норми i -го показника.

Пропонована гіпотеза перебуває на стадії перевірки.

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

**ZBIRNIK NAUKOVIH PRAC' UKRAINS'KOI DERZAVNOI
AKADEMII ZALIZNICNOGO TRANSPORTU**

Випуск 143

Збірник включено до переліку № 1 наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (Постанова президії ВАК України № 1-05/7 від 9 червня 1999 р.)

Статті друкуються мовою оригіналу.

Відповідальний за випуск Янченко Л.В.
Редактори Буранова Н.В., Еткало О.О.,
Ібрагімова Н.В., Решетилова В.В.

КВ № 8617 від 06.04.2004 р. Підписано до друку 9.04.2014 р.
Формат паперу 60x84 1/8. Папір писальний.
Умовн.-друк.арк. 20,0. Тираж 105. Замовлення № 227.

Видавець Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха,7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

Виготовлювач ТОВ «Енергозберігаючі технології»
61050, Харків, Харківська набережна,8.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1360 від 19.05.2003р.