

ISSN 1993-9175

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ



ВІСНИК

Дніпропетровського національного
університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Випуск 41

2012

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

В І С Н И К

**Дніпропетровського
національного університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

За загальною редакцією проф. О. М. ПШІНЬКА

Засновано в 2003 році

Випуск 2 (41)

Дніпропетровськ
2012

УДК 625.1+626.2

ББК 39.2

В 53

ЗАСНОВНИК ТА ВИДАВЕЦЬ:
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

Затверджено до друку рішенням Вченої ради Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна від 26.12.2011 р., протокол № 5

Редакційна колегія:

головний редактор – доктор технічних наук *О. М. Пшінько*;
заступник головного редактора – доктор технічних наук *С. В. Мямлін*;
відповідальний секретар – кандидат технічних наук *І. П. Корженевич*

Члени редакційної колегії:

доктори технічних наук *Є. П. Блохін, М. М. Біляєв, В. І. Бобровський, Б. Є. Боднар, А. А. Босов, В. О. Браташ, І. О. Вакуленко, Г. К. Гетьман, Л. В. Дубинець, І. В. Жуковицький, В. О. Заблудовський, Г. І. Загарій, М. І. Казакевич, С. М. Колесов, М. Л. Коротенко, М. О. Костін, М. Б. Курган, В. Д. Петренко, А. В. Радкевич, А. П. Разгонов, В. В. Рибкін, В. В. Скалозуб, В. С. Хандецький, Є. М. Шафіт*; доктори фізико-математичних наук *В. І. Гаврилюк, В. В. Кравець*; доктори хімічних наук *С. І. Нейковський, О. В. Федін*; доктор біологічних наук *А. С. Дворецький*; доктори економічних наук *Ю. С. Бараш, С. В. Каламбет, В. І. Копитко, Г. О. Крамаренко, А. А. Покотілов*

Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Вип. 41. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2012. – 321 с.
ISSN 1993-9175

У статтях висвітлені наукові дослідження, виконані авторами в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна та інших організаціях. Статті присвячені вирішенню актуальних питань залізничного транспорту за такими напрямками: автоматизовані системи керування на транспорті, економіка транспорту, електричний транспорт, залізнична колія, моделювання задач транспорту та економіки, ремонт та експлуатація засобів транспорту, рухомий склад і тяга поїздів, транспортне будівництво.

Вісник становить інтерес для працівників науково-дослідних організацій, викладачів вищих навчальних закладів, докторантів, аспірантів, магістрантів та інженерно-технічних працівників.

УДК 625.1+626.2
ББК 39.2

В статьях отражены научные исследования, выполненные авторами в Днепропетровском национальном университете железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна и других организациях. Статьи посвящены решению актуальных вопросов железнодорожного транспорта по следующим направлениям: автоматизированные системы управления на транспорте, экономика транспорта, электрический транспорт, железнодорожный путь, моделирование задач транспорта и экономики, ремонт и эксплуатация транспортных средств, подвижной состав и тяга поездов, транспортное строительство.

Вестник представляет интерес для работников научно-исследовательских организаций, преподавателей высших учебных заведений, докторантов, аспирантов, магистрантов и инженерно-технических работников.

ISSN 1993-9175

© Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн.
трансп. ім. акад. В. Лазаряна, оригінал-макет, 2012

ЗМІСТ

ГАЛУЗЬ ТЕХНІЧНИХ НАУК

РОЗДІЛ «РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ»

В. Г. АНОФРІСВ, О. А. ДОНСВ, А. С. МАЦЮК, С. М. ОБЕРНЯК (ДІТ) АНАЛІЗ ВИНИКНЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ ТА ЗНОСУ ЕЛЕМЕНТІВ ШВОРНЕВОЇ БАЛКИ ПІВВАГОНА	7
Н. Я. ГАРКАВИ, Е. Ф. ФЕДОРОВ, В. В. КАРПЕНКО, А. Н. ЗАБОЛОТНЫЙ, И. В. КЛИМЕНКО (ДИИТ), О. Н. ЛИТВИНЕНКО (ИСЦ ГП Приднепровской железной дороги, Днепропетровск) К ВОПРОСУ О ВПИСЫВАНИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ГАБАРИТ	11
В. В. МЯМЛИН (ДИИТ) КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН, ВЛИЯЮЩИХ НА КОЛЕБАНИЕ ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПРИ ДЕПОВСКОМ РЕМОНТЕ ПОЛУВАГОНОВ	24
С. В. МЯМЛИН, В. Л. ГОРОБЕЦЬ, О. М. БОНДАРЄВ, І. Є. СКОГАРЕВ, Є. О. ПИСЬМЕННИЙ (ДІТ) ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ОПОРУ ВТОМІ МАТЕРІАЛУ НАПІВРОБЛЕНИХ ОСЕЙ, ВИГОТОВЛЕНИХ ЗА ПРОГРЕСИВНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ	35
І. Ю. ХОМЕНКО (ДІТ) УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИВОДА ГЕНЕРАТОРА ВІД ТОРЦЯ ОСІ КОЛІСНОЇ ПАРИ	43

РОЗДІЛ «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ»

В. В. АРТЕМЧУК, Н. А. МУХІНА (ДІТ) ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ НАПЛАВЛЕННЯ	47
Б. Є. БОДНАР, О. Б. ОЧКАСОВ, О. Я. ДЕЦЮРА, Д. В. ЧЕРНЯЄВ (ДІТ) МЕТОДИ НЕРОЗБІРНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ДИЗЕЛІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ	56
Д. М. КОЗАЧЕНКО, І. Ю. ЛЕВИЦЬКИЙ, Т. В. БОЛВАНОВСЬКА (ДІТ) ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ РОЗПУСКУ СОСТАВІВ НА ПЕРЕРОБНУ СПРОМОЖНІСТЬ СОРТУВАЛЬНИХ ПІРОК	61
А. Я. КУЛІЧЕНКО, А. Р. МІЛЯНИЧ (Львівська філія ДІТу) ТЕОРІЯ РУЙНУВАННЯ ОРТОТРОПНИХ МАТЕРІАЛІВ У ВИГЛЯДІ ЗАЛИШКІВ ЗАСТИГЛОГО ПЕКУ В КОТЛАХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ЦИСТЕРН	64

РОЗДІЛ «ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ»

А. М. АФАНАСОВ, А. И. КИЙКО, С. В. АРПУЛЬ (ДІТ) АНАЛІЗ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ СЦЕПЛЕНИЯ НА ФАКТОР ИЗНОСА ГРЕБНЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВОВ	71
Д. С. БЕЛУХИН (ДИИТ) ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА	75
П. Є. МИХАЛІЧЕНКО (ДІТ) РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РЕЖИМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ У ТЯГОВІЙ МЕРЕЖІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ	81
Т. М. МІЩЕНКО (ДІТ) ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ТА МЕТОДИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЇВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТЯГИ. МЕТОД МИТТЄВИХ ПОТУЖНОСТЕЙ; ПАРАЛЕЛЬНЕ З'ЄДНАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ	86
Ю. Б. НАПАРА, С. А. ПЛИТЧЕНКО (ДИИТ) К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ЗАДАВАЕМОГО АБСОЛЮТНОГО СКОЛЬЖЕНИЯ АСИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ	92

А. В. ПЕТРОВ, О. І. САБЛІН (ДІТ) ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ЛІНІЯХ ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТЯГИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ	95
В. Г. СИЧЕНКО, О. М. ПОЛЯХ (ДІТ), Г. О. ТАТАРЧЕНКО (ТІ СНУ ім. В. Даля, Луганськ) ВДОСКОНАЛЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ЗАХИСТУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ОПОР КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ ВІД КОРОЗІЇ	101

РОЗДІЛ «ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ»

А. А. БОСОВ, М. Б. КУРГАН, Д. М. КУРГАН, С. Ю. БАЙДАК (ДІТ) ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ УСУНЕННЯ ОБМЕЖЕНЬ ШВИДКОСТІ РУХУ ПОЇЗДІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ ЗІ СТАНОМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ	106
І. П. КОРЖЕНЕВИЧ, М. Б. КУРГАН, Н. П. ХМЕЛЕВСЬКА (ДІТ) ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМІВ РОБІТ ДЛЯ ЗНЯТТЯ ОБМЕЖЕНЬ ШВИДКОСТІ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ПЛАНОМ ЛІНІЇ	116
К. В. МОЙСЕЄНКО, О. В. ШАТУНОВ (ДІТ) ВПЛИВ ДОВЖИНИ ПРЯМОЇ ВСТАВКИ НА БЕЗПЕКУ РУХУ ВАГОНІВ СУМІЖНИМИ ПЕРЕВОДАМИ, УКЛАДЕНИМИ ЗА ДРУГОЮ СХЕМОЮ	124
А. М. ОРЛОВСЬКИЙ, К. Л. КАЛЕНИК, В. В. КОВАЛЬЧУК (ДІТ) ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЗДОВЖНЬОГО ПРОФІЛЮ ЖОРСТКИХ ХРЕСТОВИН НА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БРУСАХ	130
Е. М. ФРИШМАН (Иерусалимский технологический колледж, Израиль), М. И. УМАНОВ (ДИИТ) СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЕРТИКАЛЬНЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СТАТИЧЕСКИХ СИЛ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПУТИ И ЭКИПАЖА С МАГНИТНЫМ ПОДВЕШИВАНИЕМ	136
М. В. САВИЦЬКИЙ (ПДАБА, Дніпропетровськ), П. О. ПШІНЬКО, А. М. ЗІНКЕВИЧ (ДІТ) ІМОВІРНІСНИЙ РОЗРАХУНОК ЗАЛІЗНИЧНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ШПАЛ	142

РОЗДІЛ «ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО»

С. А. ГРЯЗНОВА, Н. В. ХВОРОСТ (ХНАГХ, Харків) ЗАДАЧИ АЭРОДИНАМИКИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ МЕТРОПОЛИТЕНА	152
В. В. КОВАЛЕНКО (ДИИТ) СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В МОДИФИЦИРОВАННЫХ БЕТОНАХ	157
В. Д. ПЕТРЕНКО, А. М. М. АЛХДУР, А. Л. ТЮТЬКИН (ДИИТ), В. В. КОВАЛЕВИЧ (СЕП плюс, Львов) ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА	164
О. М. ПШІНЬКО, І. В. САЛЬНІКОВА (ДІТ) ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ПОШКОДЖЕНЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ ЗАЛІЗНИЧНИХ МОСТІВ	170
У. З. ШЕРМУХАМЕДОВ, И. О. КУЗНЕЦОВА (ПГУПС, Санкт-Петербург, Российская Федерация) ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТИ НАСТРОЙКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ГАСИТЕЛЕЙ КОЛЕБАНИЙ НА СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ МОСТОВ	175

РОЗДІЛ «ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ»

О. Л. МАТВЄЄВА, Д. О. ДЕМ'ЯНКО, І. О. ОГДАНСЬКА (Институт екологічної безпеки НАУ, Київ) АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ТА ПЕРСПЕКТИВ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ НАФТОВІСНИХ СІЧНИХ ВОД	181
В. О. ГАБРИНЕЦЬ, Є. В. ХРИСТЯН, І. В. ТИТАРЕНКО (ДІТ) ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ	187

РОЗДІЛ «АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ»

К. В. ГОНЧАРОВ (ДИИТ) МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ТОНАЛЬНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ ОТ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ	191
---	-----

РОЗДІЛ «МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ»

В. М. ПАХОМОВА, Т. І. СКАБАЛЛАНОВИЧ, Д. А. ЛЯХОВ (ДІТ) МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ 100VG-anyLAN В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ	197
Д. О. ПОЛЩУК (ІОЦ Львівської залізниці, Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України, Львів) ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ КОЛІЙНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРЗАЛІЗНИЦІ	203
О. І. ПОЧЕЧУН (ДІТ) ПРОБЛЕМИ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ СТАНУ І РІВНЯ СИСТЕМИ ФІНАНСОВОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ	212
А. СЛАДКОВСКИ (Силезький технічний університет, Катовице, Польща) ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛИЗАЦИИ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА	217

РОЗДІЛ «МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»

О. Ю. БЕРЕЗА (ДДАУ, Дніпропетровськ), О. В. БЕРЕЗА (НМетАУ, Дніпропетровськ) УТВОРЕННЯ НЕРІВНОВАЖНИХ ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ НА БАЗІ ГЕРМАНІЮ В Al-Ge-СПЛАВАХ	222
Л. І. ВАКУЛЕНКО (Вагонне депо «Нижнеднепровск-Узел», Дніпропетровськ), Ю. Л. НАДЕЖДИН (ДИИТ) ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА В СТАЛИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ КАТАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС	226
І. О. ВАКУЛЕНКО, С. О. ПЛІТЧЕНКО, Ю. Л. НАДЕЖДИН (ДІТ) ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ ТЕРТЯМ З ПЕРЕМІШУВАННЯМ АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ	230

ГАЛУЗЬ ЕКОНОМІЧНИХ НАУК

РОЗДІЛ «ЕКОНОМІКА ТРАНСПОРТУ»

Ю. С. БАРАШ, Т. Ю. ЧАРКІНА, Ю. П. МЕЛЬЯНЦОВА (ДІТ), О. О. КАРАСЬ (ДЕТУТ, Київ) ПРИНЦИПИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КУРСУВАННЯ ПРИМІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ НА ЗАДАНОМУ НАПРЯМКУ РУХУ	234
Н. В. ГРИЦЕНКО (УкрДАЗТ, Харків) КОМПЛЕКСНИЙ ОГЛЯД РЕФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ	249
О. С. ГУЛАЙ (УкрДАЗТ, Харків) РЕФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ НАДАННЯ ПЛІВГ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ	254
Ю. В. СЛАГІН (УкрДАЗТ, Харків) МЕХАНІЗМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ: ПРОБЛЕМИ ТА ЗАДАЧІ	258
В. І. КОПИТКО (Львівська філія ДІТу) НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ	261
М. І. МІЩЕНКО (ДІТ) КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ НОВОГО ОРГАНІЗАЦІЙНО-ГОСПОДАРСЬКОГО МЕХАНІЗМУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ	266
К. В. НАЛИВАЙЧЕНКО (Кримський економічний інститут КНЕУ ім. В. Гетьмана, Сімферополь) ОПТИМІЗАЦІЯ ДІЯЛЬНОСТІ КОМПАНІЙ ЩОДО СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОДУКТУ	275
А. Н. ПШИНЬКО, В. В. МЯМЛИН, С. В. МЯМЛИН (ДИИТ) ПЕРЕХОД НА МОДЕЛЬ ВИСОКОЕФЕКТИВНОЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ – РЕАЛЬНИЙ ПУТЬ РЕШЕННЯ ЕКОНОМІЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В ГОСУДАРСТВЕ	282

М. П. СНАЧОВ, М. В. КОРЧАКОВСЬКА, І. М. ЛОМТЄВА (ДІТ) ОСНОВНІ ЕТАПИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ОБЛІКУ ВИТРАТ.....	292
І. П. САДЛОВСЬКА (ДЕТУТ, Київ) ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ СТРАТЕГІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ.....	298
Н. В. РАДІОНОВА, О. І. КОБЕЦЬ (ДІТ) СУЧАСНІ ІНСТРУМЕНТИ МАРКЕТИНГУ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В РИНКОВИХ УМОВАХ УКРАЇНИ.....	307
А. Д. ШЕМЕТ (Класичний приватний університет, Запоріжжя) ФОРМИ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ ТА ЇЇ СКЛАД У СИСТЕМІ ЦИФРОВОЇ ЕКОНОМІКИ	311
О. М. ГНЕННИЙ (ДІТ) ДО ПИТАННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ ЦІН У ПРОЦЕСІ ОЦІНКИ МАЙНА.....	316

АНАЛІЗ ВИНИКНЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ ТА ЗНОСУ ЕЛЕМЕНТІВ ШВОРНЕВОЇ БАЛКИ ПІВВАГОНА

Корозійному зносу в різному ступені піддаються всі елементи рами і кузова, але найбільш проблемним їх елементом є шворнева балка. Робота з технічного діагностування вагонів, які відпрацювали не менше 22 років, дала можливість отримати уявлення про частоту появи типових несправностей, місця їх дислокації та величинах корозійних пошкоджень рами вагонів моделей 12-532 та 12-119 і може бути використана для прогнозування залишкового ресурсу і конструктивного доопрацювання вузлів.

Ключові слова: корозійний знос, шворнева балка, причина зносу, вразливе місце

Фахівцями галузевої науково-дослідної лабораторії «Вагони» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту вже протягом десятка років проводиться робота з технічного діагностування вагонів, що відслужили свій нормативний термін служби, з метою подовження терміну їх служби. За час роботи був зібраний матеріал по несправностям та величинам корозійного зносу несучих елементів вагонів (зокрема піввагонів), які відпрацювали не менше 22 років.

На основі опрацьованого матеріалу отримано уявлення про частоту появи типових несправностей, місця їх дислокації та величинах корозійних пошкоджень рами і кузова даних вагонів (місця корозійних пошкоджень проміряли ультразвуковим товщиноміром). Корозійному зносу в різному ступені піддаються всі елементи рами і кузова, але найбільш проблемним їх елементом є шворнева балка, якій і приділимо увагу перш за все.

Картина корозійного пошкодження дозволить на стадії проектування дати оцінку втимої міцності елементів конструкції вагонів з урахуванням корозійного зносу в експлуатації, а також може бути використана для прогнозування залишкового ресурсу і конструктивного доопрацювання вузлів вагонів.

У цій статті розглянемо найбільш детально зони корозійного зносу листів шворневої балки і причини їх виникнення на прикладі найбільш поширених моделей піввагонів 12-532 і 12-119 побудови Уральського вагонобудівного заводу 1988 і 1989 р. відповідно.

1. Нижній лист

При розгляді картини корозійного зносу нижнього листа шворневої балки слід розділити її на дві ділянки (рис. 1). Ділянка А (рис. 1) знаходиться поза коробчастого перетину і схильний до зносу в малому ступені. На внутрішню поверхню ділянки Б (рис. 1) потрапляє волога і картина корозійного зносу інша. Імовірно всередину коробчастого перетину волога проникає через вузол зчленування верхнього

листа з нижньою обв'язкою (рис. 2), що підтверджують результати вимірів вертикальних листів балки близько стояка (табл. 1) і точки 4 (рис. 1) нижнього листа.

Заміри проводилися в п'яти точках по позовжній осі симетрії згідно рис 1.

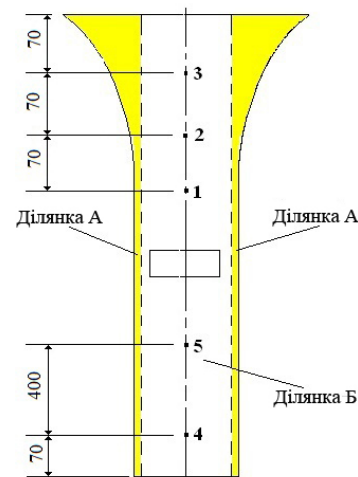


Рис. 1. Розташування ділянок корозійного зносу і точок замірів нижнього листа

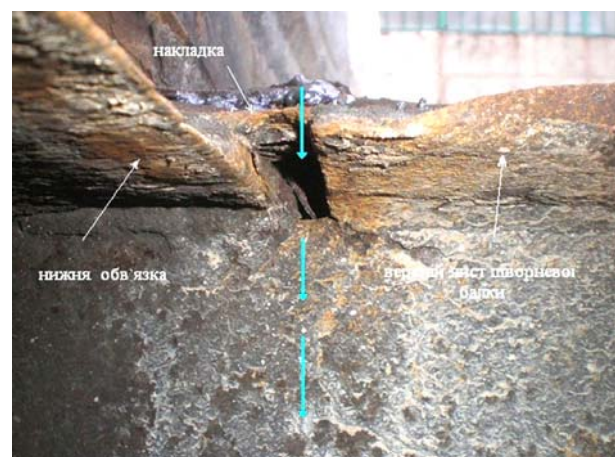


Рис. 2. Вузол зчленування верхнього листа шворневої балки з нижньою обв'язкою

Результати замірів нижнього листа шворневої балки представлені в табл. 1.

Результати замірів нижнього листа шворневої балки

Назва листа	№ точки	Середнє значення величини зносу для моделі 12-532		Середнє значення величини зносу для моделі 12-119	
		мм	%	мм	%
Нижній лист	1	3,7	30,9	3,2	26,66
	2	3,85	32,01	3,0	25
	3	4,0	33,33	2,8	23,33
	4	3,4	28,33	3,4	28,33
	5	2,3	19,2	2,1	17,5
Вертикальний лист	1	1,77	22,1	1,9	23,75
	2	0,9	11,25	1,46	18,25
	3	2,05	25,6	2,1	26,25
	4	1,15	14,4	1,2	15
	5	1,75	21,9	0,9	11,25
	6	немає даних	немає даних	2,1	26,25
Верхній лист	1	3,2	32	3,3	33

Аналізуючи результати вимірів, робимо наступні висновки:

- волога в вузол зчленування верхнього листа з нижньою обв'язкою починає потрапляти через зазор розміром до 14 мм між нижньою обв'язкою і верхнім листом шворневої балки з моменту побудови вагона (рис. 2);

- з часом в результаті природного корозійного зносу накладки, що з'єднує верхній лист шворневої балки з нижньою обв'язкою, пошкодженні при вантажно-розвантажувальних роботах (можуть бути нанесені вздовж всієї довжини верхнього листа) та інших видах діяльності надходження вологи посилюється;

- в горизонтальній площині точки 4 (рис. 1) волога має можливість застоюватися, що і призводить до корозійного зносу;

- не менш інтенсивно волога стікає в сторону п'ятникового вузла, затримуючись на похилій поверхні до ковзуна перемичкою, яка вварена між вертикальними листами шворневої балки;

- по мірі зносу вертикальних і нижнього листів усередині коробчастого перетину утворюється і накопичується іржа, яка сприяє затримці вологи;

- потрапляння вологи за перемичку за допомогою конденсату, корозійного зносу перемички біля основи і (або) пошкодження верхнього листа.

2. Вертикальні листи

Знос вертикальних листів шворневих балок більш інтенсивний. Причинами можуть послужити наступні причини:

- накопичення вологи на нижньому листі;

- затримка залишків вантажу на нижній і верхній полиці Z-подібного профілю хребтової балки;

- стікання вологи.

Заміри проводилися в шести точках, які наведені на рис. 3 та в табл. 1.

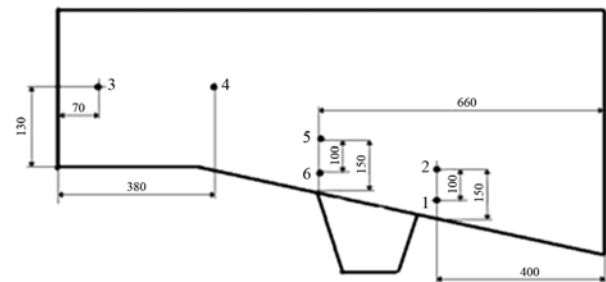


Рис. 3. Розташування точок вимірів вертикального листа

Всі виміри проводилися в місцях відсутності наскрізної корозії. На рис. 4 показані місця, що найбільш часто зустрічаються та схильні до корозійного зносу і місця наскрізної корозії відповідно.

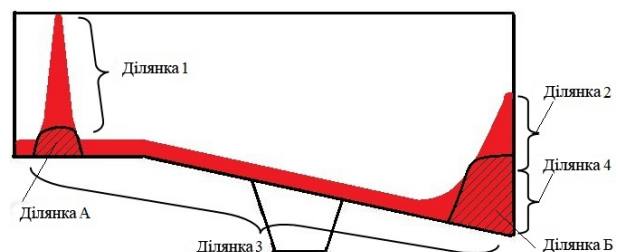


Рис. 4. Місця корозійного зносу вертикального листа шворневої балки, що найбільш часто зустрічаються

Місця корозії вертикальних листів поділені на ділянки в залежності від різної причини їх утворення. Так, ділянка 1 (рис. 4) утворюється

в результаті стікання води з вузла зчленування верхнього листа з нижньою обв'язкою (рис. 2). На ділянці 2 (рис. 4) знос відбувається в результаті стікання води через наскрізні корозійні пошкодження діафрагми, що утворюються в процесі експлуатації вагона (одна з основних причин - затримка залишків вантажу на верхній полиці хребтової балки), всередину шворневої балки. Ділянка 3 (рис. 4) зношується через накопичення іржі на нижньому листі, яка, в свою чергу, сприяє затримці води і створює сприятливі умови для розвитку корозії. Знос на ділянці 4 утворюється в результаті накопичення води з ділянок 1-3 і скупчування залишків вантажу зовні, останній з яких є накопичувачем води, а деякі види вантажів (наприклад, сіль кам'яна) утворюють агресивне середовище. Ділянка наскрізної корозії А утворена через наявність ділянки 1, відповідно Б – через вологу та залишків вантажу на ділянках 2 і 4 (рис. 4).

Слід зауважити, що найчастіше зустрічається наступна несправність: наскрізна корозія хоча б одного вертикального листа в ділянці Б (рис. 4) розмірами до 50 × 100 мм (без урахування листів відремонтованих латками) зустрічається на 52 % вагонів моделі 12-532 і 45 % – моделі 12-119, а наскрізні корозійні пошкодження більше 50 × 100 мм – на 42 % і 34 % відповідно. Крім того, несвоєчасний та (або) неякісний ремонт призводить до обриву вертикальних листів шворневої балки від хребтової балки (рис. 5) або стояків (рис. 6), призводить до втрати цілісності кузова - пряма загроза безпеці руху.



Рис. 5. Відрив вертикального листа шворневої балки від хребтової балки

Попередження цієї несправності може бути видалення залишків вантажу за допомогою отвору в вертикальних листах шворневої балки на ділянці Б (рис. 4) або завчасне приварювання

підсилюючих накладок на вертикальні листи на тій же самій ділянці Б (рис. 4).



Рис. 6. Відрив вертикального листа шворневої балки від стійки

3. Верхній лист

Верхній лист шворневої балки вагонів (рис. 2) номінальною товщиною 10 мм має в поперечному перетині омегаподібну форму. В процесі експлуатації корозійний знос відбувається в силу таких чинників:

- внаслідок впливу природного характеру (атмосферні опади);
- вплив вантажу самого по собі вологого;
- перевезення хімічно «агресивного» вантажу, прискорюючого корозійні процеси;
- затримки води в залишках вантажу при неповному очищенні кузова.

Результати замірів представлені в таблиці 1.

Згідно приведеної картини корозійного зносу елементів шворневої балки піввагонів моделей 12-532, 12-119, виходячи з терміну їх експлуатації виявлено, що найбільш уразливими корозією місцями нижнього листа шворневої балки є ділянка між ковзном і Z-подібним профілем хребтової балки; вертикальний лист схильний підвищеній корозії у шворневого стояка (ділянка 1 рис. 4), у Z-подібного профілю хребтової балки (ділянка 2, 4 рис. 4) і на ділянці заввишки 50 мм (ділянка 3 рис. 4) від нижнього листа шворневої балки; що стосується верхнього листа, то знос його відбувається рівномірно.

Відповідно до вищесказаного, конструкція шворневих балок піввагонів вимагає удосконалення в питаннях відведення води зсередини, перешкоди затримки залишків вантажу та інших питань, що призводять до підвищеного корозійного зносу. В свою чергу, система ремонту повинна містити заходи для попередження появи наскрізної корозії вертикальних листів шворневої балки.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Лукин, В. В. Вагоны. Общий курс [Текст] : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / В. В. Лукин, П. С. Анисимов, Ю. П. Федосеев; под ред. В. В. Лукина. – М. : Маршрут, 2004. – 424 с.

2. Соколов, М. М. Диагностирование вагонов [Текст] / М. М. Соколов. – М. : Транспорт, 1990. – 197 с.

Надійшла до редколегії 15.12.2011.

Прийнята до друку 20.12.2011.

В. Г. АНОФРИЕВ, А. А. ДОНЕВ, А. С. МАЦЮК, С. Н. ОБЕРНЯК

АНАЛИЗ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ И ИЗНОСА ЭЛЕМЕНТОВ ШКВОРНЕВОЙ БАЛКИ ПОЛУВАГОНА

Коррозионному износу в разной степени подвержены все элементы рамы и кузова, но наиболее проблемным их элементом является шкворневая балка. Работа по техническому диагностированию вагонов, которые отработали не менее 22 лет, дала возможность получить представление о частоте появления типовых неисправностей, местах их дислокации и величинах коррозионных повреждений рамы вагонов моделей 12-532 и 12-119 и может быть использована для прогнозирования остаточного ресурса и конструктивной доработки.

Ключевые слова: коррозионный износ, шкворневая балка, причина износа, уязвимое место

V. G. ANOFRIEV, A. A. DONEV, A. S. MATSUK, S. N. OBERNYAK

ANALYSIS OF OCCURRENCE OF MALFUNCTIONS AND DETERIORATION OF BODY BOLSTER PARTS FOR GONDOLA CAR

All parts of a car frame and body are subject to a variable degree to corrosion deterioration but their most problematic part is a body bolster. The work on technical diagnosing of cars, operated more than 22 years, has given the chance to gain an impression on the frequency of occurrence of typical malfunctions, their dislocations and the degree of corrosion damages of the frame (car models 12-532 and 12-119) and can be used for forecasting their residual resource and constructive completion.

Keywords: corrosion deterioration, body bolster, cause of wear, vulnerable place

Н. Я. ГАРКАВИ, Е. Ф. ФЕДОРОВ, В. В. КАРПЕНКО, А. Н. ЗАБОЛОТНЫЙ,
И. В. КЛИМЕНКО (ДИИТ), О. Н. ЛИТВИНЕНКО (ИСЦ ГП Приднепровской ж. д.,
Днепропетровск)

К ВОПРОСУ О ВПИСЫВАНИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ГАБАРИТ

Статья посвящена трем вопросам. 1. В нормативной литературе по вписыванию в габарит подвижного состава имеются ошибки и трудно понимаемые высказывания. 2. При ходовых испытаниях подвижного состава необходимо проверять достаточность заложенных в габарит запасов на динамику экипажа. 3. Приведены алгоритмы проектирования облика разных типов подвижного состава по условию вписывания в габарит.

Ключевые слова: габарит подвижного состава, строительное очертание, нормативная литература, неточности, натурные испытания, автоматическое проектирование

Постановка проблемы в общем виде

Понятия габарита подвижного состава, а также строительного и проектного очертаний подвижного состава введены в п. 1.1 ГОСТ 9238-83 [1]. Последний абзац вводной части и п. 4.10 стандарта [1] фактически нормируют Инструкцию по применению габаритов приближения строений и подвижного состава как обязательное приложение к стандарту [1]. Эта Инструкция состоит из двух частей: «Инструкции по применению габаритов подвижного состава ГОСТ 9238-83», имеющей код ЦВ/4422 [2], и «Инструкции по применению габаритов приближения строений ГОСТ 9238-83», имеющей код ЦП/4425 [3]. В Украине с 22.12.2008 г. (наказ Мінпромполітики України № 879) действует еще один документ – «Рухомий склад залізниць. Габарити рухомого складу. Методи визначення габаритних розмірів. СОУ МПП 45.060-252:2008» [4]. Этот документ в части методики проведения расчетов аутентичен Инструкции ЦВ/4422 [2]. Согласно п. 1.1.2 и п. 1.1.5 Инструкции ЦВ/4422 [2] ГОСТ 9238-83 [1] распространяется на следующие статические габариты: Т, Та, Тб, Тпр, Т'пр, Тц, 1-Т, 1-Та, 1-ВМ, 0-ВМ, 02-ВМ и 03-ВМ, предполагающие различные условия обращения подвижного состава. Статический габарит предполагает возможным самое «неудачное» сочетание выбранных зазоров, допустимых износов и перемещений (например, возможным считается одновременное понижение кузова относительно рамы тележки, включающее в себя суммарную осадку пружин: остаточную и под полной статической нагрузкой, и износ опорных поверхностей), а запасы на динамику подвижного состава и на наклонение кузова в кривой заложены в сам габарит. Поэтому ГОСТ 9238-83 [1]

распространяется только на скорости не выше 160 км/ч (допускаемая динамика подвижного состава нормируется соответствующими Нормами [5-7] в процентах от статического прогиба подвески, а в традициях отечественных вагоно- и локомотивостроения статический прогиб в мм примерно равен конструкционной скорости в км/ч). Габарит состоит из верхнего и нижнего очертаний. Нижние очертания определяют возможность (или невозможность) прохода данным подвижным составом сортировочных горок при разном положении замедлителей, а также путей, оборудованных устройствами для надвига вагонов. Интересно, что в соответствии с п. 3.2.3 стандарта [1] нижние очертания габаритов Т, Та, Тб, Тпр, Т'пр, Тц, 1-Та и 1-Т могут быть значительно расширены в своей нижней части для подвижного состава, предназначенного для эксплуатации на линиях, сооружения и устройства которых приведены в нижней части в полное соответствие с габаритом приближения строений С для станций. На каждой станции таких путей должно быть хотя бы по одному в каждом направлении (см. п. 2.1.5 Инструкции ЦП/4425 [3]), но посадочных платформ возле таких путей может и не быть. В соответствии с п. 3.2.2 стандарта [1] нижние очертания габаритов Т, Та и Тб могут быть еще более расширены для подвижного состава, предназначенного для эксплуатации на линиях, где высота низких платформ понижена до 200 мм.

Смысл строительного очертания подвижного состава

Допустим, мы строим строительное очертание вагона, вписываемого в габарит 1-Т (черт. 10, 11а), то есть это какой-то специализированный вагон с эксплуатационным ограни-

чением «через горки не пропускать». Из черт. 10 и черт. 11а стандарта [1] сформируем единое очертание габарита.

Построим мысленно вдоль прямого участка пути такой тоннель, который в точности повторит очертание габарита подвижного состава. Вдоль кривой радиусом $R=150$ м построим аналогичный тоннель, но его полуширину на каждой высоте сделаем на 180 мм больше, чем в очертании габарита (потому что для габаритов Т, Та, Тб, Тц, Тпр, Т'пр, 1-Т, 1-Та и точек 1-11 габарита 1-ВМ $K_3=180$ мм [1]). Мысленно сделаем пластилиновый вагон, в точности повторяющий во всех своих поперечных сечениях очертание габарита подвижного состава.

Теперь в прямом участке пути сделаем колею предельно допустимой ширины 1530 мм (см. п. 2.2.3.5 Инструкции ЦВ/4422 [2]), предельно, но допустимо утоньшим гребни колес, предельно сдвинем кузов вагона вправо. При этом выберем все зазоры между колеей и гребнями колес, выберем наибольшие гипотетически возможные поперечные зазоры буксы относительно колесной пары q' , рамы тележки относительно буксы q'' , надрессорной балки относительно рамы тележки (с учетом наибольшего гипотетически возможного изгиба пружин подвешивания) w' и пятника относительно подпятника w'' (см. форму П.1.1 Приложения 1 Инструкции ЦВ/4422 [2]). То, что не влезло в тоннель, обрежем. Потом так же сдвинем вагон влево. И обрежем то, что не влезло в тоннель. Пластилиновый вагон стал заметно уже.

Теперь максимально сдвинем одну тележку в колее и кузов относительно колесных пар этой тележки вправо, а вторую тележку в колее и кузов относительно колесных пар второй тележки – влево. Обрежем то, что выходит за пределы нашего тоннеля. Теперь первую тележку в колее и кузов относительно колесных пар первой тележки сдвинем влево, а вторую тележку в колее и кузов относительно второй тележки вправо. Опять обрежем то, что вышло за пределы тоннеля. Консольные части пластилинового вагона немного «заострились».

Теперь заедем на кривую и максимально сдвинем колесные пары тележек относительно рельсов и кузов вагона относительно колесных пар тележек внутрь кривой (гребни колес по-прежнему максимально изношены, а ширина колеи в кривой согласно п. 2.2.3.5 Инструкции ЦВ/4422 [2] стала 1546 мм). Очень возможно, что середина вагона по полуширине за пределы

«криволинейного тоннеля» вылезет. Обрежем то, что вылезло. Если мы что-то обрезали, то симметричный относительно продольной оси вагона вырез надо сделать и с другой стороны пластилинового вагона (что равносильно тому, что вагон развернули и все описанные в данном абзаце действия повторили).

Теперь в том же «криволинейном тоннеле» первую тележку и кузов относительно первой тележки максимально сместим наружу кривой (тележка окажется радиально установленной относительно кривой), а вторую тележку и кузов относительно нее максимально сместим внутрь кривой. Если часть консоли вылезла за очертание габарита наружу кривой, тоотрежем вылезшую часть и симметричные ей относительно продольной и поперечной оси вагона фрагменты пластилинового кузова.

Максимально загрузим вагон (при этом, возможно, вагон «прогнется», как балка на двух опорах), понизим все пружины на величину наибольшей гипотетически возможной остаточной (усталостной) осадки, понизим опорные поверхности на максимально допустимое истирание, а колеса по кругу катания обточим до минимально допустимого диаметра. Теперь пластилиновый вагон вылез за габарит снизу. Обрежем то, что вылезло. Вот этот оставшийся «обрубок» называется строительным очертанием вагона.

Неточности в нормативной литературе

В нормативной литературе по вписыванию подвижного состава в габарит [2, 4] имеются ошибки и трудно понимаемые высказывания.

1. При чтении п. 2.2.3 Инструкции ЦВ/4422 [2] не очевидно, что для габаритов Т, Та, Тб, Тц, Тпр, Т'пр, 1-Т, 1-Та и точек 1-11 габарита 1-ВМ при расчете E_0 , E_B , E_H для тележек и колесных пар $S=1530$ мм (а отрицательные значения $\Delta K'_0$, $\Delta K'_B$ и $\Delta K'_H$ принимаются равными нулю), а для кузова и укрепленных на нем частей $S=1530$ мм на прямой (то есть, когда $\Delta K_0 \leq -9$ мм, $\Delta K_B \leq -9$ мм, $\Delta K_H \leq -9\phi$ мм; при этом вместо $\Delta K_0 \leq -9$ мм принимается $\Delta K_0 = 0$, вместо $\Delta K_B \leq -9$ мм принимается $\Delta K_B = 0$, вместо $\Delta K_H \leq -9\phi$ мм принимается $\Delta K_H = 0$) и $S=1546$ мм на кривой (то есть, когда $\Delta K_0 > -9$ мм, $\Delta K_B > -9$ мм, $\Delta K_H > -9\phi$ мм). При этом $d = d' + 2t_{1,2}$, где $d'=1437$ мм для колеи 1520 мм и $d'=1358$ мм для колеи

1435 мм, а $t_{1,2}=25$ мм для вагонных колес и как правило $t_{1,2}=26$ мм для локомотивных колес и колес МВПС.

2. В формуле (2.10) Инструкции ЦВ/4422 [2] для двухосных и трехосных тележек должно быть $K_1=0$. А в формулах (2.11) и (2.12) для 4-, 8- и 16-осных тележек транспортеров и миксеров должны присутствовать K_1 (как они присутствуют в формулах (2.18), (2.19)), только значения K_1 для таких тележек не такие, как для кузова. Это объясняется тем, что тележки транспортеров и миксеров, зачастую, оборудуются «палубой» (к которой крепится автосцепное оборудование).

3. В формулах (2.34) и (2.47) вместо 871 должно быть 718.

4. В формулы (2.60)-(2.62) для двухосных и трехосных тележек должно быть $K_1=0$. Для 4-, 8- и 16-осных тележек транспортеров и миксеров K_1 в этих формулах должны присутствовать, однако, значения K_1 для таких тележек не такие, как для кузова.

5. Тележки подвижного состава в горки вписывать не надо. А при вписывании в горки кузова в формулах (2.87), (2.90) и (2.93) вместо « H_i^w » должно быть « $\max(h_{R_B}, H_i^w)$ » (при данном n_B) и « $\max(h_{R_H}, H_i^w)$ » (при данном n_H). Дело в том, что горка проходится на скоростях, близких к 0 км/ч, а непосредственно на горке никаких строений, возвышающихся над уровнем головок рельсов (УГР), быть не может. Здесь, как и в Инструкции ЦВ/4422 [2], n_B – расстояние от внутреннего сечения до направляющего, n_H – расстояние от наружного сечения до направляющего, h_{R_B} и h_{R_H} определяют согласно п. 2.5.2 и п. 2.5.3 Инструкции ЦВ/4422 [2]; H_i^w – высота от УГР i -й переломной точки габарита (например, для точки 13 чертежа 11Б стандарта [1] $H_{13}^w=100$ мм, а для точки 18 чертежа 11В этого же стандарта $H_{18}^w=130$ мм).

6. В п. 3.10 ГОСТ 9238-83 [1] рекомендуется увеличить высоту нижних необрешоренных частей в габаритах по черт. 11а и черт. 15а с 65 до 80 мм. Более того, в традициях отечественного вагоностроения принято включать в число допусков на высоту кузова от УГР так называемый допуск на установку автосцепки (украинские вагоностроительные заводы обычно при-

нимают этот допуск равным 20 мм, а московский ВНИИВ во времена СССР принимал этот допуск равным 40 мм). Интересно отметить, что локомотивам с длинной консолью, зачастую, «не хватает» заложенного в стандарт запаса на динамику подвижного состава при галопировании и при рекуперативном торможении под составом. Поэтому иногда целесообразно использовать при расчетах строительного очертания локомотивов «страховочный» допуск на понижение кузова (или хотя бы на понижение только консольной части кузова). Рискнем рекомендовать величину «страховочного» допуска, равную 40 мм (или хотя бы 20 мм). Необходимо отметить, что при приемочных или сертификационных ходовых испытаниях вертикальная динамика кузова проверяется [8] в том числе и на достаточность заложенных в габарит запасов на динамику испытанного подвижного состава. Если этих запасов окажется не достаточно (например, для высокоскоростного подвижного состава или для импортного подвижного состава на очень мягкой подвеске), то после ходовых испытаний вписывание в габарит придется откорректировать. Подобные корректировки окажутся значительно менее болезненными, если при расчете строительного очертания подвижного состава был введен «страховочный» допуск.

Странно, что за столько лет (с 1986 года) официальных изменений (исправлений) к Инструкции ЦВ/4422 не появилось. Еще более странно, что украинский отраслевой стандарт [4] все проблемные места Инструкции ЦВ/4422 [2] перекомпилировал.

Особенности натуральных испытаний вписывания подвижного состава в габарит

Как было сказано выше, в приемочных и сертификационных ходовых испытаниях подвижного состава необходимо убедиться, что динамические понижения всех деталей испытываемого подвижного состава, вписанных в строительное очертание подвижного состава, не превышают заложенных в ГОСТ 9238-83 [1] запасов на вертикальную динамику экипажа. При этом подразумевается, что в том случае, если вертикальная динамика кузова не превышает запасов между сплошной и штрихпунктирной линиями нижних очертаний габаритов, то и горизонтальная динамика всех точек подвижного состава при боковой качке окажется в заложенных в ГОСТ 9238-83 [1] запасах, а запас на понижение подвагонного оборудования в консолях подвижного состава при

галопировании ограничен снизу высотой от УГР двойного перекрестного стрелочного перехода 55 мм (см. черт.4 ГОСТ 9238-83 [1]).

Российский документ [8] требует во время сертификационных испытаний проверять вписывание испытуемого подвижного состава проходом через габаритную рамку. Инструкция ЦВ/4422 [2] не запрещает пользоваться рамкой, изготовленной по Методике [9], но считает такую проверку второстепенным методом внутризаводского контроля. Интересно, что ОНИЛ ДППС неоднократно испытывала подвижной состав российского производства, изготовленный с габаритными нарушениями, но получивший российский сертификат, так как он прошел габаритную рамку, которая была рассчитана на основании ошибочного строительного очертания (строительное очертание подвижного состава согласно Методике [9] является исходным для расчета габаритной рамки). К сказанному выше необходимо добавить, что рамка, изготовленная по Методике [9], всегда шире строительного очертания подвижного состава.

Для измерения ширины вагона по симметричным относительно продольной оси вагона деталям можно воспользоваться «измерительной» рамкой [10] (не соответствующей Методике [9]). Зная ширину рамки ($2B_{рам}$) и замерив двумя щупами расстояния от вертикальных стенок рамки до симметричных деталей ($y_{прав}$ и $y_{лев}$), ширину вагона по этим деталям легко определить ($2B_{ваг} = 2B_{рам} - y_{прав} - y_{лев}$), исключив при этом неточность установки вагона на рельсах и наклон кузова на заклиненных амортизаторах. Однако обмер вагона в приемочные и сертификационные испытания согласно Инструкции ЦВ/4422 [2] не входит.

САПР облика железнодорожного подвижного состава. Удовлетворение требованиям вписывания в габарит

В понятие облика входят:

- тип (назначение) подвижного состава;
- колея, габарит, условие прохода сортировочных горок;
- тип или конструкция тележки, осьность тележки n_T , осевая нагрузка $Q_{ос}$, приведенная база тележки p (см. п. 4.7 ГОСТ 9238-83 [1]);
- тип автосцепки и тип ударной розетки (для **грузовых вагонов**, кроме того, группа по условиям нерасцепляемости);

- база кузова ℓ ;
- длина кузова L (для **локомотивов, головных вагонов МВПС, бункерных вагонов, транспортеров и миксеров**, кроме того, может быть добавлено разрешение на «заужение» консольной части кузова), нависание кузова над автосцепкой за счет изогнутого лобового бруса для **крытого грузового вагона** $\Delta_{ав}$, для **цистерны** может быть указана только длина консольной части рамы цистерны (иногда с разрешением на «заужение»);
- длина бака для **цистерны** $L_{бака}$ (допускается указать нависание торца бака над автосцепкой $\Delta_{ав}$);
- ширина кузова $2B_B$ (для **цистерны** допускается не указывать);
- диаметр бака для **цистерны** D , для **бункерного вагона** может быть указан диаметр цилиндрической части бункера $D_{БУ}$;
- высота боковых бортов $H_{ББ}$ для **полувагона, крытого грузового вагона, пассажирского вагона, локомотива, вагона МВПС**;
- высота открывающихся боковых бортов $H_{ББ}$ и форма откидывающихся торцовых бортов для **платформы**;
- высота $H_{БУ}$ цилиндрической части бункера, количество $n_{БУ}$ бункеров для **бункерного вагона** (в целях упрощения погрузки все бункеры бункерного вагона идентичны друг другу);
- допустимая форма крыши для **крытого грузового вагона, пассажирского вагона, локомотива, вагона МВПС**;
- контуры пространства для оборудования, устанавливаемого на **миксере**;
- высота пола H_n от УГР (для **платформы, полувагона, платформенного и корытообразного транспортера, крытого грузового вагона, пассажирского вагона, миксера, локомотива, вагона МВПС**);
- высота $H_{ПА}$, ширина $2B_{ПА}$ и контуры вида сверху на «палубу» для **миксера**.

Необходимо иметь в виду, что САПР не проектирует подвижной состав вместо конструктора, а только оказывает посильную помощь конструктору при проектировании подвижного состава.

Для каждого типа подвижного состава задача удовлетворения требованиям вписывания в габарит в рамках САПР облика вагона форму-

лируется по-своему, но очень грубо (и не совсем правильно) эту задачу можно сформулировать так: при заданных габарите, длине кузова L и минимально возможной длине консоли $n_{к, \min}$ определить наибольшую возможную ширину проектируемого вагона $2B_B$. Отметим, что при построении строительного очертания подвижного состава [1, 2] из трех характеристик: E_0 для шкворневого сечения, E_B для срединного сечения и E_H для крайнего консольного сечения, – величина E_0 всегда наименьшая. Величина E_B может оказаться равной E_0 , а может оказаться и наибольшей из трех. Величина E_H всегда больше E_0 , но не обязательно наибольшая из трех. Таким образом, варьируя длину консоли n_k при постоянной длине вагона L , можно найти такое значение длины консоли $n_{кон}$, при котором ширина вагона (ширина кузова) $2B_B$ определится выражением

$$2B_B = 2(B_{пола}^w - E), \quad (1)$$

где $B_{пола}^w$ — полуширина контура габарита на уровне пола,

$$E = \min_{n_k \in \Omega} E_{\max}, \quad (2)$$

при $\Omega = \left[n_{к, \min}, \frac{L}{2} - n_{2, \min} \right]$, $n_{к, \min}$ — минимально

возможная для данного типа тележки и для данного типа подвижного состава длина консоли кузова (определяется либо конструктором, либо ограничениями, наложенными автосцепным оборудованием), $n_{2, \min}$ — величина, несколько бóльшая, чем половина длины тележки по самым крайним точкам, $E_{\max} = \max(E_0, E_H, E_B)$, ℓ — определяемая длиной консоли $n_{кон}$ база вагона

$$\ell = L - 2n_{кон}, \quad (3)$$

а $n_{кон}$ — минимальная величина из тех n_k , при которых $E_{\max} = \min$, то есть

$$n_{кон} = \min \left(n_k : \left\{ \exists_{n_k \in \Omega} E_{\max} = \min \right\} \right). \quad (4)$$

Ниже приведены алгоритмы уточнения облика по условиям вписывания в габарит для некоторых типов подвижного состава.

1) Полувагоны, думпкары, платформы с неоткрывающимися бортами, платформы без бортов, платформы, которые могут эксплуатироваться с открытыми бортами.

Исходные данные. Габарит (перечисленные выше типы подвижного состава не могут быть в габарите Тц); длина кузова по лобовому брусу L ; приведенная база тележки p [1,2]; константы $n_{к, \min}$ и $n_{2, \min}$; высота пола H_n (иногда принимается на уровне высоких платформ $H_n = 1100$ мм); толщина пола с учетом плюсового допуска ΔH_n (только для **полувагонов, думпкаров, платформ с неоткрывающимися боковыми бортами и платформ без бортов**); для **платформ, которые могут эксплуатироваться с открытыми бортами**, — толщина бокового борта с учетом плюсового допуска ΔB_B ; константы: q' , q'' , w' , w'' ; понижения: осадка пружин под нагрузкой $f_1 + f_2$, остаточная (усталостная) осадка пружин $f_{01} + f_{02}$, понижение по радиусу при максимальном износе колес h_0 , предельный износ опорных поверхностей $\Delta h_2 + \Delta h_3 + \Delta h_4$, износ шейки оси по радиусу Δh_1 , стрела прогиба кузова под нагрузкой, как балки на двух опорах, z ; т.п. [2].

Величины E , ℓ и $n_{кон}$ определяются согласно выражениям (2)-(4) настоящей статьи. С учетом возможного уменьшения строительной ширины вагона согласно п. 3.1.3 для габаритов Т, Та, Тб, п.3.1.9 для габаритов 1-Т, 1-Та и п. 3.3.2 для габарита 1-ВМ

$$B_B = \begin{cases} B_i^w - E \Leftarrow B_i^w - E \leq B_S; \\ B_S \Leftarrow B_i^w - E > B_S. \end{cases} \quad (5)$$

Здесь B_i^w — габаритная полуширина на уровне точки i . Номер точки i для **полувагона, думпкара, платформы с неоткрывающимися бортами и платформы без бортов** определяется зависимостью

$$i : \{ H_i^w + h_4 \leq H_n - \Delta H_n \leq H_m^w + h_4 \}, \quad (6)$$

где

$$m = \begin{cases} i-1 \Leftarrow H_i^w \neq H_{i-1}^w, \\ i-2 \Leftarrow H_i^w = H_{i-1}^w, \end{cases}$$

$i_{нижн} \geq i > 1$, для габаритов Т, Та, Тб, 1-Т и 1-Та $i_{нижн} = 13$, для габаритов Тпр и Т'пр $i_{нижн} = 7$, для габаритов 1-ВМ и 0-ВМ $i_{нижн} = 11$, для габарита 02-ВМ $i_{нижн} = 8$, для габарита 03-ВМ $i_{нижн} = 5$. Для габаритов Т, Та, Тб, но с удовлетворением п. 3.2.2 ГОСТ 9238-83 [1], если в формуле (6) $i = 12$, то для формулы (5) это соответствует $i = 10$; для габаритов 1-Т, 1-Та, но с удовлетворением п. 3.2.3 ГОСТ 9238-83 [1], если в фор-

муле (6) $i=13$, то для формулы (5) это соответствует $i=10$.

Для **платформы, которая может эксплуатироваться с открытыми бортами**, для габаритов Т, Та, Тб, 1-Т, 1-Та $i=10$ и $m=8$; для габаритов Тпр и Т'пр $i=7$ и $m=3$; для габаритов 1-ВМ и 0-ВМ $i=11$ и $m=9$; для габарита 02-ВМ $i=8$ и $m=7$; для габарита 03-ВМ $i=5$ и $m=4$. И других значений i и m в формуле (6) для такой платформы быть не может.

Величина h_4 определяется согласно формулам (2.65)-(2.71) Инструкции ЦВ/4422 [2] для срединного сечения, то есть

$$h_4 = f_1 + f_2 + f_{01} + f_{02} + h_0 + \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \Delta h_4 + z.$$

Правило определения B_s при $i=10$:

- для габаритов Т, Та, Тб $B_s=1800$ мм;
- для габаритов 1-Т, 1-Та $B_s=1625$ мм.
- Для габарита 1-ВМ при $i=11$ $B_s=1625$ мм.
- Во всех прочих случаях $B_s \rightarrow \infty$.

Для **платформ с неоткрывающимися бортами**, для **платформ без бортов**, для **полувагонов** и **думпкар**ов строительная ширина пола (ширина кузова между боковыми бортами на уровне пола) равна величине $2B_{пола} = 2B_B$. Для **платформы, которая может эксплуатироваться с открытыми боковыми бортами**, строительная ширина кузова между боковыми бортами на уровне пола равна величине $2B_{пола} = 2(B_B - \Delta B_B)$.

Если предполагается возможность эксплуатации **платформы с открытыми боковыми бортами**, то высота бокового борта определяется из выражения $H_{ББ} = H_n - H_i^w - h_4$, где H_i^w – высота от УГР самой нижней переломной точки верхнего очертания габарита ($i=10$ для габаритов Т, Та, Тб, 1-Т, 1-Та; $i=7$ для габаритов Тпр, Т'пр; $i=12$ для габаритов Т, Та, Тб с учетом п. 3.2.2 ГОСТ 9238-83 [1]; $i=13$ для габаритов 1-Т, 1-Та с учетом п. 3.2.3 ГОСТ 9238-83 [1]; $i=11$ для габаритов 1-ВМ и 0-ВМ; $i=8$ для габарита 02-ВМ; $i=5$ для габарита 03-ВМ).

Для **полувагона, думпкара и платформы с неоткрывающимися бортами** строительная высота бокового борта (у строительной высоты допуск может быть только минусовым, плюсовым этот допуск быть не может)

$$H_{ББ} = H_j^w - H_n + H_x, \text{ где}$$

$$H_x = \begin{cases} F_1 \Leftarrow B_u^w - E < B_{пола} \leq B_j^w - E, \\ F_2 \Leftarrow B_v^w - E < B_{пола} \leq B_u^w - E, \\ F_3 \Leftarrow B_k^w - E < B_{пола} \leq B_v^w - E, \end{cases}$$

$$F_1 = \begin{cases} \frac{\Delta H_{j,u}}{B_j^w - B_u^w} (B_j^w - E - B_{пола}) \Leftarrow u \neq j, \\ 0 \Leftarrow u = j, \end{cases}$$

$$F_2 = \begin{cases} \Delta H_{j,u} + \frac{\Delta H_{u,v}}{B_u^w - B_v^w} (B_u^w - E - B_{пола}) \Leftarrow v \neq u, \\ \Delta H_{j,u} \Leftarrow v = u, \end{cases}$$

$$F_3 = \begin{cases} \Delta H_{v,j} + \frac{\Delta H_{v,k}}{B_v^w - B_k^w} (B_v^w - E - B_{пола}) \Leftarrow k \neq v, \\ \Delta H_{v,j} \Leftarrow k = v, \end{cases}$$

$$\Delta H_{j,u} = H_u^w - H_j^w,$$

$$\Delta H_{u,v} = H_v^w - H_u^w,$$

$$\Delta H_{v,k} = H_k^w - H_v^w,$$

$$\Delta H_{v,j} = H_v^w - H_j^w.$$

Здесь:

- в габаритах Т, 1-Т, 1-ВМ, 0-ВМ и 03-ВМ $j=4, u=3, v=2, k=1$;
- в габаритах Та и 1-Та $j=a_2, u=a_1, v=a, k=1$;
- в габарите Тб $j=a_2, u=\bar{b}_1, v=\bar{b}, k=1$;
- в габарите Тпр $j=2, u=1, v=1, k=(-1)$;
- в габарите Т'пр $j=3, u=3, v=(-3), k=(-1)$;
- в габарите 02-ВМ $j=3, u=2, v=1, k=1$.

Предельно возможные высоты неоткрывающихся бокового и торцового бортов **платформы** определяются так же, как и для полувагона.

Если предполагается возможность эксплуатации **платформы с откинутыми (нависающими над автосцепкой) торцовыми бортами**, то верхняя часть торцового борта должна иметь трапециевидную форму (нижняя часть – прямоугольная). Высота торцового борта при этом не может быть больше 180 мм [12-14], строительные (то есть без плюсовых допусков) высота прямоугольной части и ширина верхнего основания трапеции определяются вписыванием в габарит консольной части **платформы**.

Пояснение. Значения величин $n_{\kappa, \min}$, $n_{2, \min}$, p может задать конструктор. В зависимости от типа тележки эти величины могут быть приняты согласно табл. 1. При проектировании **полувагонов** со стандартными люками конструктор может задать длину консоли 2025 или 3520 мм.

Таблица 1
Величины некоторых констант в зависимости от типа тележки

Тележка	n_T	$n_{\kappa, \min}$	$n_{2, \min}$	p
18-100	2	1500	1500	1850
18-102	3	2238	2238	3500
18-522	3	2206	2207	3400
18-101	4	3100	3100	*

Для 4-, 8- и 16-осной тележки значение p определяется из выражения [1, 2]

$$p^2 = p_0^2 + p_1^2 + p_2^2 + \dots \quad (7)$$

Для тележки 18-101 в формулу (7) подставляются $p_0 = 1850$ мм, $p_1 = 3200$ мм [11] (см. табл. 1).

Кузов **думпкара** вписывается в габарит как кузов полувагона.

2) Крытый грузовой вагон.

Для крытого грузового вагона, кроме исходных данных, перечисленных для полувагона, должно быть введено так называемое «нависание пола над автосцепкой» $\Delta_{ав} \leq 180$ мм. Дело в том, что лобовой брус крытого грузового вагона обычно изогнут, как показано в [12] (то есть розетка относительно наружного края кузова как бы утоплена).

Для крытого грузового вагона, как и для полувагона, определяются ℓ , $n_{кон}$, $2B_{пола}$ и $H_{ББ}$. Необходимо обратить внимание на то, что величина $n_{кон}$ – это длина консоли по краю бокового борта (розетка относительно этого края бокового борта утоплена на величину $\Delta_{ав}$). $n_{кон}$ определяется по «модернизированной» формуле (4):

$$n_{кон} = \min \left(n_{\kappa} : \left\{ \exists_{n_{\kappa} \in \Omega_1} E_{\max} = \min \right\} \right)$$

$$\text{при } \Omega_1 = \left[n_{\kappa, \min} + \Delta_{ав}, \frac{L}{2} - n_{2, \min} \right].$$

Строительное очертание выше переломной точки габарита с номером k ($k = a_2$ для габаритов Та, Тб и 1-Та, $k = 2$ для габарита Тпр, $k = 3$ для габаритов Тпр с учетом п. 3.1.7 ГОСТ 9238-83 [1] и 02-ВМ, $k = 4$ для габаритов Т, 1-Т, 1-ВМ, 0-ВМ и 03-ВМ) используется для проекти-

рования крыши (при использовании габарита Т'пр крыша может быть только плоской на высоте от УГР, соответствующей переломной точке $k = 3$).

3) Кузов **пассажирского, почтового, багажного вагона** и **реф-секция** проектируются так же, как и для крытого грузового вагона. Но «нависания пола над автосцепкой» у перечисленных вагонов нет (соответственно $n_{кон}$ определяется по «немодернизированной» формуле (4)). Кроме того, ширина пола и ширина вагона на высоте от УГР $h = 3000$ мм у этих вагонов могут быть разными.

4) Цистерны.

Цистерна может быть рамной и безрамной конструкции [15].

Исходные данные для цистерны примерно такие же, как и для крытого вагона: габарит (габарит для цистерны может быть любым, в том числе и Тц), L , p , $n_{\kappa, \min}$, $n_{2, \min}$, q' , q'' , w' , w'' , $f_1 + f_2$, $f_{01} + f_{02}$, h_0 , Δh_1 , $\Delta h_2 + \Delta h_3 + \Delta h_4$, z , $\Delta_{ав}$ (для цистерны это допустимое «нависание над автосцепкой» котла или жертвенной части котла цистерны). Для цистерны должны быть введены не только H_n (для цистерны безрамной конструкции H_n – высота от УГР верха рамы консоли) и ΔH_n , но, кроме того, еще примерная высота от УГР продольной оси цистерны H_R и минусовый допуск на диаметр котла цистерны ΔD . Для габарита Тц примерная величина H_R определяется из выражения

$$H_R = \begin{cases} H_6^w \Leftarrow H_7^w + h_4 \leq H_6^w; \\ H_7^w + h_4 \Leftarrow H_7^w + h_4 > H_6^w \end{cases}.$$

Для всех прочих габаритов $H_R \approx 3000$ мм. Величина H_R в процессе вписывания в габарит будет уточнена.

Для «классической» цистерны с одним баком, как и для крытого грузового вагона, определяются ℓ , $n_{кон}$ ($n_{кон}$ определяется при $n_{\kappa} \in \Omega_1$). Величины $2B_B$ и E для цистерны определяется на уровне H_R , $2B_{пола}$ определяется на уровне H_n (возможно, окажется, что $2B_{пола} < 2B_B$). «Нулевое приближение» строительной величины диаметра котла $D_x = 2B_B$. Уточнение величины H_R : $H_R = H_n + D_x / 2$ (для габарита Тц, если $H_n + D_x / 2 < H_7^w + h_4$, должно выполняться $H_R = H_7^w + h_4$).

Для проверки вписывания котла в верхнее очертание габарита сформируем множество пар чисел (Z_i, Y_i) по следующему правилу.

• Для габарита Т.

$$\begin{cases} Z_1 = H_R; \\ Y_1 = B_6^w - E = 1875 - E; \\ Z_2 = H_4^w = 3850; \\ Y_2 = B_4^w - E = 1875 - E; \\ Z_3 = H_3^w = 4250; \\ Y_3 = B_3^w - E = 1600 - E; \\ Z_4 = H_2^w = 4500; \\ Y_4 = B_2^w - E = 1400 - E; \\ Z_5 = H_1^w = 5300; \\ Y_5 = B_1^w - E = 700 - E; \end{cases} \quad \begin{cases} Z_6 = 5300,1; \\ Y_6 = 0. \end{cases}$$

Всего 6 пар.

• Для габарита Та.

$$\begin{cases} Z_1 = H_R; \\ Y_1 = B_6^w - E = 1875 - E; \\ Z_2 = H_4^w = 3850; \\ Y_2 = B_4^w - E = 1875 - E; \\ Z_3 = H_{a2}^w = 4350; \\ Y_3 = B_{a2}^w - E = 1875 - E; \\ Z_4 = H_{a1}^w = 4650; \\ Y_4 = B_{a1}^w - E = 1680 - E; \\ Z_5 = H_a^w = 5300; \\ Y_5 = B_a^w - E = 1200 - E; \end{cases} \quad \begin{cases} Z_6 = 5300,1; \\ Y_6 = 0 \end{cases}$$

Всего 6 пар.

• Для габарита Тб.

$$\begin{cases} Z_1 = H_R; \\ Y_1 = B_6^w - E = 1875 - E; \\ Z_2 = H_4^w = 3850; \\ Y_2 = B_4^w - E = 1875 - E; \\ Z_3 = H_{a2}^w = 4350; \\ Y_3 = B_{a2}^w - E = 1875 - E; \\ Z_4 = H_{B1}^w = 4850; \\ Y_4 = B_{B1}^w - E = 1850 - E; \\ Z_5 = H_B^w = 5300; \\ Y_5 = B_B^w - E = 1500 - E; \end{cases} \quad \begin{cases} Z_6 = 5300,1; \\ Y_6 = 0 \end{cases}$$

Всего 6 пар.

• Для габарита Тц.

$$\begin{cases} Z_1 = H_R \\ Y_1 = B_0 - E \end{cases},$$

$$\text{где } B_0 = \begin{cases} B_6^w = 1875 \Leftarrow H_7^w + h_4 \leq H_6^w; \\ B_6^w - \frac{B_6^w - B_5^w}{H_5^w - H_6^w} (H_7^w + h_4 - H_6^w) \Leftarrow \\ \Leftarrow H_7^w + h_4 > H_6^w; \end{cases}$$

$$\begin{cases} Z_2 = H_0 \\ Y_2 = B_0 - E \end{cases},$$

$$\text{где } H_0 = \begin{cases} H_6^w = 3000 \Leftarrow H_R < H_6^w; \\ H_R + 0,1 \Leftarrow H_R \geq H_6^w; \end{cases}$$

$$\begin{cases} Z_3 = H_5^w = 4050 \\ Y_3 = B_5^w - E = 1825 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_4 = H_4^w = 4320 \\ Y_4 = B_4^w - E = 1690 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_5 = H_3^w = 4750 \\ Y_5 = B_3^w - E = 1425 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_6 = H_2^w = 5000 \\ Y_6 = B_2^w - E = 1235 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_7 = H_1^w = 5200 \\ Y_7 = B_1^w - E = 1010 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_8 = H_1^w = 5200,1 \\ Y_8 = B_{-1}^w - E = 787,5 - E \end{cases}$$

(см. п.3.1.5 ГОСТ 9238-83 [1]);

$$\begin{cases} Z_9 = H_{1,1-T}^w = 5300 \\ Y_9 = B_{1,1-T}^w - E = 700 - E \end{cases}$$

(см. п.3.1.5 ГОСТ 9238-83 [1]);

$$\begin{cases} Z_{10} = 5300,1 \\ Y_{10} = 0 \end{cases}, \quad \begin{cases} Z_{-1} = H_7^w + h_4, \\ Y_{-1} = B_0 - E \end{cases},$$

$$\begin{cases} Z_{-2} = H_8^w = 2000 \\ Y_{-2} = B_8^w - E = 1725 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_{-3} = H_9^w = 1270 \\ Y_{-3} = B_9^w - E = 1700 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_{-4} = H_n < H_9^w = 1270 \\ Y_{-4} = B_9^w - E = 1700 - E \end{cases}$$

Всего 10 пар с положительными индексами и 4 пары с отрицательными индексами.

• Для габарита Тпр.

$$\begin{cases} Z_1 = H_R \\ Y_1 = B_5^w - E = 1775 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_2 = H_4^w = 4000 \\ Y_2 = B_4^w - E = 1775 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_3 = H_3^w = 4350 \\ Y_3 = B_3^w - E = 1775 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_4 = H_2^w = 4500 \\ Y_4 = B_2^w - E = 1775 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_5 = H_1^w = 5300 \\ Y_5 = B_1^w - E = 1200 - E \end{cases}; \begin{cases} Z_6 = 5300,1 \\ Y_6 = 0 \end{cases}$$

Всего 6 пар.

• Для габарита Т'пр.

$$\begin{cases} Z_1 = H_R \\ Y_1 = B_5^w - E = 1775 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_2 = H_4^w = 4000 \\ Y_2 = B_4^w - E = 1775 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_3 = H_3^w = 4350 \\ Y_3 = B_3^w - E = 1775 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_4 = H_3^w = 4350,1 \\ Y_4 = B_{-3}^w - E = 1520 - E \end{cases}$$

(см. п.3.1.7 ГОСТ 9238-83 [1]);

$$\begin{cases} Z_5 = H_2^w = 4500 \\ Y_5 = B_{2,1-T}^w - E = 1400 - E \end{cases}$$

(см. п.3.1.7 ГОСТ 9238-83 [1]);

$$\begin{cases} Z_6 = H_1^w = 5300 \\ Y_6 = B_{1,1-T}^w - E = 700 - E \end{cases}$$

(см. п.3.1.7 ГОСТ 9238-83 [1]);

$$\begin{cases} Z_7 = 5300,1 \\ Y_7 = 0 \end{cases} \quad \text{Всего 7 пар.}$$

• Для габарита 1-Т.

$$\begin{cases} Z_1 = H_R \\ Y_1 = B_6^w - E = 1700 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_2 = H_4^w = 4000 \\ Y_2 = B_4^w - E = 1700 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_3 = H_3^w = 4250 \\ Y_3 = B_3^w - E = 1600 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_4 = H_2^w = 4500 \\ Y_4 = B_2^w - E = 1400 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_5 = H_1^w = 5300 \\ Y_5 = B_1^w - E = 700 - E \end{cases}; \begin{cases} Z_6 = 5300,1 \\ Y_6 = 0 \end{cases}$$

Всего 6 пар.

• Для габарита 1-Та.

$$\begin{cases} Z_1 = H_R \\ Y_1 = B_6^w - E = 1700 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_2 = H_4^w = 4000 \\ Y_2 = B_4^w - E = 1700 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_3 = H_{a2}^w = 4350 \\ Y_3 = B_{a2}^w - E = 1700 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_4 = H_{a1}^w = 4650 \\ Y_4 = B_{a1}^w - E = 1680 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_5 = H_a^w = 5300 \\ Y_5 = B_a^w - E = 1200 - E \end{cases}; \begin{cases} Z_6 = 5300,1 \\ Y_6 = 0 \end{cases}$$

Всего 6 пар.

• Для габарита 1-ВМ.

$$\begin{cases} Z_1 = H_R \\ Y_1 = B_8^w - E = 1700 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_2 = H_4^w = 3850 \\ Y_2 = B_4^w - E = 1700 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_3 = H_3^w = 4250 \\ Y_3 = B_3^w - E = 1600 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_4 = H_2^w = 4500 \\ Y_4 = B_2^w - E = 1400 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_5 = H_1^w = 4700 \\ Y_5 = B_1^w - E = 1160 - E \end{cases}; \begin{cases} Z_6 = 4700,1 \\ Y_6 = 0 \end{cases}$$

Всего 6 пар.

• Для габарита 0-ВМ.

$$\begin{cases} Z_1 = H_R \\ Y_1 = B_8^w - E = 1625 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_2 = H_4^w = 3500 \\ Y_2 = B_4^w - E = 1625 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_3 = H_3^w = 3800 \\ Y_3 = B_3^w - E = 1460 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_4 = H_2^w = 4200 \\ Y_4 = B_2^w - E = 1130 - E \end{cases};$$

$$\begin{cases} Z_5 = H_1^w = 4650 \\ Y_5 = B_1^w - E = 720 - E \end{cases}; \begin{cases} Z_6 = 4650,1 \\ Y_6 = 0 \end{cases}$$

Всего 6 пар.

- Для габарита 02-ВМ.

$$\begin{cases} Z_1 = H_R \\ Y_1 = B_8^w - E = 1575 - E \end{cases}; \\ \begin{cases} Z_2 = H_3^w = 3500 \\ Y_2 = B_3^w - E = 1575 - E \end{cases}; \\ \begin{cases} Z_3 = H_2^w = 1805 \\ Y_3 = B_2^w - E = 1395 - E \end{cases}; \begin{cases} Z_4 = H_1^w = 4650 \\ Y_4 = B_1^w - E = 690 - E \end{cases}; \\ \begin{cases} Z_5 = 4650,1 \\ Y_5 = 0 \end{cases}. \text{ Всего 5 пар.}$$

- Для габарита 03-ВМ.

$$\begin{cases} Z_1 = H_R \\ Y_1 = B_5^w - E = 1575 - E \end{cases}; \\ \begin{cases} Z_2 = H_4^w = 3220 \\ Y_2 = B_4^w - E = 1575 - E \end{cases}; \\ \begin{cases} Z_3 = H_3^w = 3670 \\ Y_3 = B_3^w - E = 1350 - E \end{cases}; \\ \begin{cases} Z_4 = H_2^w = 3980 \\ Y_4 = B_2^w - E = 1040 - E \end{cases}; \\ \begin{cases} Z_5 = H_1^w = 4280 \\ Y_5 = B_1^w - E = 440 - E \end{cases}; \begin{cases} Z_6 = 4280,1 \\ Y_6 = 0 \end{cases}.$$

Всего 6 пар.

Контроль вписывания котла в габарит осуществляется следующим способом. При $\Delta\alpha = 1^\circ$ для каждого $h \approx (0 < j \cdot \Delta\alpha \leq 90^\circ)$ определяются координаты точки окружности $y_{o,j}, E_0$:

$$\begin{cases} y_{o,j} = \frac{D_x}{2} \cos(j \cdot \Delta\alpha), \\ h_j = H_n + \frac{D_x}{2} (1 + \sin(j \cdot \Delta\alpha)). \end{cases} \quad (8)$$

Используя сформированные множества пар чисел, для каждого j из выражения $Z_i \leq h_j \leq Z_{i+1}$ определяется i . По этому i находится Y :

$$Y = Y_i - \frac{Y_i - Y_{i+1}}{Z_{i+1} - Z_i} (h_j - Z_i).$$

Если $y_{o,j} \leq Y$, значит, j -я точка окружности в габарит вписана. Если $y_{o,j} > Y$, значит, j -я точка окружности в габарит не вписана. Откорректируем величину диаметра котла: $D_x := D_x - 2\Delta D$, откорректируем величину H_R , после чего продолжим проверку вписывания, начиная с точки j (см. формулу (8)), на которой вписывание не осуществилось. Для габари-

та Тц вписывание проверяется и для отрицательных индексов j

$$0 > j \cdot \Delta\alpha \geq -\arctg\left(\frac{H_R - H_n}{B_7^w - B_9^w}\right),$$

которые соответствуют $(-1) > i \geq (-4)$.

5) Бункерный вагон.

Количество и размещение бункеров на бункерном вагоне обычно определяется количеством и конструкцией погрузочного и (реже) разгрузочного оборудования у отправителя и получателя. Все бункеры бункерного вагона совершенно идентичны, так как погрузка во все бункеры производится одновременно и с однотипного погрузочного оборудования. Диаметр цилиндрической части бункера (для цилиндрических бункеров) определяется шириной вагона на высоте ≈ 3000 мм.

Исходные данные для проектирования бункерного вагона должны быть следующими: габарит (габарит Тц для бункерного вагона быть не может), $p, n, n_{2,\min}, q', n_n, n_e, w'', f_1 + f_2, f_{01} + f_{02}, h_0, \Delta h_1, \Delta h_2 + \Delta h_3 + \Delta h_4, z$, высота верха рамы $H_n, \Delta H_n$. Кроме того, должны быть введены проектируемое количество бункеров $n_{БВ}$ и требование конструктора к расположению бункеров (ставится или не ставится бункер на консоль, допускается или не допускается располагать бункер или часть бункера над тележкой).

Примерная величина базы бункерного вагона (при разрешении располагать часть бункера над тележкой) определяется следующим способом.

На высоте от УГР $h \approx 3000$ мм определяется номер переломной точки $i: \{H_i^w \leq h < H_{i+1}^w\}$, габаритная полуширина на высоте этой переломной точки принимается равной строительному радиусу бункера $D_{БВ} \approx 2B_i^w$. После этого принимается

$$\ell \approx n_{БВ} D_{БВ} \quad (9)$$

(для бункерного вагона, у которого никакая часть бункера не должна располагаться над тележкой, $\ell \approx 2n_{2,\min} + n_{БВ} D_{БВ}$). При данной величине базы определяются E_0 и E_e для $n_e = \ell/2$. После чего уточняются величины $D_{БВ} = 2(B_i^w - E_e)$ и ℓ по формуле (9). Величину ℓ конструктор в диалоговом режиме должен либо принять, либо уточнить (в помощь конструктору должны быть выведены значения E_0, E_e и $D_{БВ}$).

Если консоль бункерного вагона используется в основном для установки автосцепного оборудования, то эта консоль может быть «заужена» в соответствие со строительным очертанием вагона.

Высота от УГР верхней точки цилиндрической части бункера и часть габарита, которая используется для проектирования крыши бункера, определяются, как для пассажирского вагона.

б) Локомотивы, головной вагон дизель- или электропоезда, рельсовый автобус.

Перечисленные выше типы подвижного состава могут иметь «зауженную» (трапециевидную, «заостренную») консольную часть. В таком случае длина консоли может быть достаточно большой, а база кузова настолько малой, что при $n_B = \ell/2$ окажется, что $E_B = E_0$ (или $E_B \rightarrow E_0$). Однако, конструктор должен иметь возможность при желании «оптимизировать» консоль по формулам (2)-(4).

При проектировании перечисленных выше типов подвижного состава строительное очертание выше переломных точек, перечисленных для крытого грузового вагона, используется для проектирования крыши и надкрышевого оборудования.

Кузов **локомотива** может на разных высотах от УГР иметь разную ширину (за счет того, что на высоте нижних точек верхнего очертания габарита строительная ширина может быть меньше, чем на высоте «более высоких» переломных точек, боковой борт может иметь ступенчатую форму).

Необходимо отметить, что антенны радиосвязи согласно п. 1.2.7 Инструкции [2] иногда могут вписываться в «более широкий» габарит, чем кузов, а шарнирно укрепленные на кузове зеркала заднего вида и параваны согласно п. 1.2.6 могут вписываться в очертание, которое шире основного контура габарита на 150 мм.

При вписывании в габарит **электровоза** или **электропоезда**, кроме прочих, необходимо выполнять требования к пантографу и воздушному зазору согласно п. 1.3.3 Инструкции [2].

7) Платформенный транспортер, корытообразный транспортер, миксер.

Миксер и **транспортер** могут проектироваться по традиционной схеме: когда кузов, оборудованный автосцепками, опирается пятниками на две многоосные тележки. Консоль такого подвижного состава может быть «заужена», тогда база вагона $\ell \approx 2n_{2,\min} + L_n$ определяется длиной пола рабочей части кузова L_n .

Вторая схема проектирования исходит из того, что многоосная тележка **миксера** или **транспортера** оборудуется палубой с укрепленной под ней автосцепкой. Собственно миксер (транспортер) при этом опирается на подпятники, расположенные на палубах тележек, форма консоли кузова определяется строительным очертанием кузова.

В обеих схемах «оптимизация» консоли не предусмотрена.

Пол **миксера** (**транспортера**) может располагаться очень низко (значительно ниже уровня высоких платформ). В остальном проектирование **миксера** и **корытообразного транспортера** практически не отличается от проектирования полувагона, а проектирование **платформенного транспортера** напоминает проектирование платформы без бортов.

К вопросу о выходных формах САПР

САПР должна включать в себя вывод строительных очертаний проектируемого подвижного состава в нескольких сечениях по всей длине кузова (зависимость от расстояния до направляющего сечения n высот от УГР и полуширин строительного очертания каждой переломной точки). Отметим, что подвагонное оборудование вписывается с учетом п. 2.2.4, п. 2.2.5, п. 2.3.2-2.3.9, п. 2.4, п. 2.5.1.5, п. 2.5.1.9, п. 2.5.2, п. 2.5.3, п. 2.6.3 Инструкции ЦВ/4422 [2]. « n » понимается так, что направляющее сечение обозначается n_0 , наружные сечения обозначаются n_n , внутренние сечения обозначаются n_e [1, 2]. Вывод координат строительных очертаний всех переломных точек подвагонного оборудования (если необходимо, с учетом п. 3.2.2 и п. 3.2.3 ГОСТ 9238-83 [1]) обязателен. Из строительных очертаний, соответствующих переломным точкам верхнего очертания габарита, обязательно выводить следующие.

• Для **платформы, платформенного и корытообразного транспортера.**

- ♦ В габарите Т, Та, Тб, 1-Т, 1-Та – 4, 6, 8-10.
- ♦ В габарите Тпр – 2-7.
- ♦ В габарите Т'пр – 3-7.
- ♦ В габарите 1-ВМ, 0-ВМ – 4, 5, 8-11.
- ♦ В габарите 02-ВМ – 3, 5, 7, 8.
- ♦ В габарите 03-ВМ – 4, 5.

• Для **полувагона** – те же и следующие переломные точки.

- ♦ В габаритах Т, 1-Т, 1-ВМ, 0-ВМ, 03-ВМ – 1-3.
- ♦ В габарите Та, 1-Та – a , a_1 , a_2 .
- ♦ В габарите Тб – b , b_1 , a_2 .

- ♦ В габарите Т_{пр} – 1.
- ♦ В габарите Т'_{пр} – переломные точки габарита 1-Т согласно п. 3.1.7 ГОСТ 9238-83 [1].
- ♦ В габарите 02-ВМ – 1, 2.
 - Для **крытого грузового, бункерного, пассажирского, почтового и багажного вагонов, вагона реф-секции, хоппера.**
 - ♦ Все переломные точки, соответствующие габариту, в который вписывается вагон.
 - ♦ В габарите Т'_{пр}, кроме того, – переломные точки габарита 1-Т согласно п. 3.1.7 ГОСТ 9238-83 [1].
 - Для **миксера.**
 - ♦ Те же, что и для крытого грузового вагона.
 - Для **миксера и транспортера, спроектированных по второй схеме**, кроме строительного очертания кузова, должно выводиться строительное очертание палубы.
 - Для **цистерны.**
 - ♦ Те же, что и для крытого грузового вагона.
 - ♦ Кроме того, в габарите Т_ц все точки верхнего очертания, включая точки габарита 1-Т согласно п. 3.1.5 ГОСТ 9238-83 [1].
 - Для **локомотива и вагона МВПС.**
 - ♦ Все переломные точки, соответствующие габариту, в который вписывается вагон.
 - ♦ Кроме того, в габаритах Т и 1-Т – a , a_1 , a_2 .
 - ♦ Кроме того, в габаритах Т и 1-Т – точки, которые шире основного контура габарита на 150 мм.
 - Для **электровоза и вагона электропоезда**, кроме прочего, необходимо вывести границы допустимой установки пантографа и минимальную величину воздушного зазора согласно п.1.3.3 Инструкции [2].

Выводы

В статье дано неформальное определение понятия строительного очертания железнодорожного подвижного состава, перечислены неточности, обнаруженные в нормативной литературе по вписыванию подвижного состава в габарит, отмечены особенности натуральных испытаний вписывания подвижного состава в габарит, описаны элементы САПР железнодорожного подвижного состава, касающиеся удовлетворения требованиям вписывания подвижного состава в габарит.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 9238-83. Габарит приближения строений и подвижного состава ж. д. колеи 1520 (1524) мм [Текст].

2. Инструкция по применению габаритов подвижного состава ГОСТ 9238-83. ЦВ/4422 [Текст]. – М. : МПС, 1986. – 160 с.
3. Инструкция по применению габаритов приближения строений ГОСТ 9238-83. ЦП/4425. – М. : МПС, 1988. – 144 с.
4. Рухомий склад залізниць. Габарити рухомого складу. Методи визначення габаритних розмірів. СОУ МПП 45.060-252:2008 [Текст]. – 124 с.
5. Нормы для расчета и проектирования вагонов ж. д. МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М. : ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.
6. Нормы для расчета и оценки прочности несущих элементов, динамических качеств и воздействия на путь экипажной части локомотивов ж. д. МПС РФ колеи 1520 мм [Текст] – М. : МПС РФ, ВНИИЖТ, 1998. – 145 с.
7. Нормы расчета и оценки прочности несущих элементов и динамических качеств моторвагонного подвижного состава ж. д. МПС РФ колеи 1520 мм. – М.: МПС РФ, ВНИИЖТ, 1997. – 147 с.
8. Подвижной состав МПС и промышленного транспорта ж. д. колеи 1520 мм. Типовая методика испытаний по воздействию на путь. ТМ 14-01-02 [Текст]. – ИЦЖТ ФГУП ВНИИЖТ, 2002. – 38 с.
9. Методика расчета габаритной рамки для контроля размеров вновь построенного подвижного состава. № С-40010 [Текст]. – М. : МПС СССР, ВНИИЖТ, 1978. – 50 с.
10. Коротенко, М. Л. Особенности приемки подвижного состава зарубежного изготовления в части вписывания в габарит по ГОСТ 9238-83 [Текст] / М. Л. Коротенко, Н. Я. Гаркави. // Вісник ДНУЗТ. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 23. – 2008. – С. 38-40.
11. Грузовые вагоны колеи 1520 мм ж.д. СССР. – М. : Транспорт, 1982. – 112 с.
12. Коломийченко, В. В. Автосцепное устройство подвижного состава [Текст] / В. В. Коломийченко, Н. Г. Беспалов, Н. А. Семин. – М. : Транспорт, 1980. – 185 с.
13. Разработка алгоритмов и программного обеспечения подсистемы проектировочных расчетов в САПР конструирования вагонов [Текст] : отчет о НИР, № ГР 01870097057. – Д. : ДИИТ, 1988. – 11 с.
14. Рыжов, А. В. САПР «грузовой вагон» на первых этапах проектирования. Организация управляющей подсистемы [Текст] / А. В. Рыжов, Н. Я. Гаркави, В. А. Гречин, Н. О. Драгунова. // Проблемы механики железнодорожного транспорта. Повышение надежности и совершенствование конструкций подвижного состава [Текст] : тезисы докладов. – Д. : ДИИТ, 1984. – С.44-45.

15. Морчиладзе, И. Г. Железнодорожные цистерны. Конструкции, техническое обслуживание и ремонт [Текст] / И. Г. Морчиладзе, А. П. Никодимов, М. М. Соколов, А. В. Третьяков. – М. : ИБС-Холдинг, 2006. – 516 с.

Поступила в редколлегию 22.11.2011.
Принята к печати 24.11.2011.

Н. Я. ГАРКАВИ, Є. Ф. ФЕДОРОВ, В. В. КАРПЕНКО, О. М. ЗАБОЛОТНИЙ,
І. В. КЛИМЕНКО, О. Н. ЛИТВИНЕНКО

ДО ПИТАННЯ ПРО ВПИСУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ У ГАБАРИТ

Стаття присвячена трьом питанням. 1. У нормативній літературі по вписуванню в габарит мають місце помилки, а також висловлення, які важко зрозуміти. 2. При ходових випробуваннях рухомого складу необхідно перевіряти достатність закладених у габарит запасів на динаміку екіпажа. 3. Наведено алгоритми проектування вигляду різних типів рухомого складу за умови вписування в габарит.

Ключові слова: габарит рухомого складу, будівельний обрис, нормативна література, неточності, натурні випробування, автоматичне проектування

N. Ya. GARKAVI, Ye. F. FEDOROV, V. V. KARPENKO, O. M. ZABOLOTNYI,
I. V. KLIMENKO, O. N. LITVINENKO

ABOUT FITTING OF THE ROLLING STOCK INTO THE GAUGE

The article is devoted to three issues. 1. In the normative literature about fitting of the rolling stock into the clearance diagrams, there are the mistakes and the expressions what are difficult to be understood. 2. During running test of the rolling stock, it is necessary to check sufficiency of the allowances for vehicle dynamics provided into the clearance diagrams. 3. The algorithms of the designing of the look of the different types of the rolling stock regarding as to fit into the clearance diagrams are presented.

Keywords: gauge of rolling stock, building outline, normative literature, inexactnesses of final product, full-scale test, automatic designing

В. В. МЯМЛИН (ДИИТ)

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН, ВЛИЯЮЩИХ НА КОЛЕБАНИЕ ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПРИ ДЕПОВСКОМ РЕМОНТЕ ПОЛУВАГОНОВ

Исследованы различные факторы, которые оказывают случайное влияние на колебание времени выполнения ремонтных работ на полувагонах в депо, что не позволяет в полной мере использовать существующий поточный метод ремонта. Делается вывод, что поток ремонта вагонов представляет собой сложную человеко-машинно-вагонную систему, носящую вероятностный характер. Предлагается форма организации производства, позволяющая существенно снизить влияние случайных факторов и повысить производительность труда при ремонте вагонов.

Ключевое слово: ремонт вагонов, гибкий поток, случайные факторы.

Главной задачей грузовых вагонов является перевозка грузов. Чем больше времени вагон будет находиться в исправном состоянии, тем больше грузов он сможет перевезти. Естественно, что перевод вагонов из рабочего парка в нерабочий парк отражается на потенциальных возможностях объёмов перевозок. Поэтому любой владелец подвижного состава заинтересован в том, чтобы его вагоны как можно меньше времени простаивали в ремонте.

Кроме того, продолжительность простоя вагонов непосредственно в ремонте является одним из самых важных показателей вагоноремонтного предприятия. От этого показателя напрямую зависит и пропускная способность вагоноремонтного участка. Чем меньше времени вагон будет находиться в ремонте, тем больше вагонов смогут быть отремонтированы. Поэтому и для вагоноремонтного предприятия время простоя вагонов в ремонте является важным показателем, который необходимо минимизировать. Таким образом, все субъекты хозяйственной деятельности, имеющие отношение к ремонту вагонов, заинтересованы в сокращении времени простоя вагонов в ремонте.

Поток ремонта вагонов – это сложная человеко-машинно-вагонная система, на стабильную работу которой оказывают влияние огромное количество различных факторов, носящих вероятностный характер. На первый взгляд может показаться, что наилучшим решением является установление единого такта с согласованием времени выполнения работ на всех позициях. Но, чтобы осуществить такую синхронизацию, надо хорошо себе представлять, от каких же факторов зависит сама продолжительность ремонтных работ.

Исследования показали, что на различную продолжительность пребывания вагонов непо-

средственно в ремонте оказывают действие многие случайные факторы. Анализ этих факторов позволил классифицировать их следующим образом (рис. 1).

Все факторы можно условно разделить на четыре группы:

1. Конструкторско-эксплуатационные факторы (разные модели вагонов, разные сроки эксплуатации (возраст вагонов), разные условия эксплуатации);

2. Человеческие факторы (разная индивидуальная трудоспособность исполнителей, разный опыт, квалификация, тип характера, психоэмоциональное состояние и т. п.);

3. Технические факторы (внезапные отказы технологического оборудования, ремонтпригодность оборудования, перебои в подаче энергоресурсов);

4. Организационно-структурные факторы (взаимозависимость в перемещении вагонов между позициями).

Каждая из этих групп, в свою очередь, может быть разбита на соответствующие подгруппы.

Рассмотрим каждую группу факторов в отдельности.

В настоящее время общий парк полувагонов в Украине насчитывает более 80 тысяч единиц. В обращении на железных дорогах имеется целый спектр различных моделей полувагонов. Следует иметь в виду, что генеральная совокупность полувагонов всё время изменяется как количественно, так и качественно. На смену вагонам прежних лет выпуска, уже отслужившим свой срок, приходят новые модели вагонов, а также вагоны нового поколения. В табл. 1 представлены эксплуатируемые в настоящее время некоторые модели полувагонов, даны их характеристики и особенности конструкции.

Таблица 1

Модели полувагонов, их характеристика и конструктивные особенности

№ пор. п.	Модель; габарит	Завод-изготовитель (страна)	Грузоподъёмность, т; объём кузова, м ³ ; масса тары, т	Длина по осям авто- сцепок, мм; база, мм	Внутренние габариты кузова, мм (l x b x h)	Площадь пола кузова, м ²	Наличие переходной площадки и стояночного тормоза (ПП/СТ)	Особенности конструкции	Примечание
1	12-9046 1-ВМ	Стахановский ВСЗ (Украина)	70,0; 85,0; 24,0	13920; 8650	12732x2930x2300	37,3	-/+	Торцевых дверей нет	Увеличен объём на 9,0 м ³
2	12-955	Стахановский ВСЗ (Украина)	71,0; 88,0; 23,0	13920; 8650	12620x2980x2400	36,3	-/+	Глухой кузов	Увеличен объём до 88 м ³
3	12-175 1-ВМ	ПО «Уралвагонзавод»	69,0; 77,0; 25,5	13920; 8650	12480x2965x2544	37,0	-/+	Глухой кузов	
4	12-295 1-ВМ	Алтайвагонзавод	71,0; 75,2; 23,3	13920; 8650	12690x2890x2050	36,67	-/+	Глухой кузов	
5	12-1505 0-ВМ	ОАО МЗТМ	65,0; 76,0; 21,7	13920; 8650	12700x2878x2060	36,55	-/+	Глуходонный с торцевыми дверями	
6	12-127 0-ВМ	Румыния	70,0; 76,0; 23,9	14520; 8650	12700x2878x2060	36,55	-/+	С люками без дверей	
7	12-1592 0-ВМ	ОАО МЗТМ; ОАО «Армавиртяж-маш»	71,0; 83,6; 22,0	13920; 8650	12700x2878x2240	36,55	-/+	Глуходонный с глухим кузовом	
8	12-757 1-ВМ	Крюковский ВСЗ (Украина)	69,0; 85,0; 25,0	13920; 8670	12228x2964x2315	36,63	-/+	Уширенные дверные проёмы	
9	12-132 1-ВМ	Уралвагонзавод; Рузхиммаш	69,5; 88,0; 24,0	13920; 8670	12750x2911x2365	37,13	-/+	С люками без дверей	Гофрированный
10	12-141 0-ВМ	ПО «Уралвагонзавод» (Россия)	71,0; 90,6; 25,60	13920; 8650	12750x2911x2060	36,55	-/+	С люками без дверей	Со съёмной крышей
11	12-726 0-ВМ	Крюковский ВСЗ (Украина)	69,0; 73,0; 22,7	13920; 8650	12088x2878x2060	35,4	-/+	С люками и с дверями	
12	12-753 0-ВМ	Крюковский ВСЗ (Украина)	69,0; 74,0; 23,2	13920; 8650	12324x2878x2060	36,15	-/+	С люками и с дверями	
13	12-1000 0-ВМ	Крюковский ВСЗ (Украина)	69,0; 73,0; 22,0	13920; 8650	12088x2878x2060	35,4	-/+	С люками и с дверями	
14	12-1302 1-ВМ	ЗАО «Промтрактор-Вагон» (Россия)	70,0; 77,0; 24,0	13920; 8650	12750x2911x2065	37,11	-/+	С люками без дверей	

Продолжение табл. 1

№	Модель; габарит	Завод-изготовитель (страна)	Грузоподъемность, т; объем кузова, м ³ ; масса тары, т	Длина по осям авто-сцепок, мм; база, мм	Внутренние габариты кузова, мм (l x b x h)	Площадь пола кузова, м ²	Наличие переходной площадки и стояночного тормоза (ПП/СТ)	Особенности конструкции	Примечание
15	12-1303 1-ВМ	ЗАО «Промтрактор-Вагон» (Россия)	70,0; 77,0; 24,0	13920; 8650	12750x2911x2065	37,11	-/+	С люками без дверей	
16	12-1303-1 1-ВМ	ЗАО «Промтрактор-Вагон» (Россия)	69,0; 88,0; 24,5	13920; 8650	12768x2928x2065	37,40	-/+	С люками без дверей	
17	12-1304 1-ВМ	ЗАО «Промтрактор-Вагон» (Россия)	75,0; 88,0; 24,5	13920; 8650	12768x2928x2385	37,40	-/+	С люками без дверей	
18	12-9788 1-ВМ	ЗАО «Промтрактор-Вагон» (Россия)	71,0; 85,0; 22,5	13920; 8650	12692x2890x2322	36,68	-/+	С люками без дверей	
19	12-2123 Т _{пр}	ЗАО «Промтрактор-Вагон» (Россия)	76,0; 83,0; 24,0	12100; 7880	10870x3070x2700	33,37	-/+	С глухим кузовом	
20	12-2123-01 Т _{пр}	ОАО «Алтайвагон-завод» (Россия)	71,0; 83,0; 23,0	13920; 8650	10870x3070x2500	33,37	-/+	С глухим кузовом	Скругленный нижний пояс
21	12-119 0-ВМ	ПО «Уралвагонзавод»	71,0; 76,0; 23,1	13920; 8650	12700x2878x2060	36,55	-/+	С люками без дверей	
22	12-4102 0-ВМ	ОАО «Днепровагонмаш» (Украина)	71,0; 82,0; 23,0	13920; 8650	12668x2904x2240	36,8	-/+	С глухим кузовом	
23	12-4106 1-ВМ	ОАО «Днепровагонмаш» (Украина)	70,0; 78,0; 23,0	13920; 8650	12674x3000x2070	38,0	-/+	С люками без дверей	
24	12-532 0-ВМ	ПО «Уралвагонзавод» (Украина)	69,0; 74,0; 23,2	13920; 8650	12118x2878x2060	35,5	-/+	С люками и с дверями	
25	12-9767 1-ВМ	Рославльский ВРЗ (Россия)	70,0; 88,0; 24,0	13920; 8650	12771x2910x2353	37,1	-/+	С глухим кузовом	
26	12-7023 1-ВМ	ОАО «КВСЗ» (Украина)	70,3; 90,0; 23,7	13920; 8650	12478x2952x2362	37,9	-/+	С люками в полу	С глухими торцевыми стенами
27	12-146 1-Т	ПО «Уралвагонзавод» (Россия)	64,0; 88,0; 23,0	13920; 8650	12750x2911x2365	37,9	-/+	С люками в полу	Со съёмной крыши
28	12-159 1-ВМ	ПО «Уралвагонзавод» (Россия)	64,0; 112,0; 29,4	13920; 8650	12606x2900x2907	36,55	-/+	Есть двери и приварная крыша	Для перевозки автомобилей
29	12-196 1-Т	ПО «Уралвагонзавод» (Россия)	73,5; 96,0; 26,0	13920; 8650	13018x2920x2512	38,0	-/+	С глухими торцевыми стенами и люками	

Окончание табл. 1

№ по п. №	Модель; габарит	Завод-изготовитель (страна)	Грузоподъемность, т; объём кузова, м ³ ; масса тары, т	Длина по осям авто-сцепок, мм; база, мм	Внутренние габариты кузова, мм (l x b x h)	Площадь пола кузова, м ²	Наличие переходной площадки и стояночного тормоза (ПП/СТ)	Особенности конструкции	Примечание
30	12-282 1-ВМ	ОАО «Алтайвагон-завод»	70,0; 24,0	13920; 8650	10624x2790x900	36,55	-/+		Для перевозки рулонной стали
31	12-288 0-ВМ	ОАО «Алтайвагонзавод»	69,0; 25,0	12530; 7800	10626x1970x800	6,05	-/+		Для перевозки рулонной стали
32	12-284 1-ВМ (0-Т)	ОАО «Алтайвагонзавод» (Россия)	67,0; 27,0	14730; 10000	12900x2790x2000	36,55	-/-		Для перевозки катанки
33	12-296 1-Т	ОАО «Алтайвагонзавод» (Россия)	70,0; 76,0; 24,5	13920; 8650	12722x2911x2060	37,0	-/+	С люками и глухими торцевыми стенками	
34	12-575 RIV	ПО «Уралвагонзавод»	66,5; 62,0; 23,5	13920; 8650	12750x2765x1770	35,25	-/+	С глухими торцевыми стенками	Без гофр
35	12-581 03-ВМ	ПО «Уралвагонзавод»	67,0; 62,0; 22,5	13920; 8650	12750x2765x1770	35,25	-/+	Глухой	
36	12-783 1-ВМ	ОАО «КВСЗ»; СЗАО «Могилевский ВСЗ»	70,0; 78,0; 23,0	13920; 8650	12228x2964x2045	36,63	-/+	С люками и глухими торцевыми стенками	
37	12-781 1-ВМ	ОАО «КВСЗ» (Украина)	70,0; 80,0; 23,4	13920; 8650	12460x3070x2235	22,0	-/+	С глухим цилиндрическим дном	
38	12-1295 1-ВМ	ОАО «Рухиммаш» (Россия)	75,0; 88,0; 25,5	13920; 8650	12752x2928x2352	37,30	-/+	С люками без дверей	Без гофр
39	12-1704 0-ВМ	ОАО «Азовмаш»; ОАО «МЗТМ»	70,0; 79,8; 24,0	13920; 8650	13000x2930x2075	38,1	-/+	С люками без дверей	Без гофр
40	12-2104 1-ВМ	ОАО «Алтайвагонзавод»	69,5; 81,2; 23,0	13920; 8650	12690x2890x2250	36,41	-/+	Глухой	
41	12-197 1-Т	ПО «Уралвагонзавод»	74,5; 92,0; 25,5	13920; 8650	12446x2965x2693	36,9	-/+	Скругленный низ кузова	
42	12-2122-01 Т _{тп}	ОАО «Алтайвагонзавод» (Россия)	71,0; 83,7; 23,0	12100; 6940	10870x3070x2500	31,5	-/+	С глухими стенками и люками в полу	

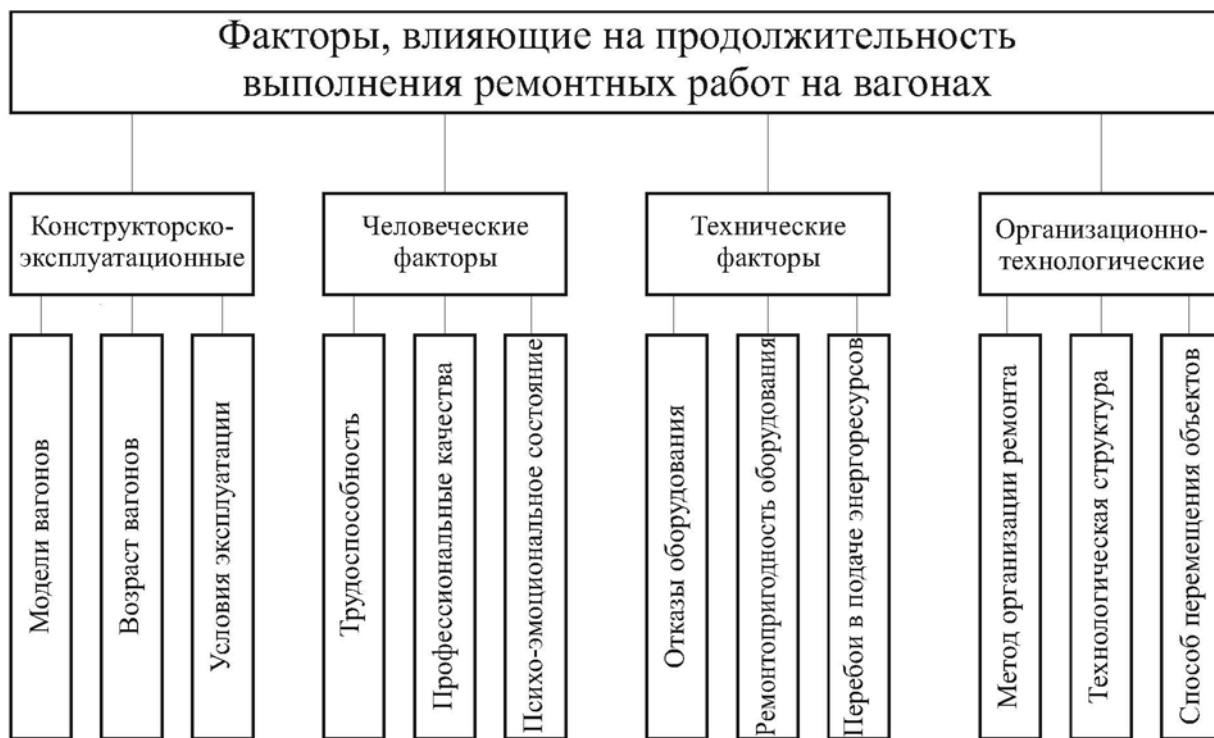


Рис. 1. Классификация факторов, оказывающих влияние на продолжительность выполнения ремонтных работ на вагонах

Из табл. 1 видно, что конструкции полувагонов очень сильно отличаются друг от друга. На одних полувагонах есть торцевые двери, на других нет. Есть полувагоны глухонные, а есть с крышками люков. Есть с торцевыми дверями, а есть с глухими стенами. Есть полувагоны с гофрированной обшивкой кузова, а есть – с негофрированной. Геометрические размеры кузовов разных моделей могут отличаться друг от друга. Естественно, что из-за разных конструктивных отличий может изменяться состав и объём ремонтных работ, что не сможет не отразиться и на продолжительности ремонта вагонов.

Кроме различных моделей на время ремонта вагонов оказывают ещё влияние сроки эксплуатации вагонов и условия эксплуатации. Одно дело, когда полувагоны, пусть даже одной и той же модели, поступают в ремонт первый раз после изготовления, и совсем иное дело, когда они поступают в ремонт последний раз перед списанием. Естественно, что во втором случае объём ремонта и, естественно, его продолжительность будут намного выше. Между этими двумя ремонтами также существует целый спектр ремонтов, отличающихся друг от друга по объёму. Что касается условий эксплуатации, то здесь также возможно множество различных вариантов. Вагоны могут повреждаться как при погрузке, так и при выгрузке. Их могут повреждать с помощью грейферных механизмов, а

могут – с помощью вагоноопрокидывателей. Большое значение имеет и интенсивность оборота вагона, а также выполнение в полном объёме технических обслуживаний во время подготовки к перевозкам и текущих отцепочных ремонтов.

Все эти факторы являются случайными и практически не поддаются никакому учёту. Тем не менее, они оказывают сильное влияние на продолжительность выполнения газорезательных, электросварочных и слесарных работ на кузове полувагона.

Только после составления дефектной ведомости и определения количества конкретных дефектов, а также использования норматива времени на устранение одного дефекта, можно определить усреднённую (теоретическую) величину трудоёмкости на ремонт вагона. Но эта величина будет только приблизительной (нормированной). Исследования, проведенные в депо для большого количества полувагонов на основании только факторов первой группы, свидетельствуют о большом диапазоне возможных значений трудоёмкостей отдельных видов работ для разных полувагонов [1]. Так, например, величина трудоёмкости электросварочных работ находится в диапазоне от 5,76 до 36,72 чел.-ч, газорезательных – от 0,35 до 12,17 чел.-ч, слесарных – от 3,41 до 13,98 чел.-ч. Таким образом, трудоёмкость (продолжительность) ремонта каждого отдельного вагона,

рассчитанная для факторов первой группы, носит случайный характер. Но лишь после совмещения факторов первой группы с факторами второй группы станет известна фактическая продолжительность выполнения работ. Здесь необходимо подчеркнуть, что нормирование труда имеет значение только для начисления заработной платы, расчёта необходимого контингента работающих, определения конкретной стоимости ремонта вагона, но мало как связано с научной организацией работ на потоке.

Первая группа факторов носит вероятностный характер с наибольшим размахом возможных значений.

Очень сложную вероятностную картину представляет вторая группа факторов. Человек – сложное психологическое и психофизиологическое существо, и на его трудоспособность оказывает влияние огромное количество всевозможных случайных факторов.

Условия труда, его интенсивность или монотонность, состав рабочих операций в совокупности изменяют психофизиологические показатели жизнедеятельности организма: может постепенно уменьшаться сила мускулов, подниматься кровяное давление, повышаться пульс, расти количество ошибок, снижаться внимание, ослабляться психическая реакция. Усреднённые результаты регистрации этих показателей представлены на рис. 2.

Результатом этих изменений является снижение уровня трудоспособности человека в целом, что изображено на рис. 3.

В течение трудовой деятельности работоспособность организма человека всё время изменяется. Существуют общие причины, которые влияют на трудоспособность человека во времени. Эти изменения происходят на протяжении рабочего дня, суток и недели. Их принято называть динамикой работоспособности [2].

Рассмотрим вначале изменения уровня работоспособности человека на протяжении рабочего дня (рис. 3). Уровень работоспособности человека показан в условных единицах, а сама кривая даёт только общую тенденцию её изменения.

В течение рабочей смены можно выделить несколько стадий работоспособности.

Первая стадия работоспособности характеризуется вработываемостью. В период этой стадии работоспособность постепенно увеличивается и, в конечном итоге, достигает максимального своего значения. Но в самом начале этого периода работоспособность невысокая. Вработываемость происходит потому, что на

каждого человека влияют многие побочные факторы, которые возникают ещё до начала рабочей смены. Всё дело в том, что перед тем, как приступить к выполнению производственных функций, человек, как правило, всегда чем-то занят, его что-то отвлекает или волнует. Это может быть причина бытового характера; конфликты в семье, бытовая неустраивенность, проблема со здоровьем и т.п. Эта причина может какое-то время занимать его мысли, пока не уступит лидирующее положение основной трудовой функции.

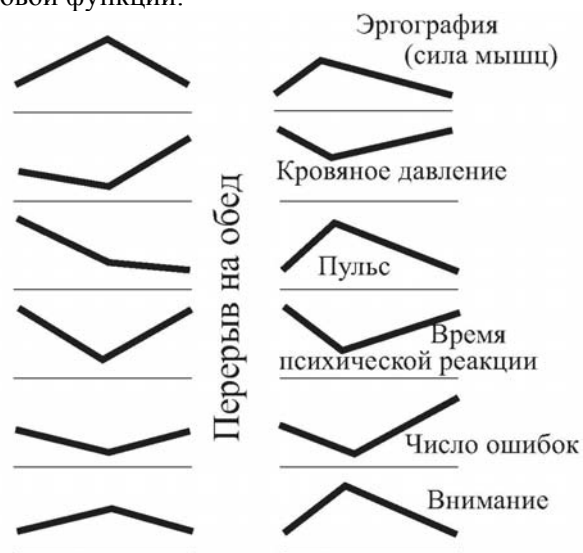


Рис. 2. Кривые работоспособности в течение рабочего дня с фиксацией отдельных психофизиологических показателей

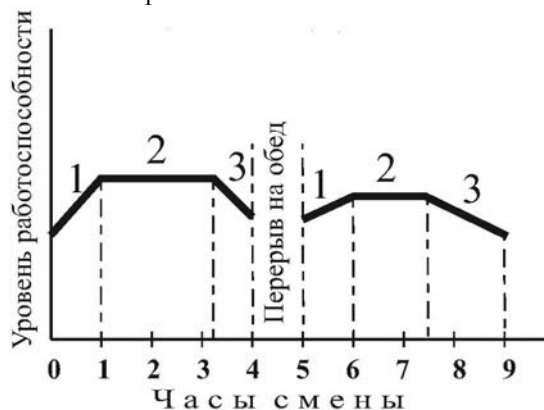


Рис. 3. Обобщённая кривая изменения уровня работоспособности в течение дня:

- 1 – период вхождения в работу;
- 2 – период устойчивой работоспособности на высоком уровне;
- 3 – период развивающегося утомления

Вторая стадия характеризуется устойчивой работоспособностью на наиболее высоком уровне для данного человека. Во время этой стадии достигаются самые высокие технико-экономические показатели работы.

На третьей стадии уровень производственных показателей постепенно начинает снижаться, уменьшается производительность труда и ухудшается качество работы. Вместе с тем нарастает напряжённость психофизиологических функций. Таким образом, основным признаком третьей стадии является утомление. По сути этот период представляет собой конфликт между основной и восстановительной функциональными системами. Для разных людей эта стадия может иметь разную длительность: от нескольких часов до нескольких минут.

Во второй половине рабочего дня все стадии повторяются, хотя и имеют свои особенности. Так, например, стадия вработываемости имеет более короткую продолжительность, а стадия устойчивой работы не достигает до того уровня, который был в первой половине дня.

Общий уровень работоспособности человека меняется также и в течение недели (рис. 4).

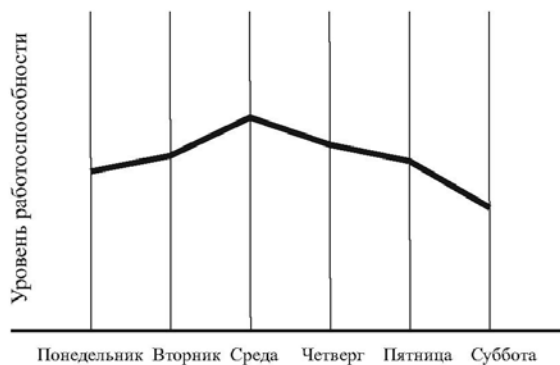


Рис. 4. Изменение уровня работоспособности в течение недели

Кривая работоспособности в течение недели позволяет выделить три стадии: вработывание (понедельник), относительно постоянная работоспособность (вторник, среда, четверг), развивающееся утомление (пятница, суббота). Знание этой кривой позволяет правильно планировать производительность труда человека по дням недели. Кроме того, при планировании режима работы предприятия, наиболее оптимальным будет пятидневная рабочая неделя с двумя спаренными выходными днями (суббота и воскресенье). Принятый в настоящее время во многих вагонных депо режим работы с двумя днями подряд по 12 часов и затем двухдневным перерывом, не отвечает рациональному использованию работоспособности.

Ну и, конечно, определённый интерес представляет также изменение уровня работоспособности в течение суток (рис. 5).

Из графика видно, что в работоспособности человека в течение суток можно выделить три периода. В течение первого периода с 6 часов утра до 15 часов дня работоспособность повы-

шается (кривая А). Своего пика она достигает к 10-11 часам, а потом начинает постепенно снижаться. Во втором периоде она снова повышается (кривая Б). А течение третьего периода, начиная с 22 часов вечера, начинает падать, причём пик её приходится на 3 часа ночи (кривая В).

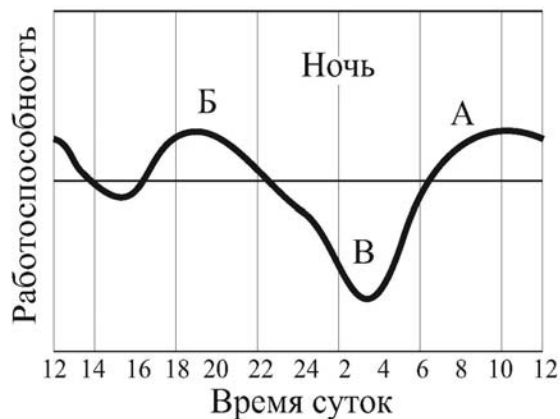


Рис. 5. Изменение уровня работоспособности в течение суток

Кроме этого, есть индивидуальные причины, зависящие от психологической и психофизиологической сущности каждого человека. Индивидуальные работоспособности зависят от опыта человека, его возраста, интеллекта, состояния здоровья, типа характера, настроения, психоэмоционального состояния. Их диапазон в целом может отличаться в 3-4 раза, а то и больше. Учитывая, что для вагоноремонтного предприятия контингент работников относительно равномерен, диапазон индивидуальных способностей определён на основании метода экспертных оценок и составляет: 1,5 – 2.

Кроме представленных графиков изменения работоспособности человека в течение рабочей смены, суток, недели, существуют и другие факторы, оказывающие непосредственное влияние на состояние человека. Так, например, хорошо известно, что на общее состояние человека оказывают сильное влияние разные небесные тела, а также погодные условия. К числу таких факторов можно отнести солнечную активность, магнитные бури, периоды полнолуния, изменения давление атмосферного воздуха и т. п.

Среди психо-эмоциональных факторов, оказывающих влияние на всех работающих, существуют факторы, носящие индивидуальный характер. Эти факторы зависят от психологической и психофизиологической сущности каждого отдельного человека. Индивидуальные работоспособности зависят от опыта человека, его возраста, интеллекта, типа характера, состояния здоровья, настроения, психо-эмоцио-

нального состояния, фазы биоритмов и т. п. Наличие этих случайных факторов даёт в результате также случайное состояние человека, которое отражается на его работоспособности. Диапазон этих состояний может отличаться в несколько раз. Композиция случайных факторов порождает случайную продолжительность выполнения ремонтных работ на позициях.

Обратим внимание на существование ещё трёх биологических циклов, которые также затрагивают психологические и физиологические особенности человеческого организма [3]. Это физический цикл продолжительностью 23 суток, эмоциональный цикл – 28 суток, интеллектуальный – 33 суток. Все циклы представляют собой синусоиду. Первая половина цикла протекает в положительной фазе, а вторая половина – в отрицательной. Каждый из биоритмов оказывает влияние на определённые физические и душевные составляющие человеческого организма. Так, физический биоритм оказывает влияние на выносливость, физическое состояние, утомляемость, общий тонус, обострение хронических заболеваний; эмоциональный биоритм воздействует на настроение, напряжённость, эмоциональное состояние; интеллектуальный биоритм влияет на внимательность, способность запоминать, мыслительный процесс. В период положительной фазы показатели работоспособности повышаются, в период отрицательной фазы – понижаются. Наибольшее значение на человека оказывают периоды времени, когда кривые биоритмов проходят через «нулевую» границу. В этот период возникает «день усталости». В «день усталости» по одному, по двум или по трём ритмам человек подвержен негативным физиологическим изменениям: ухудшается самочувствие, увеличивается риск получения травм, снижается активность и, следовательно, реакция, появляются ошибки, наступает депрессия. Эти биоритмы являются совершенно не зависимыми друг от друга, но они всегда оказывают на человека совместное влияние.

Необходимо помнить о том, что все люди отличаются друг от друга ещё и темпераментом своего характера, который не может не сказываться на производительности труда.

Согласно классификации И. П. Павлова, существуют четыре ярко выраженных типа высшей нервной деятельности [4]:

1. Слабый тип (меланхолик). Этот тип характеризуется слабостью обоих нервных процессов – и возбуждения, и торможения;
2. Сильный неуравновешенный тип (холерик). У этого типа имеется сильный процесс возбуждения и относительно слабый процесс

торможения;

3. Сильный уравновешенный подвижный тип (сангвиник);

4. Сильный уравновешенный, но с инертными нервными процессами (флегматик).

Есть также бытовые и социальные факторы, которые практически не поддаются контролю, но оказывают непосредственное влияние на возможность выполнения производственным персоналом своих трудовых функций.

Человеческий организм является куда более сложной структурой по сравнению, например, с технологическим оборудованием. Он подвержен не только «поломкам», но и душевным, и психологическим расстройствам, оказывающим влияние на его трудоспособность.

Таким образом, человеческий фактор также является интегральным фактором, зависящим от большого количества случайных причин, и носит вероятностный характер, правда, с меньшим диапазоном возможных значений по сравнению с первым фактором.

На индивидуальную теоретическую (предварительную) трудоёмкость ремонта вагона, определённую с учётом факторов первой группы, накладывается ещё индивидуальная работоспособность каждого конкретного исполнителя. И, таким образом, фактическая продолжительность ремонта (время необходимое для выполнения ремонта конкретного вагона конкретными исполнителями) носит ещё более случайный характер.

Учитывая, что человеческий фактор оказывает большое влияние на ход технологического процесса, должна обязательно использоваться такая технология и организация производства, которая бы позволяла свести воздействие этого фактора к минимуму.

Исследователи, которые ранее занимались вопросами анализа работы поточных линий, обращали своё внимание в основном только на первую группу факторов [5-6]. Они изучали вероятностную природу неисправностей на вагонах, не учитывая при этом человеческий фактор, который также самым непосредственным образом влияет на ход технологического процесса. Этот фактор наиболее сложно поддаётся анализу, но учитываться в человеко-машинных системах он должен обязательно. Изучением этих факторов непосредственно занимаются другие науки, но при организации поточного производства ремонта вагонов необходимо обязательно учитывать многие рекомендации, касающиеся научной организации труда человека.

Надо отметить, что факторы этой группы носят общий характер и оказывают своё влия-

ние на ход производственных процессов в любых отраслях промышленности. Поэтому, например, скорость движения сборочных конвейеров на автомобильных заводах уже давно изменяется в течение трудового дня.

К третьей группе факторов, оказывающих влияние на простой вагонов в ремонте, относятся отказы технологического оборудования, ремонтпригодность оборудования (время его восстановления) и перебои в подаче энергоресурсов.

Простои вагонов на позициях могут иметь место и в результате отказов технологического оборудования. Согласно исследованиям, проведенным на существующих предприятиях, эти факторы не оказывают существенного влияния на работу производства, если своевременно проводятся планово-предупредительные ремонты и техническое обслуживание, хотя при проектировании нового производства учёт их крайне необходим. Отдельные факторы этой группы при расчёте надёжности поточных линий пытались учесть авторы работы [7].

Факторы третьей группы так же, как и второй, носят общий характер, т.е. могут иметь место в разных отраслях промышленности.

К четвёртой группе факторов следует отнести метод организации ремонта, технологическую структуру вагоноремонтного участка, способ перемещения объектов ремонта между позициями. Факторы этой группы большей частью являются эндогенными и могут быть сведены к минимуму за счёт научной организации поточного ремонтного производства. При стационарном методе ремонта организационно-структурный фактор играет небольшую роль, так как нет необходимости в постоянном перемещении вагонов. Но стационарный метод является низкопроизводительным, так как не позволяет использовать полный комплекс технологического оборудования.

Таким образом, по отношению к вагоноремонтному предприятию, первую и вторую группу факторов можно отнести к внешним (экзогенным) факторам. Остальные две группы факторов являются внутренними (эндогенными).

На итоговую продолжительность выполнения ремонтных работ на вагонах оказывают влияние различные группы факторов. Всевозможные комбинации этих факторов порождают множество итоговых результатов на выходе.

Таким образом, из-за большого количества случайных факторов, которые очень трудно предвидеть, осуществить полную синхронизацию работ на позициях поточной линии не

представляется возможным. Потери времени на вынужденные простои при жёсткой форме организации производства неизбежны.

Как показала практика, многочисленные попытки синхронизировать окончание работ на всех позициях из-за огромного количества случайных факторов не имеют никаких шансов на успех и являются совершенно не тем направлением, в сторону которого надо двигаться при совершенствовании ремонта вагонов. Всякие попытки, направленные на обеспечение внутритактной синхронизации времени выполнения ремонтных работ на позициях жёсткой поточной линии, обречены на провал. Об этом сейчас ярко свидетельствуют результаты работы вагонных депо, некогда перешедших на поточную форму ремонта вагонов.

Исходя из принципа разнообразия [8], противостоять разнообразию среды, которую ремонтируют, может только разнообразие среды, которая ремонтирует. Одним из таких решений для среды, которая ремонтирует, является мультифазная поликанальная асинхронная гибкая система, позволяющая при строгом соблюдении поточного метода ремонта осуществлять индивидуальный подход к каждому конкретному вагону.

Поэтому наиболее приемлемой формой организации технологического процесса является поток со свободным индивидуальным тактом, позволяющий при разных временных показателях осуществлять независимое перемещение вагонов, т. е. – асинхронный гибкий поток. Это возможно только в случае отвязки потока от единого железнодорожного пути, по которому перемещаются вагоны, и от единого грузоведающего конвейера, с переходом к поликанальным позициям с возможностью многовекторной перестановки вагонов при помощи трансбордерных тележек. Однако такие технологии требуют соответствующих оригинальных компоновок зданий. К сожалению, существующие корпуса вагонсборочных участков строились в своё время для иного принципа технологического процесса и сейчас не позволяют перейти на более прогрессивную форму вагоноремонтного потока. Таким образом, одной из причин, тормозящих внедрение нового типа потока, является устаревшая планировка действующих предприятий. Вместе с тем после соответствующей реконструкции некоторых предприятий вполне возможно внедрение на них потоков, обладающих определёнными элементами гибкости.

Таким образом, реальное время выполнения ремонтных работ на разных вагонах сильно от-

личается друг от друга, но, так как вагоны входят в условиях единого потока (или единой железнодорожной колеи при стационарном методе ремонта), это отражается на их перемещении между позициями (или подачей за пределы цеха после окончания ремонта). Встаёт вопрос, как организовать технологический процесс, чтобы каждый вагон как можно меньше зависел от других вагонов.

Поэтому наиболее рациональной организацией производственного (технологического) процесса является гибкий асинхронный поток, который сохраняет основные принципы поточного производства и одновременно позволяет сгладить (нивелировать) все негативные стороны, присущие ремонтному производству, создавая тем самым благоприятные условия для дальнейшего роста производительности труда.

Таким образом, продолжительность выполнения работ является случайной комбинацией различных факторов и носит вероятностный характер. Причём это относится как к общей продолжительности ремонта вагонов, так и к продолжительности комплексов работ, выполняемых на отдельных позициях.

Традиционные поточные линии очень чувствительны ко времени выполнения работ на позициях. Задержка даже на одной позиции моментально приводит к задержке всего потока. Если различие во времени выполнения ремонтных работ на вагонах при стационарной форме организации производства не оказывает существенного влияния на ход технологического процесса, то совсем иная картина появляется при поточной форме организации ремонтного производства.

Поток представляет собой сложную многофазную систему, в которой все объекты ремонта зависят друг от друга. Таким образом, индустриальные методы ремонта требуют оригинального подхода, отличного от машиностроения и приборостроения. В этой сфере поток должен носить особый характер, учитывающий специфику ремонтного производства.

Продолжительность пребывания каждого конкретного вагона на позициях потока оказывает непосредственное влияние на пропускную способность всего потока. С одной стороны время выполнения ремонтных работ на вагонах носит случайный характер, что отражается на ритмичном перемещении вагонов между позициями, а с другой стороны эффективность использования потока очень чувствительна к задержкам отдельных вагонов, которые «тормозят» движение вагонов, идущих следом, а те, в

свою очередь, блокируют движение вагонов, следующих за ними. При использовании одного рельсового пути эту задачу решить невозможно, так как при такой организации потока невозможно осуществить «манёвр обгона» между объектами ремонта. Поэтому более эффективной будет являться поликанальная система позиций (параллельное расположение ремонтных модулей на каждой позиции). Перемещать вагон строго нельзя до тех пор, пока весь необходимый комплекс работ, закреплённый за данной позицией, не будет выполнен.

Таким образом, учитывая всё многообразие возможных сочетаний случайных факторов, оказывающих влияние на продолжительность выполнения работ, наилучшим решением по организации ремонта вагонов, обеспечивающим самые высокие технико-экономические показатели, является асинхронный гибкий поток, представляющий собой мультифазную поликанальную систему ремонта вагонов на базе использования трансбордерных тележек для перемещения вагонов между позициями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мямлин, В. В. Анализ трудоёмкостей отдельных видов работ при деповском ремонте полувагонов [Текст] / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2012. – Вип. 40. – Д. : Вид-во ДНУЗТ, 2012. – С. 28–36.
2. Полежаев, Е. Ф. Физиологические и психологические основы труда [Текст] / Е. Ф. Полежаев, Н. П. Калинина, В. Г. Макушин, С. Э. Славина. – М. : Профиздат, 1974. – 232 с.
3. Ужegov, Г. Н. Биоритмы на каждый день [Текст] / Г. Н. Ужegov. – М. : Агентство «Файр», 1997. – 608 с.
4. Павлов, И. П. Рефлекс свободы [Текст] / И. П. Павлов. – СПб.: Питер, 2001. – 432 с.
5. Бугаев, В. П. Совершенствование организации ремонта вагонов (системный подход) [Текст] / В. П. Бугаев. – М. : Транспорт, 1982. – 152 с.
6. Гридюшко, В. И. Вагонное хозяйство [Текст] / В. И. Гридюшко, В. П. Бугаев, В. И. Криворучко. – М. : Транспорт, 1988. – 295 с.
7. Скиба, И. Ф. Комплексно-механизированные поточные линии в вагоноремонтном производстве [Текст] / И. Ф. Скиба, В. А. Ёжиков. – М. : Транспорт, 1982. – 136 с.
8. Эшби, У. Р. Введение в кибернетику [Текст] / У. Р. Эшби. – М. : Изд-во ин. лит., 1959. – 432 с.

Поступила в редколлегию 12.12.2011.

Принята к печати 15.12.2011.

В. В. МЯМЛІН

КОМПЛЕКСНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА КОЛИВАННЯ ЧАСУ ВИКОНАННЯ РОБІТ ПІД ЧАС ДЕПОВСЬКОГО РЕМОНТУ ПІВВАГОНІВ

Досліджено різні фактори, які надають випадковий вплив на коливання часу виконання ремонтних робіт на піввагонах в депо, що не дозволяє повною мірою використовувати існуючий потоковий метод ремонту. Робиться висновок, що потік ремонту вагонів являє собою складну людино-машинно-вагонну систему, що носить імовірнісний характер. Пропонується форма організації виробництва, що дозволяє істотно знизити вплив випадкових факторів і підвищити продуктивність праці при ремонті вагонів.

Ключове слово: ремонт вагонів, гнучкий потік, випадкові фактори.

V. V. MYAMLIN

INTEGRATED STUDY OF REASONS WHICH AFFECT ON CHANGE OF WORK TIME DURING ROUNDHOUSE SERVICING OF OPEN CARS

Different factors, which affect on change of repair work's time of open cars in depot, that make impossible using of existent method of flow line repair, are researched. The following conclusion are done: car's repair flow is difficult man-machine-car system with stochastic nature. Organization form of manufacture, which will allow reducing influence of random factors and increase labor productivity are proposed.

Key words: repair of cars, flexible flow, random factors.

С. В. МЯМЛІН, В. Л. ГОРОБЕЦЬ, О. М. БОНДАРЄВ, І. Є. СКОГАРЄВ,
Є. О. ПИСЬМЕННИЙ (ДІПТ)

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ОПОРУ ВТОМІ МАТЕРІАЛУ НАПІВОБРОБЛЕНИХ ОСЕЙ, ВИГОТОВЛЕНИХ ЗА ПРОГРЕСІВНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ

В статті проведений аналіз результатів порівняльних випробувань з визначення границі витривалості матеріалу в напівоброблених осях, виготовлених за різними технологіями та зроблені висновки щодо перспективності та стабільності нової технології виготовлення напівоброблених осей.

Ключові слова: границя витривалості, макроструктура, симетричне навантаження, максимальне напруження, круговий згин, одинарна нормалізація, діаграма втоми

На ВАТ «Дніпровський металургійний комбінат імені Ф. Е. Дзержинського» розроблена нова технологія виготовлення осей для рухомого складу залізниць. Вдосконалення технологічного процесу виготовлення осей потребує перевірки механічних властивостей сталі, таких як границя витривалості їх матеріалу у порівнянні з осями, виготовленими за традиційною технологією.

В умовах підприємства ВАТ «Дніпродзержинський металургійний комбінат (ДМК)» протягом листопада 2007 р. – липня 2008 р. спеціалістами Науково-дослідного інституту рухомого складу, колії та транспортних споруд Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна були проведені роботи з розробки та виготовлення відповідних стендів та проведення випробувань зразків, виготовлених із профільних заготовок, на втому, у відповідності до чинної нормативної бази [1, 2].

Випробуванням піддавалися зразки, які виготовлялися з половин осей з однієї плавки № 712715 марки F, виробництва ВАТ «Дніпровський металургійний комбінат імені Ф. Е. Дзержинського», що пройшли правку при температурі її завершення не нижче 600 °С у відповідності до переліку, наведеного нижче:

- осі, які виготовлені з термообробкою в режимі: одинарна нормалізація та високий відпуск (стандартна технологія) – 2 одиниці;

- осі, які виготовлені з термообробкою в режимі: одинарна нормалізація та регульоване охолодження (самовідпуск) у спеціальних колодязях уповільненого охолодження (температура укладки в колодязі 300...500 °С) – 2 одиниці.

Загальний вигляд напівосей наведено на рис. 1.



Рис. 1. Загальний вид на півосей, з яких виготовлялися зразки для проведення випробувань на втому

Нижче наведено технологічні дані, стосовно виробництва профільних заготовок для осей плавки 712715 F. Хімічний склад сталі наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Хімічний склад сталі

Етап	Плавочний	За стандартом М101
C	0,5	0,45-0,59
Mn	0,83	0,60-0,90
Si	0,20	min 0,15
S	0,020	< 0,050
P	0,016	< 0,045
Al	0,030	-

Макроструктура вихідної осевої заготовки задовільна та відповідає вимогам нормативної документації, що наведена у табл. 2.

Механічні властивості сталі плавки № 712715, які наведено у табл. 3, та відповідають вимогам стандарту М101.

Таблиця 2

Макроструктура вихідної осевої заготовки

Показник	Балл
Точечна неоднорідність	2/2
Центральна пористість	2/2
Ликваційний квадрат	0/0
Загальна п'ятнисталиквация	0/0
Підсадочна ликвация	0/0

Таблиця 3

Механічні властивості сталі плавки №712715

№ профільних заготовок	485630	485697	Норма
Тимчасовий опір, Н/мм ²	631	667	608
Границя текучості, Н/мм ²	348	363	345
Відносне подовження, %	28	28	22
Звуження, %	51	52	37
Примітки	Одинарна нормалізація та відпуск	Одинарна нормалізація та регульоване охолодження в спеціальних колодязях уповільненого охолодження	

Номери осей, які використовувалися для проведення усіх випробувань наведено у табл. 4.

Таблиця 4

Номери напівоброблених осей виготовлених за різними технологіями, з яких були виготовлені зразки, на яких були проведені випробування на втому

Номер плавки	Одинарна нормалізація та відпуск	Одинарна нормалізація та регульоване охолодження в спеціальних колодязях уповільненого охолодження
712715	485623	485687
	485629	485690

Всі дослідні осі були механічно розділені на половини (напівосі). З одних половин були виготовлені зразки для випробувань на втому. Нижче, на рис. 2 наведено креслення загально-го вигляду зразків для проведення випробувань на витривалість. У відповідності до наведеного креслення було виготовлено більш 120 зразків з чотирьох напівосей №№ 485623, 485629,

485687, 485690 з їх частин, які розташовано у: шийці (літера Ш), підступиці (літера П), середній частині (літера С).

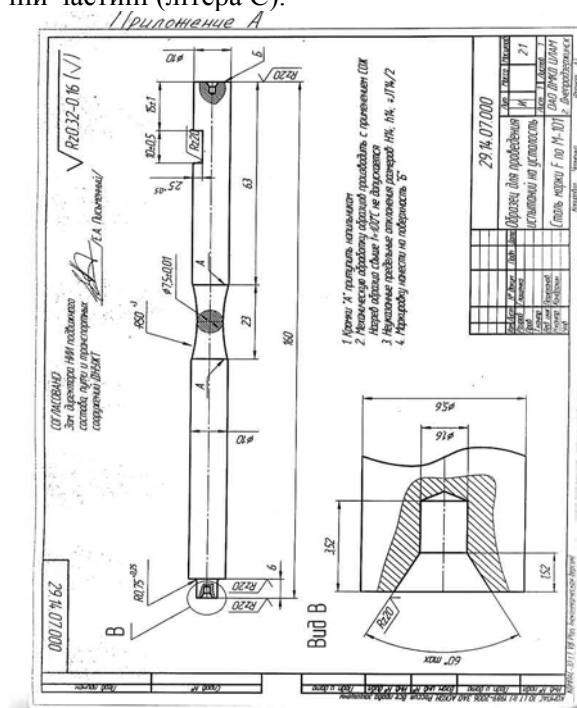


Рис. 2. Креслення зразку для випробувань на втому

Проведення стендових циклічних навантажень (на втому) зразків матеріалу напівоброблених осей, виробництва ВАТ “Дніпровський меткомбінат імені Ф.Е. Дзержинського”, включає в себе наступні етапи:

- навантаження зразків, виготовлених по узгодженому кресленню спробним навантаженням з метою оцінки фактичних механічних характеристик матеріалу зразків;
- відпрацювання штатних режимів випробувань у відповідності до вимог технічного завдання та програми випробувань.

Основним видом навантаження при проведенні випробувань на втому зразків матеріалу напівоброблених осей прийнято круговий згин. Зазначений режим навантаження реалізується на випробувальному стенді шляхом обертання зразків матеріалу, що навантажені постійним зусиллям, яке діє у вертикальній площині.

Основні характеристики циклів навантаження зразків матеріалу об'єктів випробувань наведено нижче:

симетричне навантаження з коефіцієнтом асиметрії циклу $r = -1,0$;

максимальне напруження σ_p в робочому перерізі зразка – в діапазоні $\sigma_{-1} < \sigma_p < \sigma_T$, де σ_{-1} – границя витривалості при симетричному згині; σ_T – границя текучості матеріалу осі.



Рис. 3–5. Загальні види зразків для проведення випробувань на втому

Зразки на втому випробувалися трьома групами з ідентичними параметрами навантаження по напруженню в робочому перерізі зразка з метою побудови кривої витривалості:

жорстке навантаження з кількістю циклів навантаження до руйнування $5 \cdot 10^5 - 1,5 \cdot 10^6$ циклів;

м'яке навантаження з кількістю циклів навантаження до руйнування $5 \cdot 10^6 - 1,0 \cdot 10^7$ циклів;

середній режим навантаження з кількістю циклів навантаження до руйнування $2 \cdot 10^6 - 5 \cdot 10^6$ циклів;

Орієнтовні рівні напружень в робочих перерізах зразків наведено у табл. 5.

Таблиця 5

Орієнтовні рівні напружень у робочих перерізах зразків, які реалізуються в процесі проведення стендових випробувань на втому

№ пор.	Величина, яка вимірюється	Значення
1	Напруження жорсткого режиму навантаження	$\sigma_I = 0,85 \sigma_T$
2	Напруження м'якого режиму навантаження	$\sigma_{II} = 1,05 \sigma_{I1}$
3	Напруження середнього режиму навантаження	$\sigma_{III} = \text{mid} \{ \sigma_I, \sigma_{II} \}$

Нижче на рис. 6–8 наведено вигляд випробувального стенду; положення зразку у випробувальному стенді; випробувальної станції для проведення випробувань на втому.



Рис. 6. Загальний вигляд стенда для проведення випробувань зразків на втому

Напруження при проведенні циклічного навантаження оцінюють розрахунковим шляхом [3] як:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{зг}}{W_z};$$

$$M_{зг} = Pl_{рзр};$$

$$W_z = \frac{\pi d_p^3}{32}. \quad (1)$$

де σ_{\max} – максимальне напруження в робочому перерізі зразку при згині; $M_{зг}$ – момент згину; $l_{рзр}$ – робоча довжина зразку (відстань між віссю прикладання ваги та робочим перерізом зразку); W_z – момент опору згину; d_p – діаметр робочого перерізу зразку.



Рис. 7. Положення випробувального зразку у випробувальному стенді



Рис. 8. Загальний вигляд випробувальної станції для проведення випробувань матеріалів на втому

За рівнем навантаження зразків матеріалу визначаються середні значення реалізованого напруження та кількості циклів до руйнування деталі. Далі в напівлогарифмічних координатах будується пряма, що апроксимує криву витривалості для кожного варіанту термічної обробки об'єкту випробувань.

На рис. 9 наведено поперечні перерізи зразків, на яких показано характер руйнування

З метою простішого співставлення результатів, методологія випробувань була прийнята на підставі робіт [4] аналогічного спрямування.

Критерієм успішного випробування є характеристик витривалості осей, оброблених за технологією термообробки нормалізація та регульоване охолодження, які повинні бути не гірше, порівняно з аналогічними характеристиками осей, що отримали термообробку у вигляді нормалізації та високого відпуску.



Рис. 9. Види перерізів зразків в місцях їх руйнування

На підставі отриманих результатів випробувань були побудовані криві втоми (діаграми Велера) для зразків, які виготовлені з відповідних частин напівосей (рис. 10–21). На цих діаг-

рамах по осі абсцис відкладено значення логарифмів загальних кількостей циклів $\lg N$, які витримували відповідні зразки від початку випробувань і до моменту руйнування при відповідній амплітуді напружень циклу σ .

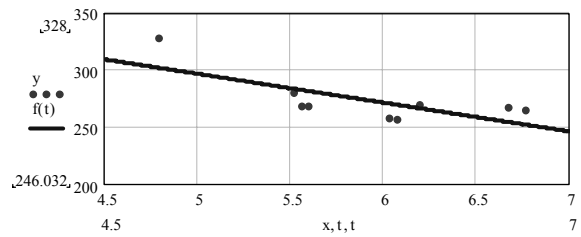


Рис. 10. Діаграма втоми для зразків виготовлених з шийки напівосі 485690 (Ш690)

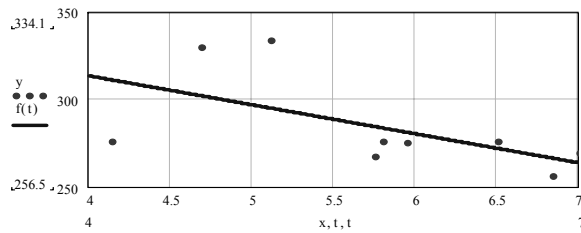


Рис. 11. Діаграма втоми для зразків виготовлених з підступиці напівосі 485690 (П 690)

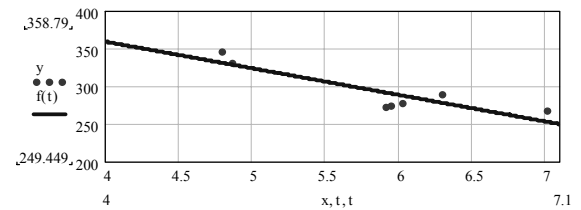


Рис. 12. Діаграма втоми для зразків виготовлених з середини напівосі 485690 (С690)

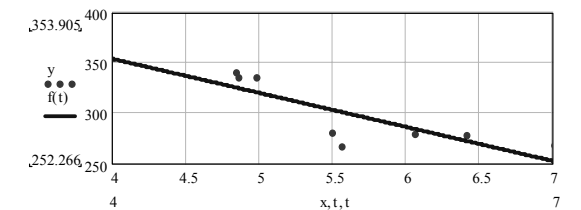


Рис. 13. Діаграма втоми для зразків виготовлених з шийки напівосі 485687 (Ш687)

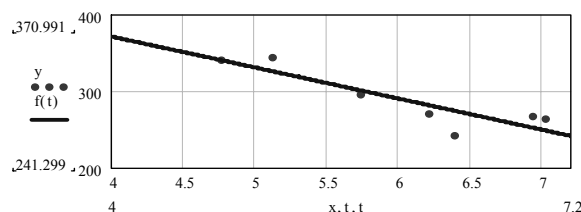


Рис. 14. Діаграма втоми для зразків виготовлених з підступиці напівосі 485687 (П687)

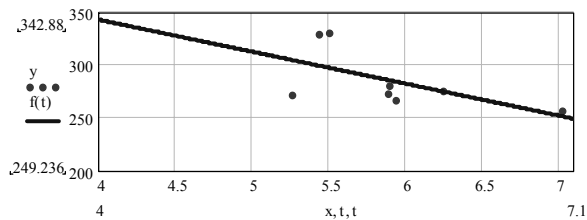


Рис. 15. Діаграма втоми для зразків виготовлених з середини напівосі 485687 (С687)

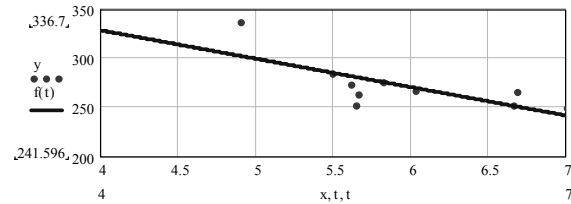


Рис. 16. Діаграма втоми для зразків виготовлених з шийки напівосі 485623 (Ш623)

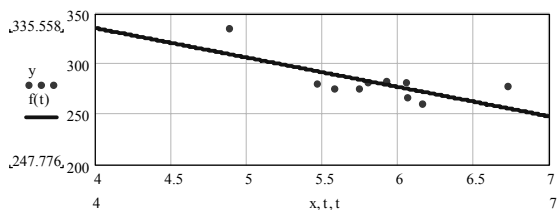


Рис. 17. Діаграма втоми для зразків виготовлених з підступиці напівосі 485623 (П623)

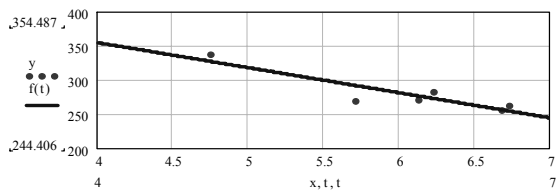


Рис. 18. Діаграма втоми для зразків виготовлених з середини напівосі 485623 (С623)

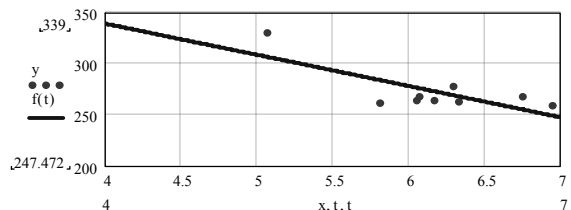


Рис. 19. Діаграма втоми для зразків виготовлених з шийки напівосі 485629 (Ш 629)

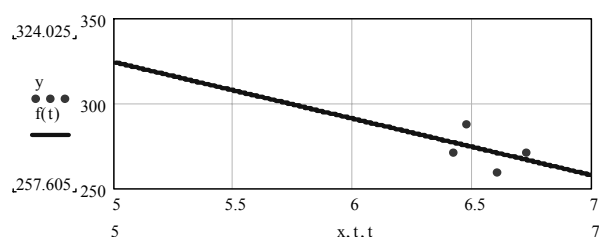


Рис. 20. Діаграма втоми для зразків виготовлених з підступиці напівосі 485629 (П 629)

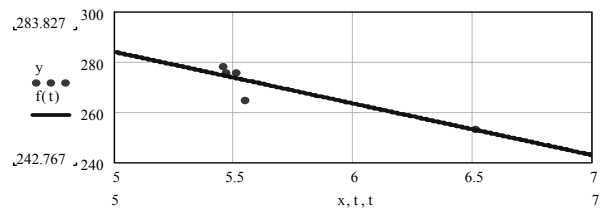


Рис. 21. Діаграма втоми для зразків виготовлених з середини напівосі 485629 (С629)

Нижче на рисунках крапками позначено результати експериментальних випробувань, а лінії відповідають регресійним залежностям, параметри яких визначено з використанням методу найменших квадратів у відповідності до результатів експериментальних даних. Вихідні дані були попередньо відсортовані (згладжені) з виключенням даних, які не завершувалися штатним руйнуванням зразків.

Чисельні значення границь витривалості, середні значення та середньоквадратичні відхилення значень границь витривалості від відповідних середніх значень наведено у табл. 6.

У табл. 6 у третьому стовпчику наведено прогнозовані значення границь витривалості при симетричному циклі σ_{-1} , які визначені за отриманими регресійними залежностями результатів експериментальних випробувань.

З урахуванням можливості виключення з розгляду зайвої кількості зразків, з метою додаткового контролю вірогідності отриманих результатів, на рис. 22-24 наведено порівняльні результати випробувань на втому з урахуванням повної кількості зруйнованих зразків. При цьому кількість даних в області напружень, наближених до малоциклової втоми, були взяті однаковими для кожного типу технології з метою зниження впливу їх на область багатоциклової втоми.

Таблиця 6

Величини границь витривалості

№ пор.	Позначення зразків	Статистичні характеристики границь витривалості		
		Границі витривалості для типу зразків при $N_0=10^7$ циклів	Середнє значення границі витривалості для типу осі	Середньоквадратичне відхилення границь витривалості від відповідних середніх значень для типу осі
1	Ш690	246,0	251,2	4,29
2	П690	256,5		
3	С690	251,0		
4	Ш687	252,3	249,1	4,11
5	П687	243,3		
6	С687	251,7		

Закінчення табл. 6

№ пор.	Позначення зразків	Статистичні характеристики границь витривалості		
		Границі витривалості для типу зразків при $N_0=10^7$ циклів	Середнє значення границі витривалості для типу осей	Середньоквадратичне відхилення границь витривалості від відповідних середніх значень для типу осей
7	Ш623	241,6	245,1	3,1
8	П623	247,8		
9	С623	244,4		
10	Ш629	247,5	249,3	7,56
11	П629	257,6		
12	С629	242,8		

На вказаних рисунках наведено апроксимації ліній витривалості за допомогою лінійного тренду (прямі з підписом „лінійний”), а також показники достовірності вказаної апроксимації.

Зауважимо, що всі лінії мають приблизно однаковий рівень ймовірності, що може бути обумовлений як особливістю технології виготовлення зразків, так і, власне, самих осей. Таким чином, наведені дані придатні для порівняльного аналізу.

Таким чином, технологія одинарної нормалізації з регульованим охолодженням в спеціальних колодязях уповільненого охолодження

(нова технологія) не гірша за традиційну й за розширеним обсягом експериментальних даних. В середній частині осей для традиційної технології отримано показники опору втомі, дещо кращі, ніж для нової.

Але при цьому, порівнюючи положення кривих (або прямих у напівлогарифмічних координатах) втомі, слід зазначити, що технологія з використанням одинарної нормалізації та регульованого охолодження в спеціальних колодязях уповільненого охолодження дає більш стабільне її положення для різних частин досліджених осей.

Висновки

Порівняння результатів випробувань за згладженими оцінками та за розширеним обсягом даних дає можливість зробити висновок про те, що використання технології обробки осей з використанням одинарної нормалізації та регульованого охолодження в спеціальних колодязях уповільненого охолодження дає більш стабільні, не гірші, а в деяких випадках (шийка та підступична частина осей), трохи кращі результати у порівнянні з технологією, де використовується одинарна нормалізація та відпуск.

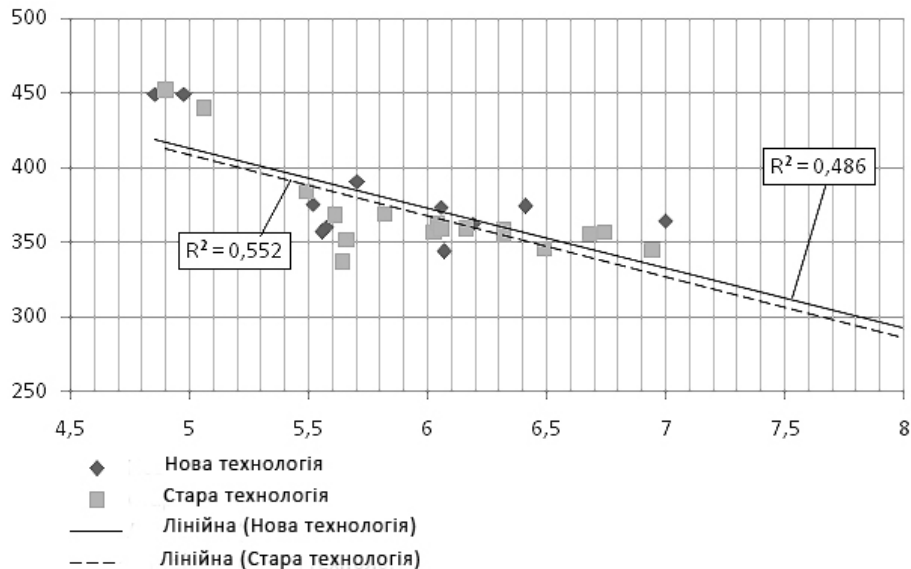


Рис. 22. Порівняння характеристик опору втомі осей за даними випробувань розширеної кількості зразків. Шийка осей

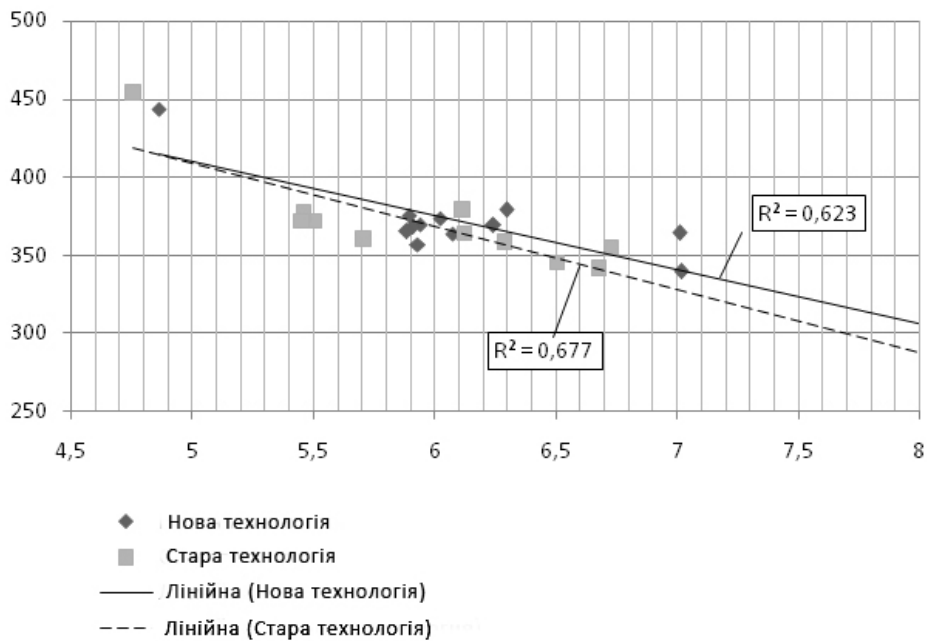


Рис. 23. Порівняння характеристик опору втомі осей за даними випробувань розширеної кількості зразків. Підступична частина осі

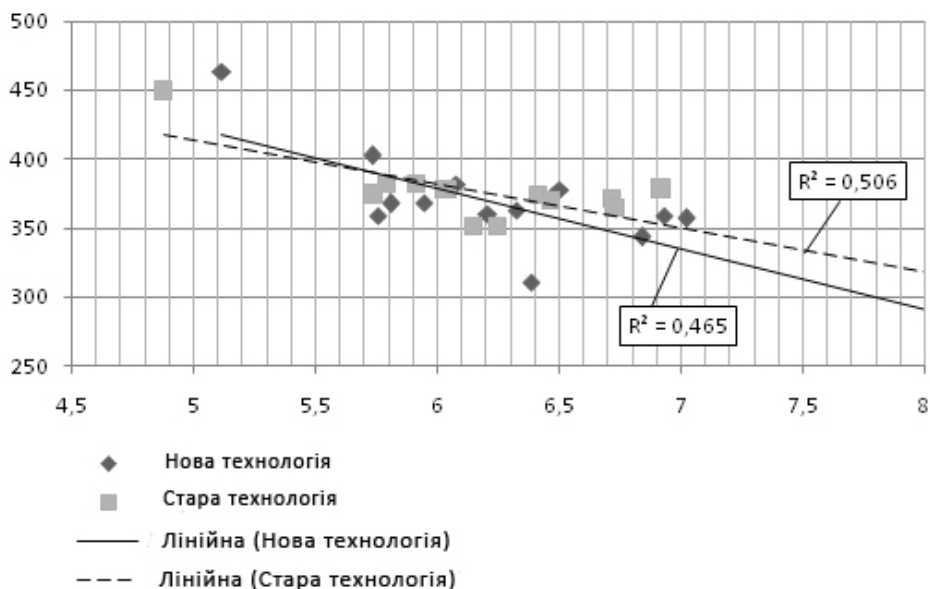


Рис. 24. Порівняння характеристик опору втомі осей за даними випробувань розширеної кількості зразків. Середня частина осі

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизированных вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст]. – М. : ВНИИВ, 1983. – 260с.
2. ГОСТ 25.502-79. Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы механических испытаний металлов [Текст]. – М. : Госстандарт СССР, 1979. – 34 с.
3. Смирнов, А. Ф. Сопротивление материалов [Текст] / А. Ф. Смирнов. – М. : Высш. шк., 1975. – 480 с.
4. Дальман, Д. Э. Способы предотвращения поломки осей грузовых вагонов [Текст] / Д. Э. Дальман, К. П. Лонсдейл, С. Л. Дедмон // Документы 15-го Межд. конгресса по колесам и парам. – Прага, Чехия, 2007.

Надійшла до редколегії 30.11.2011.
 Прийнята до друку 01.12.2011.

С. В. МЯМЛИН, В. Л. ГОРОБЕЦ, А. М. БОНДАРЕВ, И. Е. СКОГАРЕВ,
Е. А. ПИСЬМЕННЫЙ (ДИИТ)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ МАТЕРИАЛА ПОЛУОБРАБОТАННЫХ ОСЕЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ПО ПРОГРЕССИВНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

В статье проведен анализ результатов сравнительных испытаний по определению границы выносливости материала в полуобработанных осях, изготовленных по разным технологиям и сделаны выводы о перспективности и стабильности новой технологии изготовления полуобработанных осей.

Ключевые слова: предел выносливости, макроструктура, симметричная нагрузка, предельное напряжение, круговой изгиб, одинарная нормализация, диаграмма усталости

S. V. MYAMLIN, V. L. GOROBETS, A. N. BONDAREV, I. Ye. SKOGAREV,
Ye. A. PISMENNY (DIIT)

COMPARATIVE EVALUATION OF FATIGUE RESISTANCE OF MATERIAL FOR SEMI-TREATED AXLES PRODUCED BY ADVANCED TECHNOLOGIES

In the article the analysis of results of comparative tests on determination of endurance limit of the material in semi-treated axles produced by different technologies is carried out and the conclusions on prospects and stability of new manufacturing technologies for the semi-treated axles are drawn.

Keywords: endurance limit, macrostructure, symmetric loading, limiting tension, circular bend, unary normalization, fatigue chart

І. Ю. ХОМЕНКО (ДПТ)

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИВОДА ГЕНЕРАТОРА ВІД ТОРЦЯ ОСІ КОЛІСНОЇ ПАРИ

Розглянута можливість збільшення тягової здатності привода ТРК від торця осі з метою забезпечення енергією системи кондиціонування пасажирського вагона при двогенераторній системі енергозабезпечення. Проведено випробування пасів ХРС німецької фірми «Continental ContiTech», які підтвердили можливість їх використання з метою покращення характеристик привода.

Ключові слова: привод генератора, клинопасова передача

При двогенераторній схемі електрозабезпечення [1] пасажирського вагона, що може використовуватися в разі оснащення його кондиціонером, використовуються стандартні приводи від торця осі.

В експлуатації знаходяться дві модифікації привода: ТРК, призначений для роботи з генератором 2ГВ-003 в електричних схемах ЕВ-7 та ТК-2, призначений для роботи з генератором 2ГВ-008 в електричних схемах ЕВ-10. Ці схеми постійно вдосконалюються, тому застосовується декілька аналогів вказаних генераторів, в основному російського виробництва. Обидва приводи з'єднують генератор з торцем осі колісної пари клинопасовою передачею. У приводі ТРК у цьому ланцюгу присутній ще і зубчатий одноступеневий редуктор, що дозволяє збільшити її передатне відношення. Вказані приводи широко поширені. Ними обладнано 2/3 пасажирських вагонів. Їх обслуговування і ремонт організовано на високому рівні. Чим більша потужність приводів, тим ефективніше може працювати схема в цілому. В новій інструкції ЦЛ-0078 [2], вказано, що потужність приводів у діапазоні 40...160 км/год (37...160 км/год для ТРК) складає 8 кВт. Уже традиційно для цих приводів потужність вимірюється на виході випрямляча вагона за постійним струмом. Фактично, це і є потужність, необхідна для вагона з електрообладнанням ЕВ-7 та ЕВ-10 (у ЕВ-10 при швидкості більше 50 км/год – 9 кВт). Вказана потужність привода може бути достатньою для живлення економічного кондиціонера. Привод, що забезпечує на виході з випрямляча 8 кВт при швидкостях 37...40 км/год, при збільшенні швидкості зможе передати значно більшу потужність, що в комплексі з модернізованим генератором повністю може задовільнити потреби в енергії вагонного кондиціонера.

Для забезпечення такої електричної потужності пасова передача привода повинна ма-

ти механічну потужність дещо більшу за електричну потужність, а саме:

$$P_{\text{пр}} = (P_{\text{ваг}} + P_{\text{випр}}) / \eta_{\text{ген}}, \quad (1)$$

де $P_{\text{пр}}$ – потужність привода;

$P_{\text{ваг}}$ – потужність, що споживається електрообладнанням вагона;

$P_{\text{випр}}$ – втрати у випрямлячі;

$\eta_{\text{ген}}$ – ККД генератора.

Таким чином, при потужності користувачів вагона 8 кВт, потужність привода не може бути нижчою від 9,5...10,5 кВт.

Нам відомі геометричні параметри приводів, типи пасів, їх кількість і норматив затягання пристрою натягу. Використовуючи довідники [3, 4] неважко переконатися, що пасова передача обох приводів не в змозі передати необхідну потужність при швидкості вагона 40 км/год, якщо натяг ременів буде відповідати нормативним документам. Так згідно табл. XIII-19 довідника [3] потужність, що передається пасом С (або пасом В за старою класифікацією), що застосовується в приводах ТРК, на 40 % менше від необхідної. За формулою (28) довідника [3] попередній натяг пасів має суттєво перевищувати натяг, вказаний в інструкції. Звичайно при розрахунках використовується ряд коефіцієнтів, тобто є певний запас, але й умови, в яких працюють приводи доволі жорсткі. Розглянувши більш детально натяжний пристрій приво-ду ТРК, неважко підрахувати, що допуски геометричних розмірів деталей та допустимі жорсткості пружин забезпечують попередній натяг пасів з зусиллям 200...400 кг, в той час як вважається, що натяг дорівнює 315...330 кг [5].

Існує ще один недолік в конструкції приводів: потужність, що передається, в значній мірі залежить від напрямку обертання привода, тобто від напрямку руху вагона. Такий ефект пояснюється на прикладі привода ТРК (рис. 1).

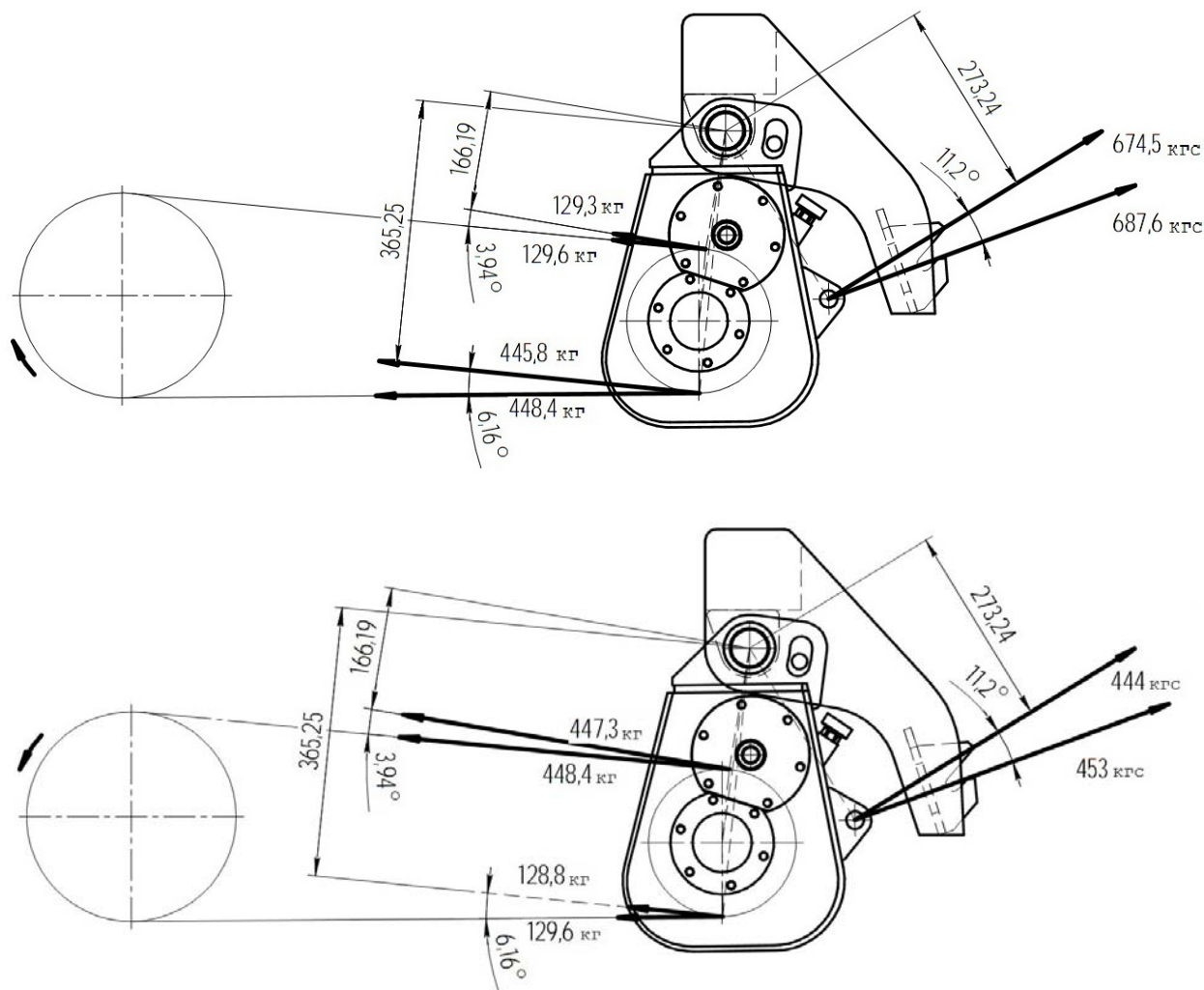


Рис. 1. Зміна навантаження на пристрій натягу привода в залежності від напрямку обертання

Зміна напрямку руху вагона призводить до зміни навантаження на пружинний механізм пристрою натягу. При відсутності компенсаторів цього ефекту, натяг пасів і, відповідно, потужність, що передається, змінюється. У приводі ТК компенсатор відсутній, а у ТРК в натяжному пристрої є додаткова пружина великої жорсткості.

Така невідповідність між вказаними і фактичними характеристиками приводів змусила нас провести наступні дослідження, так як у разі неможливості передачі приводами необхідної потужності, погіршуються всі характеристики системи в цілому.

Проаналізуємо роботу приводів на вагонах. На графіку 1 (рис. 2) механічну потужність привода, що виражена в електричній потужності за постійним струмом, позначимо прямою 1.

Проаналізувавши систему ЕВ-10 (привод ТК-2) з урахуванням зміщення точки переключення з батареї на генератор в залежності від

ввімкненого навантаження, і струму зарядки батарей в залежності від швидкості руху, отримуємо криву 2. Ця крива, що враховує також і допуски регулювання, характеризує верхню межу потужності, що споживається, в залежності від швидкості руху вагона. Аналогічно для системи ЕВ-7 (привод ТРК) одержуємо пряму 3.

З одержаних результатів видно, що передавати задекларовану потужність при малих швидкостях руху потяга в схемах ЕВ-10 завдяки конструктивним рішенням електрообладнання неможливо. У схемах ЕВ-7 це можливо лише у випадку затягування пасів більше норми, що зустрічається рідко. Як правило, провідники намагаються не вмикати потужних споживачів енергії при малих швидкостях руху потяга, тобто, у схемах ЕВ-7 обмеження споживання електричної енергії при низьких швидкостях руху потяга здійснюється ручним способом.

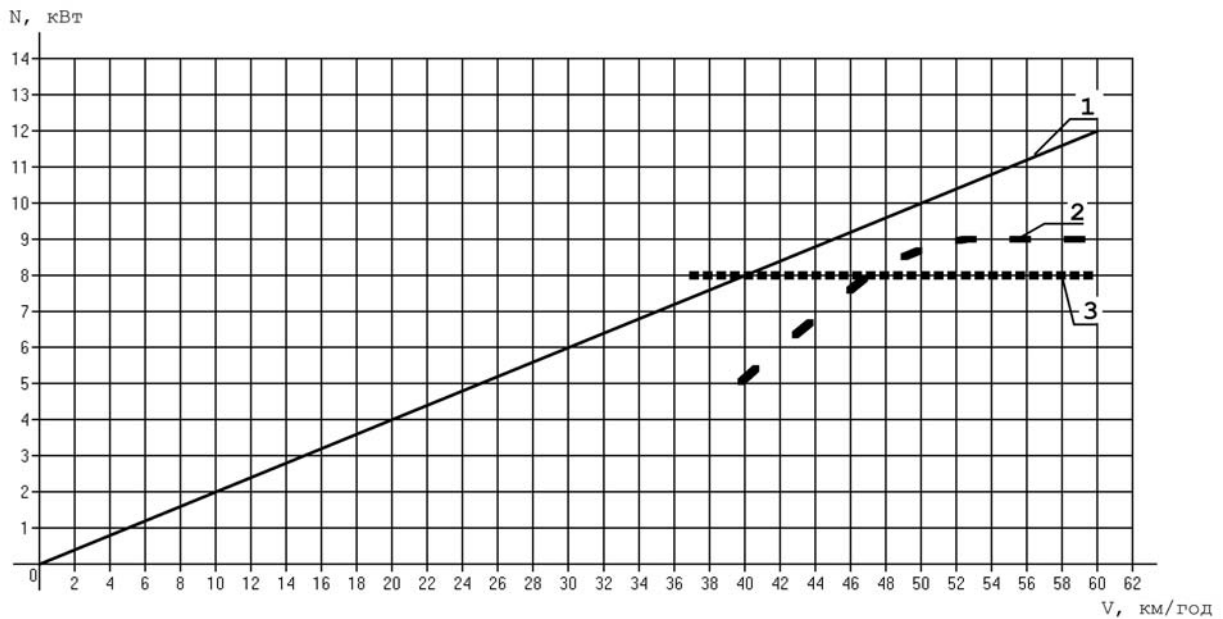


Рис. 2. Потужності, що передаються приводами ТК-2 (електрична схема ЕВ-10) та ТРК (електрична схема ЕВ-7)

Слід також зазначити, що привод ТРК для реалізації поставленої задачі по забезпеченню енергією кондиціонера виглядає більш привабливо не тільки через більший коефіцієнт потужності, що підтверджується розрахунками, але і через більш досконалий пристрій натягу, що має внутрішню додаткову пружину великої жорсткості, яка дозволяє приводу в меншій мірі реагувати на зміну напрямку обертання.

Для покращення характеристик привода скористаємося роботами російських вчених [6, 7, 8], які не тільки підтверджують зроблені нами висновки, але і пропонують шляхи подолання виявлених недоліків. Зокрема для підвищення тягової здатності приводів від торця осі пропонується використовувати паси типу ХРВ (для приводів ТК-2) і ХРС (для приводів ТРК). Тягова здатність цих пасів суттєво залежить від виробника. Росіяни провели випробування пасів такого типу фірми «PIX», і фірми «Volta ISB». Нами вибрано більш доступні на Україні паси німецької фірми «Continental ContiTech». З цією метою ми помістили комплект ременів ХРС на стенд для обкатки редукторів. На виході генератора встановили активне навантаження, що дозволило, плавно збільшуючи напругу генератора, регулювати потужність, що передається приводом. Контроль співвідношення обертів генератора та приводної осі стенда здійснювався за допомогою двоканального осцилографа (DS1022C № DS1022200004589), яким вимірювалася частота генератора та тахогенератора штатного тахометра, що підключений на приводі стенда. Контроль попереднього натягу

пасів здійснювався шляхом вимірювання прогину від контрольної ваги.

При обмеженні ковзання пасів в 2,5 % та при швидкостях приводної колісної пари 220 об/хв. (40 км/год) нами одержані наступні результати, які занесені до табл. 1.

Таблиця 1

Потужність, що передається клинопасовою передачею, в залежності від попереднього натягу пасів

Попередній натяг пасів, кг	240	320	400
Потужність на виході генератора, кВт	9,2	11,85	14,6

Під час випробувань підтверджено, що паси ХРС мають однакові розміри і при навантаженнях не розтягуються. При перевантаженні ковзання збільшувалося плавно і паси ХРС продовжували передавати навантаження, в той час як паси С більш схильні до буксування. Звичайно, що отримані нами результати в реальних умовах експлуатації можуть бути гіршими, але якість і тягова здатність випробуваних пасів підтверджують доцільність їх використання для покращення характеристик приводів ТРК.

БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Кукса, Ю. Я. Перспективы модернизации пассажирских вагонов при проведении капитально-восстановительного ремонта [Текст] / Ю. Я. Кукса, П. М. Мустафа, И. Ю. Хоменко // Же-

- лезнодорожный трансп. Украины. – 2010. – № 2. – С. 28-30.
2. Інструкція з ремонту редукторно-карданних приводів пасажирських вагонів. ЦДЛ-0078 [Текст] : Затв.: Наказ Укрзалізниці 31.03.09. № 219-С / Державна адміністрація залізничного транспорту України. Укрзалізниця. Головне пасажирське управління – К., 2010. – 191 с.
 3. Самохвалов, Я. А. Справочник техника-конструктора [Текст] / Я. А. Самохвалов, М. Я. Левицкий, В. Д. Григораш. – К. : Техника, 1978. – 592 с.
 4. Решетов, Д. Н. Детали машин [Текст] : учебник для вузов / Д. Н. Решетов. – М. : Машиностроение, 1975. – 655 с.
 5. Терешкин, Л. В. Приводы генераторов пассажирских вагонов [Текст] : 2е изд., перераб. и доп. / Л. В. Терешкин. – М. : Транспорт, 1990. – 152 с.
 6. Самошкин, С. Л. Повышение тягово-энергетических показателей приводов вагонных генераторов пассажирских вагонов [Текст] / С. Л. Самошкин // Тяжелое машиностроение. – 1997. – № 6. – С.14-17.
 7. Самошкин, С. Л. Исследование возможности повышения тягово-энергетических показателей серийных клиноременных приводов генераторов пассажирских вагонов [Текст] / С. Л. Самошкин // Тяжелое машиностроение. – 1999. – № 3. – С. 32-36.
 8. Самошкин, О. С. Совершенствование генераторно-приводных установок пассажирских вагонов. [Текст] / О. С. Самошкин // Железнодорожный трансп. – 2011г. – № 10. – С. 56-59.
- Надійшла до редколегії 14.12.2011.
Прийнята до друку 20.12.2011.

И. Ю. ХОМЕНКО

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПРИВОДА ГЕНЕРАТОРА ОТ ТОРЦА ОСИ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ

Рассмотрена возможность увеличения тяговой мощности привода ТРК от торца оси с целью обеспечения энергией системы кондиционирования пассажирского вагона при двухгенераторной системе энергоснабжения. Проведены испытания ремней ХРС немецкой фирмы «Continental ContiTech», которые подтвердили возможность их использования с целью улучшения характеристик привода.

Ключевые слова: привод генератора от торца оси колесной пары, клиноременная передача

I. Yu. KHOMENKO

BELT DRIVE CONSTRUCTION IMPROVEMENT

The possibility of the traction capacity increase of the belt drive TRK is examined. This was done for the purpose of air conditioning system of passenger car with double-generator system energy supplying. Belts XPC (made by the German firm «Continental ContiTech») testing were conducted. The results confirmed the possibility of their usage in order to improve belt drive TRK characteristics.

Keywords: belt drive, multiple V-belt drive

ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ НАПЛАВЛЕННЯ

В роботі розглянуто фактори, що впливають на надійність технологічного процесу наплавлення. Представлені результати аналізу причин, що викликають появу дефектів та відхилення від заданих механічних властивостей. Показано, що одним із важливих факторів, що впливають на надійність технологічного процесу наплавлення, є електричні режими, параметри яких залежать не тільки від встановлення наплавником-оператором, а й від якості живлячої енергії. Звернуто увагу на вплив параметрів процесу на надійність при багат шаровому наплавленні.

Ключові слова: технологічний процес, надійність, наплавлення, відновлення деталей

Підвищення надійності будь-якого технологічного процесу є актуальною та важливою проблемою всіх сфер виробництва, у тому числі й ремонтного на залізничному транспорті. Якщо підвищення надійності окремих деталей та вузлів пов'язано у першу чергу з безпекою руху, то забезпечення високого рівня надійності технологічних процесів пов'язане з економічними показниками. Останнє нескладно пояснити вилученням бракованих відновлених деталей (за умови перевірки якості вихідної продукції). Відхилення від заданих параметрів технологічного процесу за межі допустимого приводить до браку деталей. Зрозуміло, що до більш відповідальних деталей висувають більш високі вимоги, тобто звужують допустимі межі. Таким чином, збільшення кількості браку приводить до здороження деталей та всього об'єкту в цілому.

Високі вимоги, що пред'являють до деталей рухомого складу залізниць пов'язані з затратами на виготовлення та ремонт локомотивів та вагонів, і головне, з безпекою руху. Тому питання підвищення надійності експлуатації та ремонту рухомого складу залишаються і будуть актуальними.

Ремонтне виробництво складається з багатьох складових, одною з яких є відновлення деталей. На даний час найбільш поширеними технологіями відновлення, які використовують у ремонтному виробництві залізниць є наплавлення, газотермічне напилення та електролітичні методи.

Наплавлення є найбільш розповсюдженою технологією відновлення деталей. У той же час, сама технологія наплавлення має багато видів, основними серед яких є наплавлення під шаром флюсу, у середовищі захисних газів, автоматичне, полуавтоматичне, ручне, плазмове, вібродугове, самозахисними порошковими дротами,

приварювання стрічки, багатоелектродне та інші. Крім того, при великих зносах та для отримання «особливих» якостей застосовують багат шарове наплавлення.

Дослідженням процесів наплавлення присвячена велика кількість наукових робіт. У багатьох роботах проведено аналіз причин виникнення дефектів та надані рекомендації по їх запобіганню [1–8], однак досліджень з оцінки надійності технологічного процесу недостатньо.

Деталі рухомого складу в основній масі виготовляють з конструкційних маловуглецевих сталей; за легуванням використовують малолеговані та середньо леговані; за способом отримання – це прокатні та литі сталі. Як відомо, на якість наплавлення найбільше впливають хімічний склад основи та напавленого матеріалу, їх фізико-хімічні властивості, фазова структура, зміна та навіть швидкість зміни фазової структури при наплавці.

Головною метою даної статті є оцінка надійності технології наплавлення і, зокрема, шаруватого. Складність полягає в тому, що необхідно оцінити надійність за декількома показниками. Не вдаючись у детальні пояснення, оскільки це є предметом досліджень окремої роботи, зупинимось на деяких моментах. Згідно з основною ідеологією розробленої технології шаруватого наплавлення, проміжні шари виконують по-перше, роль з'єднувального шару між основним металом та робочим шаром, що є загально відомим, а по-друге, ці шари повинні сприяти покращенню механічних властивостей, наприклад, зносостійкості, втомній міцності напавлених деталей. Як відомо, при напавленні виникають внутрішні напруження, які залишаються у вигляді залишкових напружень й після кінцевої обробки. Для зменшення залишкових напружень застосовують, як правило,

відпал. Однак проводити відпал не завжди є можливим та доцільним, крім того вказана операція не завжди повністю знімає залишкові напруження, які, у свою чергу, можуть приводити до появи тріщин після наплавлення або в процесі експлуатації. Крім того, являючись концентраторами напружень, вони зменшують втомлену міцність, що є небезпечним для багатьох циліндричних деталей. Як показали наші дослідження, якщо проміжний шар задовольняє вимогам необхідної якості наплавленого шару, але при цьому він володіє відносно високою пластичністю, то внутрішні напруження зменшуються, а, наприклад, втомлена міцність збільшується. При розробці технології наплавлення відповідно до плану проводили підбір наплавочних матеріалів та режимів під них. По досягненню бажаних результатів отриманих механічних властивостей оцінювали рівень дефектності наплавлених шарів. При незадовільних результатах корегували режими наплавлення до отримання задовільних результатів. Оскільки однозначний зв'язок між вхідними факторами, вихідними параметрами та вартістю процесу отримати доволі складно, то дане питання потребує теоретичного дослідження.

Під надійністю технологічного процесу наплавлення будемо розуміти його здатність забезпечувати задані властивості наплавлених шарів та допустиму дефектність у встановленому проміжку часу. Наплавлення, як і багато інших технологічних процесів відновлення деталей, є складною системою з багатьма ланками, які певним чином впливають на процес. Одними з головних чинників, що впливають на надійність процесу наплавлення є попередня підготовка наплавочних матеріалів та поверхонь деталей; матеріал наплавочних матеріалів; режими наплавлення; фінішна обробка наплавлених деталей. Крім того, процес наплавлення та деякий час після його закінчення може супроводжуватися появою допустимих та недопустимих дефектів. Таким чином, можна умовно визначити, що надійність процесу наплавлення залежить від вхідних факторів, які впливають на вихідні контрольовані параметри, наприклад, фізико-механічні властивості відновленої деталі, та факторів, що впливають на появу дефектів. Спрощена структурна схема технологічного процесу наплавлення представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структурна схема процесу наплавлення:

x_i – вхідні фактори; y_i – вихідні параметри; z_{ni} – фактори попередньої підготовки;

z_{ni} – фактори процесу наплавлення; $z_{\phi i}$ – фактори фінішної обробки

У представлений схемі до вхідних факторів x_i можна віднести геометричні параметри та механічні властивості деталей, що підлягають відновленню. Вихідні параметри y_i – це комплекс вихідних властивостей, що характеризують відновлені деталі. Фактори самого процесу z_{ni} , z_{ni} , $z_{\phi i}$ включають всі дії направлені на реалізацію технологічного процесу відновлення деталі, включаючи фактори пов'язані з неконтрольованими діями зовнішнього середовища.

У свою чергу, кожний з блоків (рис. 1) складається з декількох підблоків. Важливу роль, що суттєво впливає на надійність процесів відновлення, у тому числі наплавленням, відіграє попередня підготовка, головною метою якої є очищення поверхні та наплавочних матеріалів від різного роду забруднень, окислів та інше.

Також задачею підготовки є придання деталі необхідної форми, зняття наклепаного шару, видалення поверхневих та приповерхневих дефектів, утворених під час експлуатації та активування поверхні. Не менше значення має стан відновлюючих матеріалів, неякісна підготовка яких приводить до появи різного роду дефектів.

На отримання кінцевих фізико-механічних властивостей впливає фінішна обробка. Правильний підбір режимів обробки наплавленої деталі токарною проточкою та шліфуванням (при необхідності) забезпечують отримання закладених вихідних параметрів таких, як чистота поверхні та механічні властивості деталі, наприклад, твердість. Відомо, що недотримання раціональних режимів обробки може суттєво погіршити отримані після наплавлення властивості поверхні. Питаннями попередньої підго-

товки та кінцевої обробки займається досить широке коло науковців, але в даній роботі ці питання розглядаються, як пасивні ділянки структури. Тобто приймаємо, що якість цих операцій в загальному сенсі є задовільною, а на підставі аналізу статистичних даних враховуємо імовірність виникнення браку від цих двох блоків. Тобто неякісна попередня підготовка приводить до появи дефектів (інакше браку), а

неякісна фінішна обробка до виходу за встановлені межі властивостей (також браку) і ця частка браку враховується. Розглянемо більш детально фактори, що впливають на якість наплавлення та наплавленої деталі.

Згідно запропонованої моделі зобразимо структурну схему надійності технологічного процесу наплавлення (рис. 2).

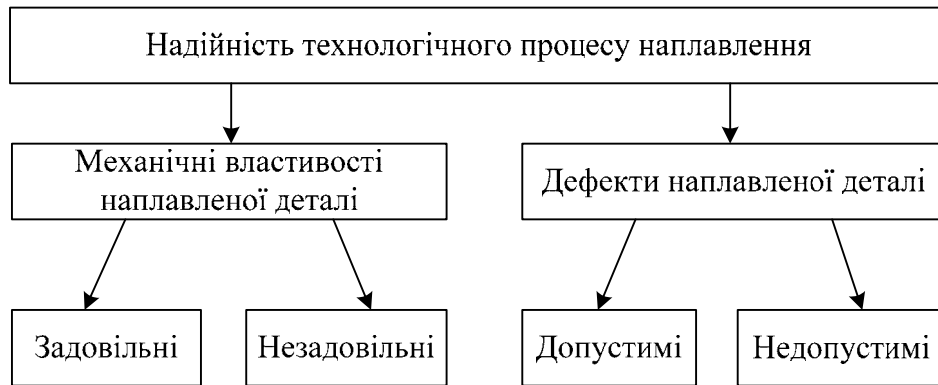


Рис. 2. Структурна схема надійності технологічного процесу наплавлення

Серед механічних властивостей наплавленої деталі, які представляють інтерес відмітимо твердість, зносостійкість та втомну міцність. Вказані властивості обрані з таких міркувань: зносостійкість та втомна міцність головним чином визначають ресурс деталей, а твердість пов'язана з іншими механічними властивостями, й при цьому найбільш легко визначається у промислових умовах. Зауважимо, що в даний перелік не увійшов такий показник, як міцність зчеплення. Це пов'язано з тим, що при якісному наплавленні міцність зчеплення близька до межі міцності самого матеріалу у наслідок природи утворюваних зв'язків між поверхнею деталі та наплавленим шаром. Якщо ж відбувається відшаровування наплавленого шару від основи, то це є однозначним браком і він буде врахований у блоці «дефекти наплавленої деталі», як недопустимий. Крім того, відзначимо, що деякі дефекти наплавлення мають взаємний зв'язок з механічними властивостями.

Розглянемо дефекти, що впливають на якість та надійність технологічного процесу наплавлення. Згідно з ГОСТ 30242-97 дефекти зварювання розділяють на шість груп: тріщини, пори (порожнини), несплавлення та непровари, тверді включення, порушення форми шву, інші дефекти. У той же час процеси зварювання та наплавлення хоча і є спорідненими, однак в них є певні принципи розбіжності. Головними дефектами наплавлення є тріщини у наплавленому шарі та в перехідній зоні (зоні сплавлення з основним металом); пори; несплавлення шару з

основним металом; шлакові включення (особливо при багатшаровому наплавленні), порушення ширини та висоти наплавочного валика [1, 3]. При цьому дефекти можуть бути зовнішніми та внутрішніми.

Не викликає сумніву, що найбільш небезпечним дефектом є тріщина. Важливою особливістю різних способів відновлення деталей, особливо при наплавленні є те, що зароджена у відновлювальному шарі тріщина розвивається, переходить у основний метал деталі, руйнуючи його. Тому прийняття всіх заходів по недопущенню цього дефекту є важливою задачею. Тріщини поділяють на гарячі (виникають при температурі вище 1000 °С) та холодні (умовно нижче 1000 °С, в більшості випадків у процесі охолодження нижче 200...300 °С). Згідно з [1-3, 6-8] гарячі тріщини виникають при міжкристалітному руйнуванні металу наплавленого валику та навколо нього, яке виникає в твердорідинному стані під час кристалізації. Такі тріщини розповсюджуються по межах зерен. Під час кристалізації відбувається накопичення забруднень та домішок між зернами, виникають внутрішні напруження в наслідок нерівномірності усадок наплавленого валику та основного металу. Перераховане в комплексі з наявністю рідких фаз сприяє появі мікро- та макротріщин [3]. Причинами, що викликають появу гарячих тріщин є наявність шкідливих домішок в металі; наявність в металі валику елементів з низькою температурою твердіння, що порушують зв'язок між зернами; недотримання темпу охо-

лодження наплавленої деталі [1]. Зменшити ймовірність виникнення гарячих тріщин можна знижуючи частки основного металу, зменшуючи крок наплавлення, підігриваючи перед наплавленням деталі. Відомо, що підігрів деталей зменшує величину та швидкість наростання розтягуючих напружень, які починають утворюватись, коли наплавлений метал за часом і по температурі вже придбав високі пластичність і міцність. Зменшення частки основного металу у наплавленому шарі досягається зниженням сили струму дуги; при цьому треба розуміти, що зменшення струму дуги та кроку наплавлення приводить до зниження продуктивності процесу, а додатковий підігрів повинен бути економічно виправданим. Як вже зазначалось вище, значно зменшити внутрішні напруження дозволяє багатошарове наплавлення, де в якості підшару використовують низьковуглецеві сталі. Доцільність використання багатошарового наплавлення особливо проявляється при значних зносах. Такий висновок можна зробити на підставі досліджень з визначення тріщиностійкості різних порошкових твердих сплавів, які показали, що зі збільшенням товщини металу, що наплавляється, процес тріщиноутворення активізується [8].

Холодні тріщини проходять як між зернами, так і крізь зерен при охолодженні наплавлених деталей. Як правило, холодні тріщини виникають у перехідній зоні при наплавленні малолегованої сталі значної товщини. Причинами появи холодних тріщин можуть бути помилки при виборі металу, що наплавляють та режимів охолодження [2].

Несплавлення нанесеного шару з основою деталі також є досить небезпечним, оскільки може спровокувати утворення та розвинення тріщин або привести до відділення від основного металу. В обох випадках це може привести до виникнення небезпечних ситуацій, тому дефект «несплавлення» неприпустимий. Несплавлення виникає у наслідок недостатнього очищення поверхонь, порушення режимів наплавлення, неправильного вибору швидкості подачі наплавочного матеріалу та інше [1, 2].

Наявність пор знижує зносостійкість та міцність відновлених деталей. Пори та неметалеві включення в наплавленому шарі являють собою концентратори напружень, які сприяють при певних умовах появі та розвитку тріщин. Однак, як відомо, руйнуванню металу спочатку передує його локальна течія, причому із збільшенням включень збільшується зона пластичної деформації. Наявність пор супроводжується

виникненням напружень в наслідок значного тиску газу в порах. Пори виникають, як правило, при недотриманні технології наплавлення, використанні вологого флюсу, неякісній підготовці поверхонь, недостатньому захисті наплавочної ванни від дії зовнішнього середовища та інше. Зменшити пористість можна застосуванням постійного струму зворотної полярності, нагріванням деталі, що знижує швидкість кристалізації наплавленого металу [8].

Шлакові включення також зменшують міцність відновлених деталей в наслідок появи концентраторів напружень. Вказаний дефект виникає підчас багатошарового наплавлення при недостатньому очищенні наплавлених шарів від шлакової корки [1]. Мінімальний розмір неметалевих включень, який не приводить до появи тріщин, тобто безпечні за розміром можуть бути до 5 мкм [4]. Крім того, наявність неметалевих включень може приводити до значних напружень при збільшенні температури в процесі експлуатації, що пов'язано з різними коефіцієнтами термічного розширення включень та металу, що оточує це включення. Напруження, що виникають при цьому можуть привести до руйнування навіть без прикладання зовнішнього навантаження [3]. З іншого боку, при прикладанні навантаження, за рахунок різниці пружно-пластичних властивостей металу та включень можуть виникати їх роз'єднання з утворенням порожнин, які створюють умови для появи тріщин. Також можна припустити, що на межі включення та оточуючого металу можливе накопичення дислокацій.

Зрозуміло, що отримати ідеальний, без дефектів наплавлений шар складно, однак необхідно мінімізувати кількість та розміри дефектів. До того ж, відновлені відповідальні деталі передбачають проведення ретельної перевірки (діагностики). У той же час, на підставі досліджень [3, 4, 8] можна стверджувати, що не всі дефекти є небезпечними, наприклад, не всі тріщини приводять до руйнування. Так, за даними [4] допустима довжина тріщини складає $(2...2,5) \cdot 10^{-3}$ м для маловуглецевої сталі на розтяг. Критична довжина втомленої тріщини в залежності від межі втомної міцності сталі при $\sigma_{-1} = 735...225$ МПа змінюється в межах $(0,9...2,5) \cdot 10^{-3}$ м, а для високоміцнісної сталі довжина тріщини не повинна перевищувати 14 мкм [5]. Тобто із збільшенням міцності металу зменшується допустима величина тріщини.

Як показує практика, у багатьох випадках дефекти появляються внаслідок відхилень від

встановлених режимів наплавочного процесу. Для визначення та підвищення надійності процесу наплавлення систематизуємо причини, що викликають розглянуті вище дефекти. Згідно з [2, 9, 1, 3, 10] основними причинами, що приводять до появи дефектів є:

- порушення технології наплавлення;
- неправильно обрані режими наплавлення;
- неякісна підготовка матеріалів та поверхні відновлювальної деталі;
- неправильно підібрані поєднання матеріалів.

Перераховані причини головним чином пов'язані з кваліфікацією та досвідом розробників, технологів, наплавників та обслуговуючого персоналу. Розглянемо приклад. При більш детальному розгляді дослідники встановили, що до дефектів (тріщин) приводить підвищений вміст вуглецю, сірки та фосфору, легуючих елементів – результат неякісного матеріалу або помилка при виборі матеріалів; недостатній підігрів масивних деталей (при необхідності), їх мала жорсткість, висока швидкість охолодження деталі після наплавлення – має місце помилка вибору режимів підготовки, наплавлення та охолодження напавленої деталі; неправильні електричні режими наплавлення – помилка підбору струму та напруги дуги.

Електричні режими мають одне з важливих значень, що впливає на структуру та властивості отриманого напавленого шару, а також наявності дефектів. Наприклад, завищене значення струму може приводити до окрихтування ділянок структури поверхні, занижений струм – до появи несплавів. Однак, крім фактору, пов'язаного з помилками наплавника, порушення режимів наплавлення може бути наслідком дії незалежних факторів, наприклад, коливаннями напруги, що живить обладнання (джерело живлення). Сучасні установки для зварювання та наплавлення, як правило, мають стабілізацію напруги дуги, що дозволяє не тільки стабілізувати напругу при її коливаннях у живлячій мережі, але й при певних незначних змінах відстані між електродом та деталлю утримувати заданий струм. Однак установки, що використовують на ремонтних виробництвах, переважно стабілізації не мають, тому коливання вхідної напруги приводить до змін вихідних електричних параметрів. Також коливання напруги може впливати на обертовий момент подавального механізму, що приводить до зміни частоти обертання роликів, а значить швидкості подачі наплавочного дроту. Коливання напруги можуть бути вельми суттєвими,

враховуючи потужність споживачів електричної енергії, наприклад, такими є електровози та електропоїзди, що заходять в депо (завод), вмикання (вимикання) установок великої потужності. Оскільки для умов ремонтного виробництва залізниці наявність потужних споживачів та коливання в мережі напруги є природним і достатньо частим явищем, то нехтувати цим фактором неможна. Зрозуміло, що величина відхилень вхідної напруги, а також частота цих відхилень є випадковими і залежать від багатьох факторів. На підставі спостережень та аналізу стану якості електричної енергії на підприємствах залізничного транспорту витікає, що відхилення живлячої енергії від нормованих бувають суттєвими, залежать від інтенсивності вмикання-вимикання потужних приймачів, їх потужності, характеру навантаження, наявності систем захисту від дії спотворень електричної енергії, негативно впливають на технологічні процеси, у тому числі зварювально-наплавочні й нехтувати даним фактором не можна. Особливо, зміна напруги (стрибки) негативно впливають на процеси наплавлення на крупних ремонтних підприємствах, де існує велика кількість потужних споживачів. Однак зауважимо, що не всі наплавочні технології чутливі до перепадів напруги, наприклад, автоматичне наплавлення під шаром флюсу. Відхилення, що вдалося виявити при цьому методі на якість наплавлення фактично не впливали. У той же час, полуавтоматичне наплавлення, й особливо, самозахисними порошковими дротами до зміни електричних режимів чутливі. Сказане можна коротко пояснити потраплянням повітря в зону плями наплавлення при пониженій напрузі та, як наслідок, утворення пор в напавленій поверхні.

Структурна схема надійності технологічного процесу наплавлення з врахуванням основних причин, що викликають дефекти та відхилення від заданих механічних властивостей представлена на рис. 3.

Зробимо деякі пояснення до структурної схеми (рис. 3). У блоці «допустимих» дефектів не вказані їх розміри, оскільки вони залежать від конкретних матеріалів та умов експлуатації. Основні причини, що приводять до недопустимих дефектів мають такі узагальнення. «Незадовільна підготовка поверхні деталі» включає очищення та механічну підготовку поверхні деталі. «Незадовільна термічна підготовка поверхні деталі» – недостатній або відсутній нагрів деталі при необхідності цієї операції. «Відхилення від раціональних режимів наплавлення деталі» – порушення режимів по швидкості по-

дачі дроту, флюсу, захисних газів, кроку наплавлення, швидкості обертання деталі, довжина вильоту та зміщення з zenіту електроду, швидкість наплавлення. «Відхилення від раціональних електричних параметрів» може виникати по декільком причинам, деякі з них визначені раніше – це помилка вибору електричних параметрів, коливання в живлячій мережі. Також

негативно впливати на стабільність горіння дуги може поганий контакт між струмовідводом та електродом [10]. Із спостережень за процесами наплавлення було виявлено, що іноді наплавники для збільшення продуктивності змінюють електричні режими, посилюючи їх, і тим самим відбувається умисне відхилення від заданих параметрів.

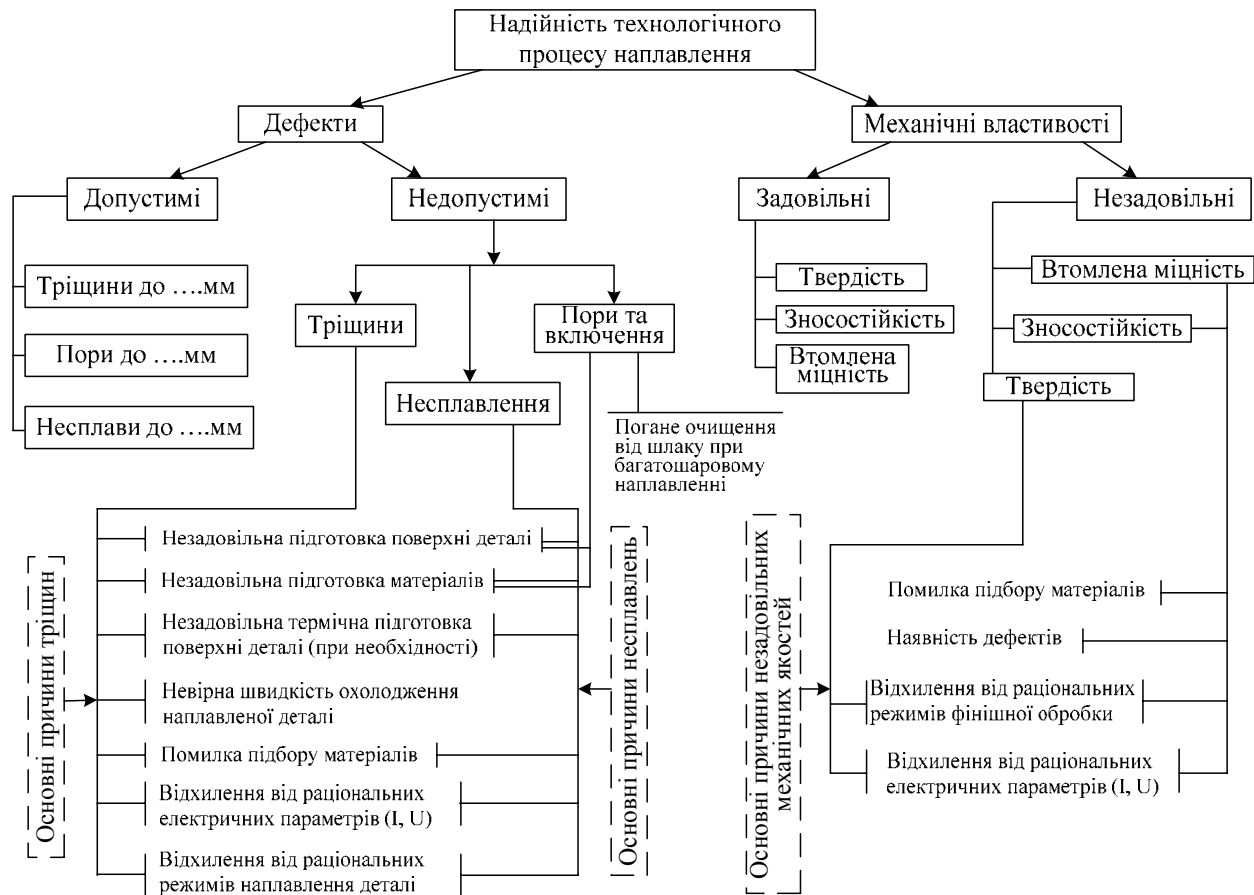


Рис. 3. Розширена структурна схема надійності технологічного процесу наплавлення

У відповідності до представленої структурної схеми оцінки надійності технологічного процесу наплавлення (рис. 3) та вибраної системи відповідних показників був проведений збір даних по якості напавлених деталей на електровозоремонтному заводі та в локомотивних депо з об'ємом поточного ремонту ПРЗ на протязі одного року. На базі цих спостережень була створена база даних для подальшого статистичного аналізу.

У математичному плані досліджуваній об'єкт будемо описувати набором показників $\Omega = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$, інформацію про які подамо у вигляді матриці експериментальних значень X :

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1N} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{M1} & x_{M2} & \dots & x_{MN} \end{bmatrix}, \quad (1.1)$$

де M – число рядків, що відповідає числу спостережень за певний проміжок часу;

N – кількість стовпців, відповідних числу показників;

x_{ij} – значення j -го показника в i -му спостереженні.

Надалі будемо вважати, що $M > N$. Коротко зупинимося на основних моментах первинного аналізу даних, оскільки цей етап моделювання суттєво впливає на подальшу точність оцінки надійності технологічного процесу.

У процесі обробки експериментальних даних зіткнулися з певними труднощами, такими як: різна розмірність величин; відсутність деяких даних; наявність підозрілих значень спостережуваних величин.

Важливим моментом аналізу є перевірка даних на наявність «сплесків» з їх подальшою обробкою. Цензурування даних (усунення ефекту викидів) проводиться або за допомогою видалення цих точок з даних, або за допомогою застосування методів оцінювання параметрів, стійких до грубих відхилень (наприклад, метод найменших модулів).

В якості найбільш простих процедур цензурування часто використовують наступні:

- візуалізація даних, коли за допомогою графічного представлення інформації виявляються багато закономірностей, абсолютно неочевидні серед безлічі числових значень;

- аналіз деяких числових характеристик досліджуваних показників. Наприклад, про наявність викидів можна говорити при порівнянні таких величин як середнє вибіркоче і мода, якщо ці характеристики суттєво відрізняються між собою для вибраної ознаки (оскільки відомо, що середнє вибіркоче дуже чутливо до сплесків, а модальне значення досліджуваної ознаки володіє властивістю робастості);

- якщо підтверджуються гіпотези про нормальний розподіл показників x_i , то при цензуруванні даних може застосовуватися правило «трьох σ »:

$$P \cdot \{ \varepsilon_i < 3\sigma_i \} = 0,9973,$$

де $\varepsilon_i = x_i - \bar{x}_i$, \bar{x}_i – середнє вибіркоче x_i .

Очевидно, що найбільш простою методикою цензурування даних є візуалізація, однак при великій кількості даних, як в нашому випадку, дану методику застосувати не представляється можливим. Процедура цензурування з застосуванням нормального закону також є малоефективною, оскільки потребує невиправданих витрат часу, тим більше, що розглядувані показники можуть мати інший закон розподілу. Тому серед перерахованих методик виключення сплесків найбільш прийнятною виявилась така, що пов'язана з аналізом числових даних та порівнянням середнього вибіркового значення з модою по кожному показнику якості.

На точність оцінки можуть суттєво впливати пропущені дані при їх зборі, але не завжди можливо отримати всі необхідні дані. Тому при початковому аналізі даних необхідно було звернути увагу і на цей момент. Розглянемо коротко методику розв'язання даної задачі. Якщо

число спостережень суттєво перевищує число показників ($M \gg N$), тоді рядки, які містять пропуск хоча б по одному показнику, виключають з матриці спостережень X . Якщо виключати дані не можна в силу їх невеликого обсягу, тоді застосовують різні методи відновлення відсутніх значень. Серед них найбільш універсальний метод запропонований С. А. Айвазяном, заснований на припущенні, що об'єкти, які мало відрізняються по k властивостям, мають приблизно таке ж значення $(k+1)$ властивості. При обробці файлів з пропущеними даними в середовищі «Statistica» всім порожнім коміркам електронної таблиці присвоюється Missing Data Code – Код пропущених даних (за замовчуванням він дорівнює – 99999). Далі за спеціальними процедурами дослідник може:

- усунути пропущені дані з обчислень;
- замінити їх середнім значенням;
- інтерполювати пропущені значення.

Оцінити якість відновленої інформації можна, наприклад, так: з матриці спостережень X випадковим чином виключається частина дослідних значень, а пропуски заповнюються за допомогою обраної процедури. Міра відхилення дійсних значень від тих, що отримані в результаті відновлення, і визначає якість виконання завдання.

В нашому випадку число спостережень значно перевищує кількість показників, тобто виконується умова $M \gg N$, але в силу певної специфіки виключати дані отриманих спостережень неможливо. Зазначене можна пояснити тим, що пропуски даних є фактично у кожних рядках, оскільки специфіка збору даних допускає можливість їх неотримання в силу низки причин, наприклад, людський фактор, поломка приладів контролю, відсутність контролю на деяких етапах спостережень та інші, а виключення масиву даних приведе до значних помилок при їх аналізі. Тому нами було використано методику С. А. Айвазяна, а саме інтерполяцію пропущених значень.

Отримані величини показників x_i з різними розмірностями приводили до безрозмірних за відомим способом нормування, а саме:

$$x_i = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\sigma_i},$$

де \bar{x}_i – середнє значення показника;

σ_i – середньоквадратичне відхилення.

Таким чином, виконавши наведені вище процедури отримали розподіл причин появи

дефектів та відхилень механічних властивостей від очікуваних (табл. 1, рис. 4). Зауважимо, що причина «помилка підбору матеріалів» в таблицю не внесена, оскільки проблема, що

пов'язана з даною причиною вирішується на етапі проектування, тому розглядати її немає сенсу.

Таблиця 1

Розподіл причин появи дефектів та відхилень механічних властивостей для наплавлення у середовищі вуглецевого газу

	Причини появи дефектів та незадовільних механічних якостей						
	Незадовільна підготовка поверхні та матеріалів	Незадовільна термічна підготовка поверхні деталі	Невірна швидкість охолодження напавленої деталі	Відхилення від раціональних електричних параметрів	Відхилення від раціональних режимів наплавлення	Погане очищення від шлаку при багатопрошаровому напавленні	Відхилення від раціональних режимів фінішної обробки напавленої деталі
Номер причини	1	2	3	4	5	6	7
Частка, %	36	8	7	5	26	-	18
Коефіцієнт варіації	0,9	0,2	0,5	0,6	1,2	-	1,1

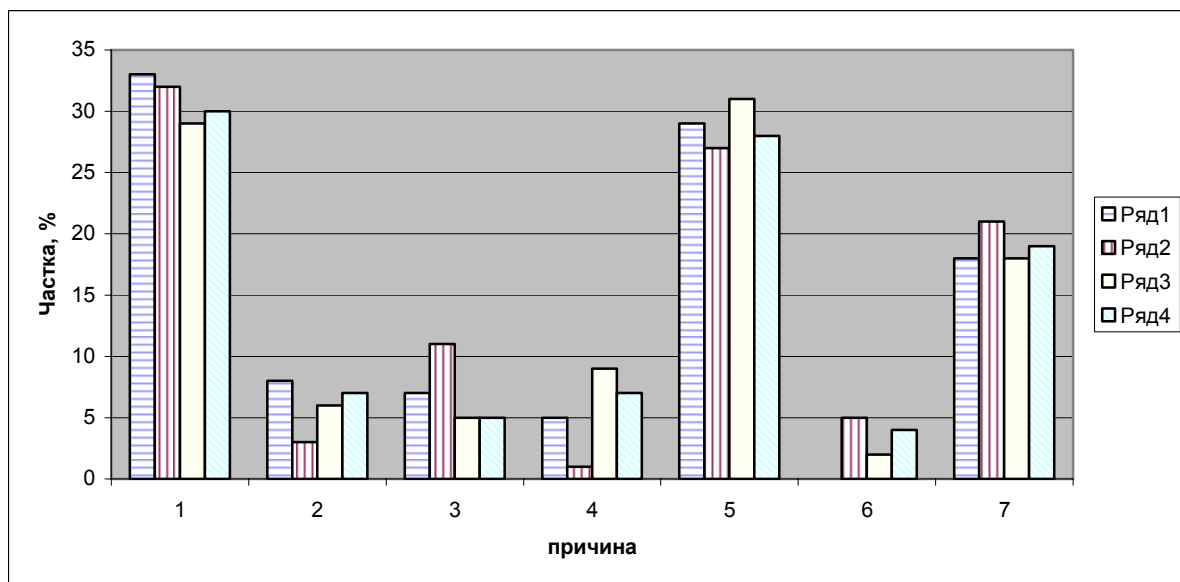


Рис. 4. Розподіл причин появи дефектів та відхилень механічних властивостей: ряд 1 – напівавтоматичне наплавлення у середовищі вуглецевого газу; ряд 2 – автоматичне під шаром флюсу; ряд 3 – напівавтоматичне наплавлення порошковими дротами; ряд 4 – ручне наплавлення

З наведеного вище аналізу можна зробити такі висновки: найбільш суттєвими причинами, що впливають на якість наплавлення є попередня підготовка поверхонь деталей та матеріалів, фінішна обробка напавлених деталей та режими наплавлення. Важливим є той факт, що для всіх видів наплавлення, які використовують у ремонтному виробництві залізниць вказані причини є найбільш домінуючими, хоча і з дещо різними частками, причому попередня підготовка деталей і матеріалів та режими наплав-

лення впливають на надійність наплавлення, а фінішна обробка на механічні властивості напавленої деталі. З останнього витікає, що для підвищення надійності процесу наплавлення саме ці причини підлягають першочергового розглядання та втручання. Також треба звернути увагу на коефіцієнт варіації, зокрема, домінуючих причин. Частково вирішити проблему підвищення надійності наплавлення можна за рахунок більш якісної попередньої підготовки поверхонь, а саме, крім їх ретельного очищення

проводити механічне зняття дефектного поверхневого шару, чого на деяких підприємствах на даний час не роблять; здійснювати контроль поверхонь перед наплавленням та безпосередньо режимів наплавлення; відповідальні деталі повинні наплавляти зварники високої кваліфікації; при необхідності обов'язково проводити термічну обробку наплавлених деталей для зняття залишкових напружень; чітко дотримання розроблених технологічних карт; інші засоби. Відхилення за допустимі межі встановлених параметрів технологічного процесу наплавлення приводить до браку наплавлених деталей, причому кількість бракованих деталей може сягати 40 %, що неприпустимо. Крім того, з аналізу даних випливає, що на надійність багат шарового наплавлення додатково впливає якість очищення від шлакової корки під час процесу, особливо при автоматичному наплавленні під шаром флюсу. Для підвищення надійності багат шарового наплавлення можна рекомендувати більш ретельне очищення наплавлених шарів від шлаку.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Справочник сварщика [Текст] / под ред. В. В. Степанова. Изд. 3-е. – М.: Машиностроение, 1974. – 520 с.
2. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением [Текст] / под ред. Б. Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974. – 768 с.

3. Деев, Г. Ф. Дефекты сварных швов [Текст] / Г. Ф. Деев, И. Р. Пацкевич. – К.: Наук. думка, 1984. – 208 с.
4. Финкель, В. М. Физические основы торможения разрушения [Текст] / В. М. Финкель. – М.: Металлургия, 1977. – 360 с.
5. Иванова, В. С. Прогнозирование вязкости разрушения и других механических свойств с использованием критериев подобия [Текст] / В. С. Иванова, Л. Р. Ботвина, Л. И. Маслов. – В кн.: Усталость и вязкость разрушения. – М.: Наука, 1974, с. 3 – 35.
6. Подгасецкий, В. В. Пори, включения и трещины в сварных швах [Текст] / В. В. Подгасецкий. – К.: Техніка, 1972. – 236 с.
7. Фромм, Е. Газы и углерод в металлах [Текст] / Е. Фромм. – М.: Металлургия, 1980. – 711 с.
8. Власов, В. М. Влияние дефектов, возникающих в процессе наплавки, на механические характеристики металла [Текст] / В. М. Власов, Л. М. Нечаев, Н. Б. Фомичева, Е. В. Фомичева // Современные наукоемкие технологии. – 2004. – № 1. – С. 9–11 URL: www.rae.ru/snt/?section=content&op=show_article&article_id=3049.
9. Походня, И. К. Сварка порошковой проволокой [Текст] / И. К. Походня, А. М. Суптель, В. Н. Шлепаков. – К.: Наук. думка, 1972. – 223 с.
10. Молодык, Н. В. Восстановление деталей машин [Текст]: справочник / Н. В. Молодык, А. С. Зенкин. – М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.

Надійшла до редколегії 19.12.2011.

Прийнята до друку 20.12.2011.

V. V. ARTEMCHUK, N. A. MUKHINA

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ НАПЛАВКИ

В работе рассмотрены факторы, влияющие на надежность технологического процесса наплавки. Представлены результаты анализа причин, вызывающих появление дефектов и отклонения от заданных механических свойств. Показано, что одним из важных факторов, влияющим на надежность технологического процесса наплавки, являются электрические режимы, параметры которых зависят не только от установленных наплавщиком-оператором, но и от качества питающей электрической энергии. Рассмотрено влияние параметров на надежность процесса при многослойном наплавке.

Ключевые слова: технологический процесс, надежность, наплавка, восстановление деталей

V. V. ARTEMCHUK, N. A. MUKHINA

EVALUATION OF RELIABILITY SURFACING

The paper discusses the factors affecting the reliability of the welding process. Results of the analysis causes the appearance of defects and deviations from the specified mechanical properties. It is shown that one of the important factors affecting the reliability of the process of surfacing, are electric modes, whose parameters depend not only on established welding - operator, but also on the quality of the supply of electrical energy. The influence of parameters on the reliability of the process in a multilayer cladding.

Keywords: process, safety, welding, restoration parts

МЕТОДИ НЕРОЗБІРНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ДИЗЕЛІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ

Проводиться огляд методів безрозбірного діагностування тепловозного дизеля та аналіз методу діагностування за нерівномірністю частоти обертання колінчатого валу.

Ключові слова: дизель, методи діагностування дизеля, нерівномірність обертання колінчатого валу, діагностичні параметри

Одним з важливих заходів забезпечення і підтримки надійності технічних об'єктів є поступовий перехід від планово-попереджувальної системи ремонту рухомого складу до технічного обслуговування за фактичним технічним станом. Система утримання за фактичним станом передбачає виконання ремонтів по мірі необхідності, а не через регламентовані терміни які інколи не відповідають реальній потребі у ремонті і призводять або до непотрібного передчасного розбирання механізмів, або до масштабних ремонтних робіт, які можна було б попередити ліквідацією несправності ще до появи аварійно небезпечного пошкодження. За даними Фленнсбурського дослідного інституту, 56 % розібраних за плановим ремонтним строком судових дизелів МАН були передчасними [1]. Крім того, кожне розбирання та складання вузлів викликає штучний процес припрацювання, під час якого підвищується інтенсивність зносу деталей і, як наслідок, зменшує загальний ресурс дизеля.

Перехід до експлуатації рухомого складу за фактичним технічним станом можливий лише за наявності ефективних автоматизованих систем нерозбірного технічного діагностування, призначених для оцінки стану технічних об'єкта, пошуку несправностей і визначення їх причин, прогнозування залишкового ресурсу механізмів і визначення термінів профілактичного ремонту без зайвого розбирання. Визначення технічного стану вузлів дизеля без його розбирання дозволить значно скоротити витрати на його ремонт, тому що вартість ремонту приблизно на 50 % складається з витрат на розбирання та складання.

Дизель тепловоза є складною термодинамічною, гідравлічною та механічною системою, що виконує функцію силової установки і від його технічного стану багато в чому залежить своєчасне виконання плану перевезень та безпека руху. Тому особливу увагу необхідно приділити дизелю, як одному з головних об'єктів діагностування на тепловозі.

Метою нерозбірного діагностування є визначення розрегулювання систем дизеля у процесі експлуатації та виявлення початкових ознак несправностей конструктивного та функціонального характеру.

Існуючі методи нерозбірного діагностування дизеля можна поділити на дві групи [2]:

Функціональний – передбачає контроль обладнання без виведення його з експлуатації. В якості контрольних режимів призначають експлуатаційні режими роботи обладнання.

Тестовий – передбачає виведення об'єкта діагностування з експлуатації та контроль параметрів при подачі на нього спеціального зовнішнього впливу (спостерігають за реакцією).

У процесі експлуатації дизеля на певних режимах роботи вимірюють заздалегідь визначений набір найбільш інформативних параметрів. Функціональні методи діагностування передбачають індивідуальну оцінку стану конкретного дизеля від початку функціонування і до кінця експлуатації. При цьому через певні, обґрунтовано вибрані проміжки часу проводять необхідні виміри. Всі вимірювання діагностичних параметрів повинні відбуватися за одних і тих же умов роботи. Як правило, це фіксовані ефективна потужність і частота обертання колінчастого валу.

Для систем, що реалізують методи функціонального діагностування можливі два варіанти виконання:

- збір інформації на тепловозі з подальшою обробкою на ЕОМ, розташованої у депо;
- збір та обробка інформації безпосередньо на тепловозі (бортова система). Така система здатна визначати невідкладні несправності та інформувати про них локомотивну бригаду.

Діагностичні параметри можна поділити на прямі, які безпосередньо характеризують стан об'єкта та непрямі, що зв'язані функціональними залежностями з прямими. Їм відповідають прямі та непрямі методи діагностування.

Найбільш ефективними з точки зору визначення кореляційних залежностей є прямі методи діагностування, серед яких наприклад, індичювання робочого процесу у циліндрі дизеля. Але використання більшості з прямих методів як правило потребує повного або часткового розбирання дизеля або його вузлів для проведення необхідних вимірювань. Непрямі методи більш складні для побудови кореляційних зв'язків у порівнянні з прямими методами. Прикладами непрямих методів можуть слугувати вібраційний, акустичний, непряме індичювання за допомогою визначення напруження у шпильках кришки циліндрів, оцінка величини зносу деталей за вмістом металу у моторній оливі, а також діагностування за нерівномірністю частоти обертання колінчастого валу. Переваги непрямих методів: відносна простота організації вимірювання та охоплення сигналів з декількох елементів діагностування одночасно, тобто інформація з одного каналу вимірювання здатна комплексно охарактеризувати технічний стан декількох елементів або систем дизеля.

При порівнянні індичювання та вимірювання нерівномірності обертання колінчастого

валу дизеля очевидно, що останній метод має суттєві переваги за інформативністю. Індичювання характеризує якість робочого процесу в окремому циліндрі, а вимірювання нерівномірності колінчастого валу являє собою комплексний показник, який характеризує роботу всіх систем, що забезпечують виконання робочого процесу всіма циліндрами дизеля.

Аналіз силових зв'язків у кривошипно-шатунному механізмі дизеля показує наявність впливу якості робочого процесу на девіацію колінчастого валу, тобто кореляційну залежність з індикаторним тиском. Індикаторний тиск діє на поверхню поршня, який передає більшу його частину через поршневий палець до шатуна. Останній передає зусилля на шийку колінчастого валу, де і виконується завершення перетворення поступового руху поршня у обертальне. Таким чином характер зміни індикаторного тиску можна прослідити у характері зміни обертового моменту колінчастого валу. Обертовий момент фізично зв'язаний з його кутовою швидкістю (рис. 1) та прискоренням.

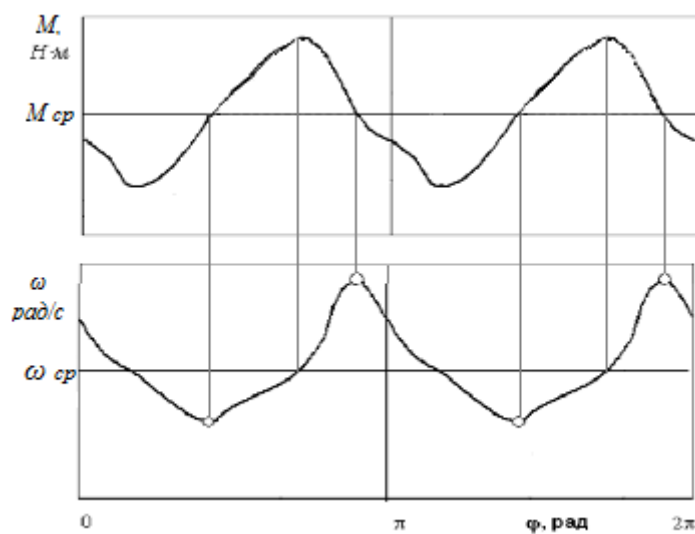


Рис. 1. Зміна обертаючого моменту M і кутової швидкості ω колінчастого валу за кутом обертання φ при рівномірній роботі циліндрів

Фізичний зв'язок нерівномірності кутової швидкості дозволяє відслідковувати вплив несправностей на індикаторний тиск через форму графіка нерівномірності кутової швидкості обертання колінчастого валу. На форму індикаторної діаграми впливають несправності паливної апаратури, циліндро-поршневої групи, газорозподільного механізму, системи наддування та випуску відпрацьованих газів. Одним з

суттєвих факторів, який визначає зміну тиску в циліндрі, є погіршення герметичності камери згоряння, що викликає зниження тиску стискання і, як наслідок, температури в кінці процесу стискання. Це є причиною погіршення розпилювання палива і зниження тиску спалаху. На рис. 2 приведена графічна інтерпретація впливу зносу верхнього компресійного кільця на форму графіка індикаторного тиску [2].

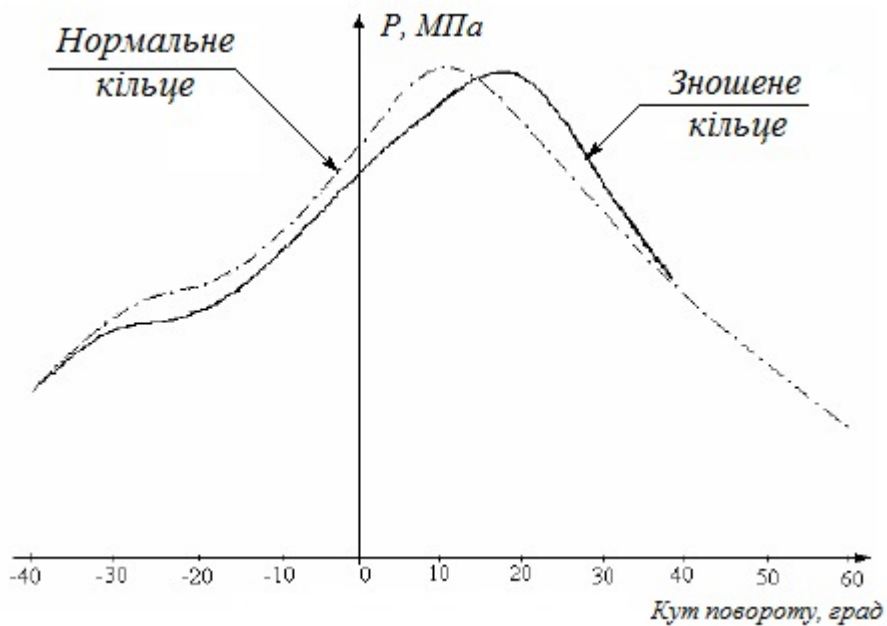


Рис. 2. Залежність індикаторного тиску від зносу верхнього компресійного кільця

Найбільший вплив на індикаторний тиск надають несправності паливної апаратури, тому що саме паливна апаратура забезпечує своєчасність і якість подачі палива у камеру згоряння. При несправності форсунки, наприклад при заоксуюванні розпилюючих отворів, спостеріга-

ється зниження циклової подачі палива і, як наслідок, зменшення середнього індикаторного тиску. Порівняння індикаторних діаграм при нормальній роботі форсунки та при зменшенні циклової подачі наведено на рис. 3.

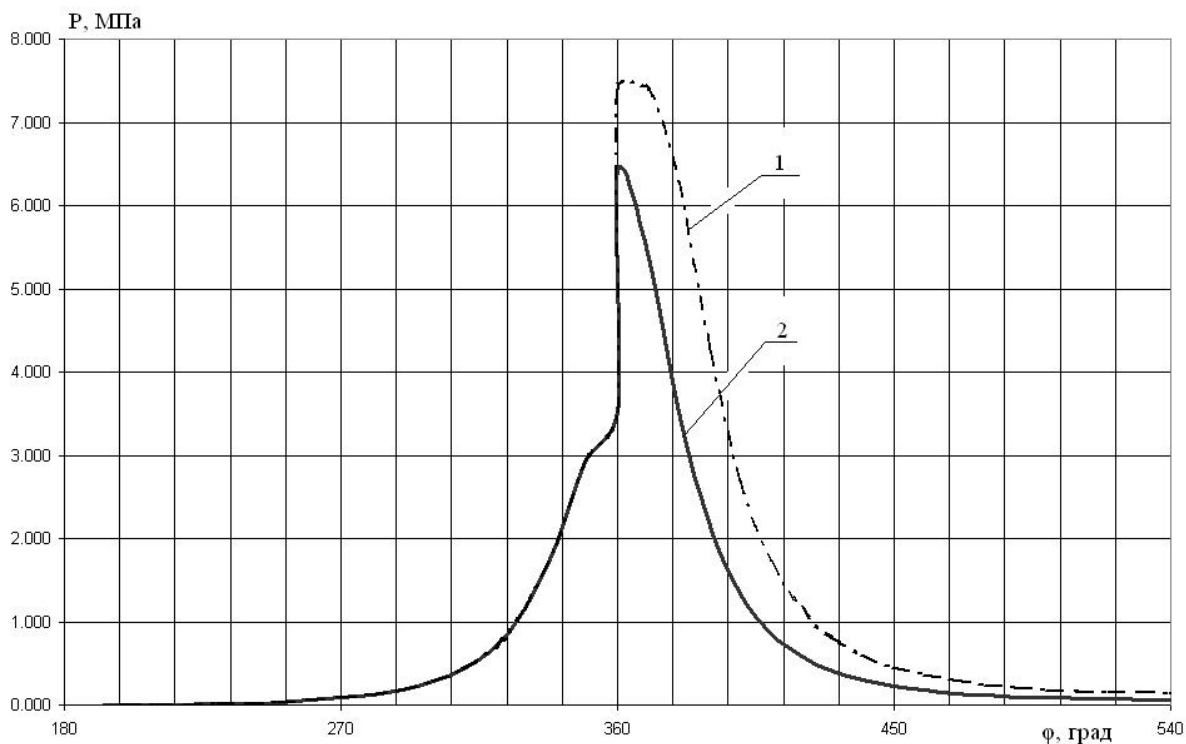


Рис. 3. Порівняння індикаторних діаграм при нормальній роботі форсунки (1) та при її несправності (2)

На основі наведених вище індикаторних діаграм змодельовано графічні залежності частоти обертання колінчастого валу (рис. 4), на яких

спостерігається характерне збільшення нерівномірності при несправності форсунки [3].

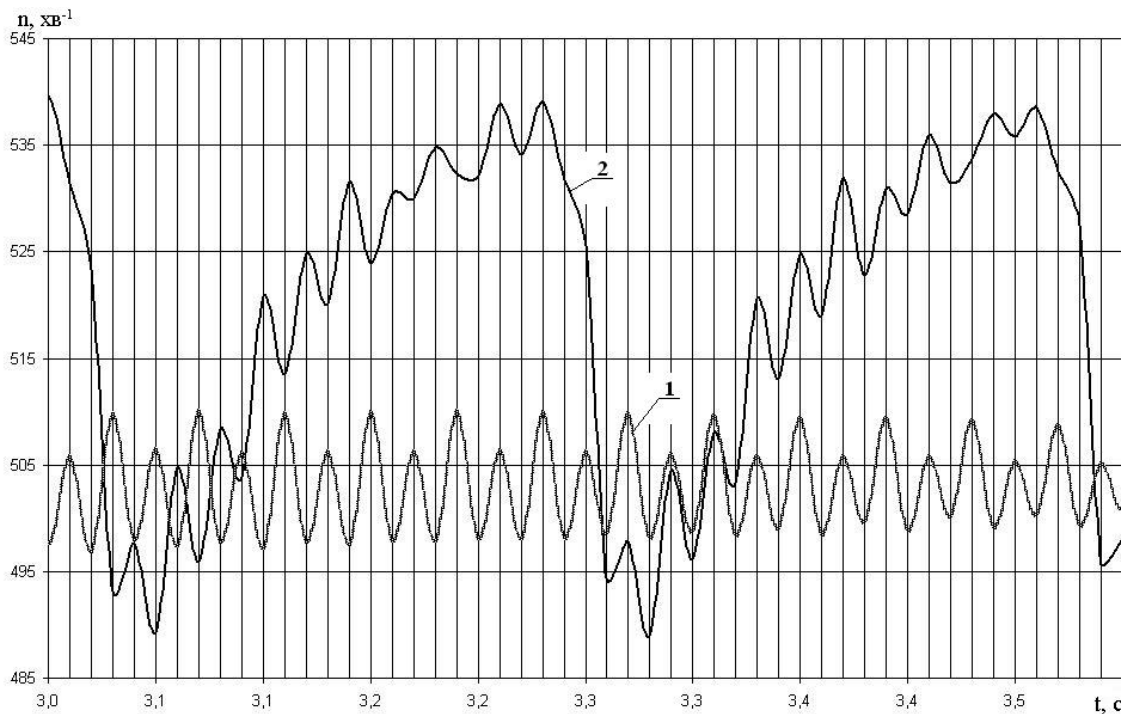


Рис. 4. Залежність частоти обертання колінчастого валу моделі дизеля від часу на режимі холостого ходу: 1 – нормальна робота всіх циліндрів, 2 – всі циліндри справні окрім першого правого, максимальний тиск згоряння якого знижено на 1 МПа внаслідок несправності форсунки

Отже девіація кутової швидкості обертання колінчастого валу надає змогу непрямим методом відслідкувати якість роботи кожного з циліндрів без вимірювання індикаторного тиску, а також визначити стан кривошипно-шатунного механізму без його розбирання.

У сучасних умовах розвиток ЕОМ дозволяє створювати бортові системи моніторингу, а також портативні системи експрес-діагностування, основою для яких може слугувати метод діагностування за нерівномірністю обертання колінчастого валу.

Аналіз наукових робіт показав, що станом на теперішній час було зроблено достатню кількість спроб використовувати нерівномірність кутової швидкості колінчастого валу для оцінки технічного стану дизеля, але єдиного підходу в технічних та теоретичних рішеннях не спостерігається.

У роботі [4] для вимірювання частоти обертання за цим методом використовували два оптичних дискових датчика для урахування компенсації крутильних коливань довгого колінчастого валу дизеля 10Д100. У більш пізній закордонній праці [5] для цього вимірювання використовують один ультразвуковий датчик швидкості, а крутильні коливання 20-циліндрового судового дизеля компенсують за допомогою більш досконалої математичної моделі. Таким чином, за допомогою лише одного дат-

чика та ЕОМ система здатна адекватно відслідковувати впливи на девіацію частоти обертання валу. Крім того доцільно використати у розробці системи діагностування елементи штучного інтелекту на основі нейронних мереж. Така система здатна автоматично визначати наявність, ступінь та причину несправності. У роботі [6] на дизель-генераторі з електронним керуванням подачі палива встановлено два датчики кутової швидкості колінчастого валу: біля маховика та з торцевої частини генератора. Датчики забезпечують зворотній зв'язок системи керування подачею палива для компенсування крутильних коливань колінчастого валу та зменшення нерівномірності частоти обертання. У роботі [7] представлена методика непрямого визначення потужності механічних витрат автомобільного двигуна шляхом вимірювання миттєвих кутових швидкостей колінчастого валу. Описана методика використовується для діагностування несправностей двигуна та для адаптивного керування мінімальною частотою обертання колінчастого валу на холостому ході за параметром потужності механічних витрат. До недоліків цього методу слід віднести неоднозначність визначення ступеня зносу корінних підшипників колінчастого валу. У роботі [8] розроблено метод діагностування дизельних двигунів вантажних автомобілів за нерівномірністю кутової швидкості колінчастого валу, а також методику

регулювання циклової подачі палива на основі розробленого методу діагностування.

Аналіз методів та способів діагностування ДВЗ дозволив дійти висновку, що метод діагностування за нерівномірністю частоти обертання колінчастого валу дизеля являє собою перспективний напрям в розвитку методів нерозбірного діагностування ДВЗ, використання якого дозволить виконувати оцінку технічного стану дизеля, виявляти і локалізувати несправності, прогнозувати залишковий ресурс та виконувати моніторинг технічного стану дизеля. Огляд наукових робіт з діагностування показав необхідність створення більш досконалих математичних моделей, вдосконалення розроблених методик та використання систем штучного інтелекту для підвищення достовірності діагнозів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Шишкин, В. А. Анализ неисправностей и протравнение поврежденных судовых дизелей [Текст] / В. А. Шишкин. – М.: Транспорт, 1986. – 192 с.
2. Кончаков, Е. И. Техническая диагностика судовых энергетических установок [Текст] : учеб. пособие / Е. И. Кончаков. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 112 с.
3. Боднар, Б. Є. Моделювання нерівномірності обертання колінчастого валу дизеля [Текст] / Б. Є. Боднар, О. Б. Очкасов, Д. В. Черняєв, О. Я. Децюра // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 31. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 18–25.
4. Марченко, Б. Г. Теория диагностики энергоагрегатов по девиации вращающихся узлов и ее практическая реализация на дизель-электрических генераторах. Часть 1. Модели динамики цилиндрических мощностей на валу дизель-электрического генератора [Текст] / Б. Г. Марченко, М. В. Мыслович // Техн. электродинамика. – 1998. – № 5. – С. 36–40.
5. Model-based diagnosis of large diesel engines based on angular speed variations of the crankshaft [Text] / M. Desbazeille [et al.] // Mechanical Systems and Signal Processing. – 2010. – Vol. 24. – P. 1529–1541.
6. Östman, F. Active control of torsional vibrations of reciprocating engines [Text] / F. Östman, H. T. Toivonen // Control Engineering Practice. – 2008. – Vol. 16. – P. 78–88.
7. Иванов, Р. В. Диагностирование ДВС по параметру мощности механических потер [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Иванов Роман Валерьевич; [Гос. образовательное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский гос. техн. ун-т»]. – Волгоград, 2010. – 15 с.
8. Борщенко, Я. А. Разработка метода диагностирования автомобильных дизелей по неравномерности вращения коленчатого вала [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Борщенко Ярослав Анатольевич. – Тюмень, 2003. – 175 с.

Надійшла до редколегії 05.12.2011.

Прийнята до друку 14.12.2011.

Б. Е. БОДНАРЬ, О. Б. ОЧКАСОВ, О. Я. ДЕЦЮРА, Д. В. ЧЕРНЯЕВ

МЕТОДЫ БЕЗРАЗБОРНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЕЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Проводится обзор методов неразборного диагностирования тепловозного дизеля и анализ метода диагностирования по неравномерности частоты вращения коленчатого вала.

Ключевые слова: дизель, методы диагностирования дизеля, неравномерность вращения коленчатого вала, диагностические параметры

B. Ye. BODNAR, O. B. OCHKASOV, O. Ya. DETSYURA, D. V. CHERNYAYEV

METHODS OF NONSEPARABLE DIAGNOSTICS OF DIESEL ENGINES IN OPERATION OF ROLLING STOCK

Methods of nonseparable diagnostics of diesel engine and an analysis of method for diagnostics on uneven angular speed of the crankshaft are reviewed.

Keywords: diesel, diesel diagnostic methods, uneven rotation of crankshaft, diagnostic parameters

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ РОЗПУСКУ СОСТАВІВ НА ПЕРЕРОБНУ СПРОМОЖНІСТЬ СОРТУВАЛЬНИХ ГІРОК

В статті виконано дослідження впливу швидкості розпуску составу на умови розділення відчепів та кількість вагонів, що потребують повторного сортування через нерозділення їх на розділових стрілках. Удосконалено методику розрахунку переробної спроможності сортувальних гірок.

Ключові слова: переробна спроможність, гірковий технологічний інтервал, швидкість розпуску

В сучасних умовах на залізницях України функціонують 45 сортувальних станцій, з яких 40 мають сортувальні гірки. Гірки є найбільш завантаженою ланкою сортувальних станцій. Ефективність їх роботи є одним з основних факторів, що визначає загальні показники роботи залізниць. Тому питання удосконалення методів оцінки показників роботи сортувальних гірок є актуальним і вимагає проведення ретельних досліджень.

Переробна спроможність сортувальної гірки є основним показником, за яким комплексно можна оцінити її конструкцію. Величина переробної спроможності гірки за одну годину згідно [1] може бути визначена за формулою

$$N = \frac{60m_c\alpha_{\text{гip}}}{t_r},$$

де m_c – середня кількість вагонів в составі;

$\alpha_{\text{гip}}$ – коефіцієнт, який враховує можливі перерви при використанні гірки, які виникають через ворожі пересування;

t_r – гірковий технологічний інтервал.

Величина гіркового технологічного інтервалу визначається на підставі побудови технологічних графіків роботи гірки. Така методика не враховує час, який витрачається на повторне сортування вагонів через нерозділення відчепів та помилки при встановленні маршруту скочування, розпуск кутового та місцевого вагонопотоку, не враховується вплив технічного оснащення гірки на величину переробної спроможності. Більш точно переробна спроможність сортувальної гірки може бути розрахована за формулою [2]:

$$N = \frac{1440\alpha_{\text{гip}} - \sum T_{\text{пост}}^{\text{г}}}{t_r\mu_{\text{повт}}(1 + \rho_r)} m_c + N_{\text{пост}}^{\text{г}},$$

де $\sum T_{\text{пост}}^{\text{г}}$ – тривалість протягом доби виконання на гірці технологічних операцій, які не залежать від вагонопотоку, що переробляється на гірці;

$\mu_{\text{повт}}$ – коефіцієнт, який враховує повторне сортування вагонів в процесі завершення фор-

мування та через недостатню кількість та довжину сортувальних колій;

ρ_r – коефіцієнт, який враховує відмови технічних засобів, нерозділення вагонів та ін.;

$N_{\text{пост}}^{\text{г}}$ – кількість місцевих вагонів з колій ремонту, кутових, вагонного депо та ін., які розпускають за час $\sum T_{\text{пост}}^{\text{г}}$.

Однак в існуючі методики не встановлюють взаємозв'язки між технічним забезпеченням гірки та її переробною спроможністю. Підвищення швидкості розпуску составів дозволяє скоротити гірковий технологічний інтервал але викликає збільшення кількості нерозділень відчепів, та збільшення середньої швидкості співударяння вагонів.

Оцінку переробної спроможності сортувальної гірки пропонується здійснювати за допомогою виразу, в якому тривалість гіркового технологічного інтервалу t_r , та коефіцієнт, що враховує повторне сортування вагонів $\alpha_{\text{повт}}$ розглядаються як функції, що залежать від швидкості розпуску v_p

$$N = \max_{v_{p,\text{min}} \leq v_{p,i} \leq v_{p,\text{max}}} \left(\frac{\alpha_n \alpha_{\text{повт}}(v_{p,i})(1440 - \sum T_{\text{пер}}^{\text{г}})}{t_r} \right) m_c,$$

де α_n – коефіцієнт, який враховує відмови технічних засобів;

$v_{p,\text{min}}$, $v_{p,\text{max}}$ – відповідно, мінімально та максимально допустимі швидкості розпуску состава;

$\sum T_{\text{пер}}^{\text{г}}$ – загальна тривалість перерв у роботі сортувальної гірки, що виникають через ворожість маршрутів, забезпечення технічного обслуговування гіркових пристроїв, виконання операцій з вагонами, що заборонені до розпуску з гірки і т.п.

Тривалість гіркового технологічного інтервалу визначається як

$$t_r = \frac{m_c \bar{l}_B}{60v_p} + a,$$

де $\bar{l}_в$ – середня довжина вагона, м;

a – середня тривалість додаткових операцій гіркового циклу, що припадає на розформування одного состава, хв.

При цьому, величина $v_{p,min}$ визначається з умови докочування поганого (дуже поганого) [3] бігуна до розрахункової точки; величина $v_{p,max}$ визначається з умов забезпечення безпечного розчеплення вагонів [4], допустимої швидкості входу відцепів на уповільнювачі, та підходу відцепів до вагонів, що знаходяться на сортувальних коліях [3]. Функціональні залежності $t_r(v_p)$, та $a_{повт}(v_p)$ можуть бути визначені на підставі імітаційного моделювання процесу розформування-формування составів поїздів на сортувальній гірці. При цьому до складу імітаційної моделі входять моделі розформування составів поїздів та накопичення вагонів на сортувальних коліях.

Основною задачею моделі розформування состава поїзда є визначення імовірності розділення відцепів на розділових елементах. При цьому вибір режимів гальмування відцепів виконувався на підставі максимізації мінімального інтервалу між відцепами на розділових елементах за допомогою ітераційного методу [5]. В подальшому здійснювалась реалізація оборотних режимів гальмування в умовах відхилення характеристик відцепів та швидкості їх виходу з гальмових позицій від розрахункових [6]. Для статистичної оцінки умов розділення відцепів для кожного состава здійснено по 100 моделювань процесу його розформування. У зв'язку з тим, що характеристики відцепів та режими їх гальмування уповільнювачами є випадковими величинами, то і інтервали між відцепами на розділових елементах є також випадковими величинами. Статистичний аналіз випадкової величини інтервалу між відцепами показав, що немає підстав відхиляти гіпотезу про нормальний розподіл цієї величини. Для прикладу на рис. 1 представлено гістограму та функцію щільності розподілу розділового інтервалу між одновагонними відцепами легкої та важкої вагової категорії на п'ятій розділовій стрілці по маршруту скочування.

Враховуючи нормальний закон розподілу імовірність нерозділення відцепів на розділових стрілках може бути визначена за виразом

$$p_n = \Phi\left(\frac{t_{pe} - \bar{t}}{\sigma_t}\right),$$

де $\Phi(x)$ – функція Лапласа;

t_{pe} – час, необхідний для спрацьовування пристроїв гіркової автоматики та переведення розділової стрілки, с;

\bar{t} – математичне очікування випадкової величини інтервалу між відцепами на розділовій стрілці, с;

σ_t – середнє квадратичне відхилення випадкової величини інтервалу між відцепами на розділовій стрілці, с.

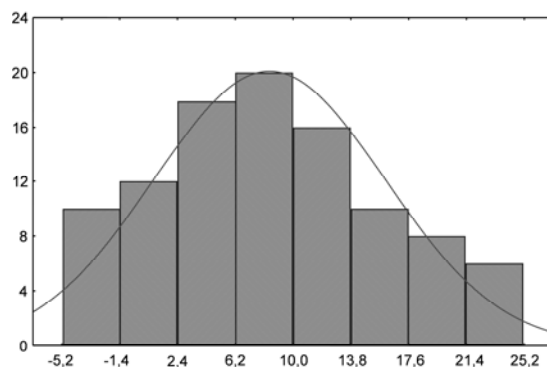


Рис. 1. Гістограма та функція щільності розподілу випадкової величини інтервалу між відцепами на 5-й розділовій стрілці по маршруту скочування

На рис. 2 представлено залежності імовірності нерозділення відцепів на 5-й розділовій стрілці від швидкості розпуску состава при різних точності роботи гальмових позицій, що характеризуються середнім квадратичним відхиленням фактичної швидкості виходу відцепів з уповільнювачів від заданої $\sigma_{гп}$.

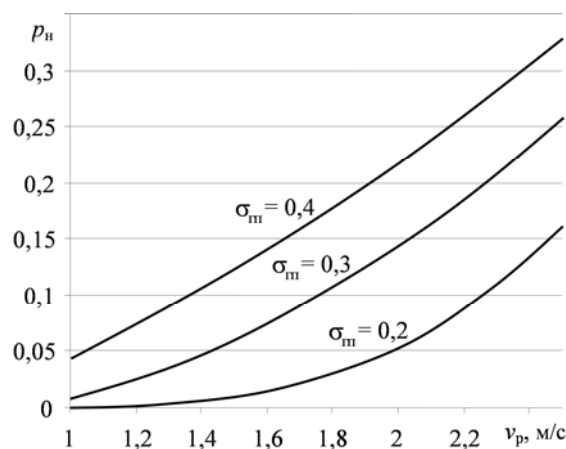


Рис. 2. Залежності ймовірності нерозділення відцепів від швидкості розпуску состава

Аналіз отриманих залежностей показує, що швидкість розпуску суттєво впливає на імовірність нерозділення відцепів і, відповідно, на обсяг додаткової роботи з ліквідації їх наслідків.

Обсяг роботи з ліквідації наслідків нерозділення відцепів визначався за допомогою моделі накопичення вагонів у сортувальному парку. В цій моделі кожній сортувальній колії у відповідність поставлено список призначень вагонів, які на ній знаходяться. Після моделювання кожного розпуску состава здійснюється розподіл

його вагонів між сортувальними коліями з урахуванням нерозділень відчепів.

Повторне сортування вагонів на сортувальній колії моделюється у випадку наявності на ній вагонів інших призначень та необхідності формування поїздів з цими вагонами чи недостатності корисної довжини колії для подальшого накопичення составів. Отримані залежності переробної спроможності для сортувальної гірки великої потужності наведено на рис.3.

Аналіз отриманих залежностей показує, що вони мають екстремальну форму. Максимальна переробна спроможність сортувальної гірки досягається при швидкості розпуску 1,85-2,13 м/с в залежності від точності реалізації гальмовими позиціями заданих швидкостей виходу відчепів з уповільнювачів.

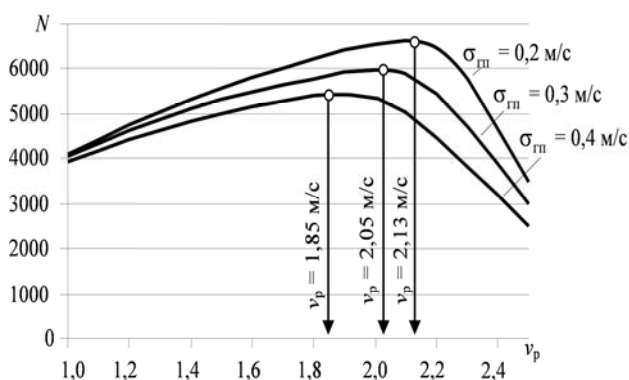


Рис. 3. Залежності переробної спроможності гірки від швидкості розпуску составів

Таким чином, в результаті виконаних досліджень удосконалена методика визначення переробної спроможності гірок. Розроблена мето-

дика дозволяє враховувати взаємозв'язки між технічним забезпеченням сортувального процесу і переробною спроможністю гірки.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Пособие по применению Правил и норм проектирования сортировочных устройств [Текст] / за ред. Ю. А. Мухи. – М.: Транспорт, 1994. – 220 с.
2. Кочнев, Ф. П. Управление эксплуатационной работой железных дорог [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ф. П. Кочнев, И. Б. Сотников. – М.: Транспорт, 1990. – 424 с.
3. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР. ВСН 207-89 [Текст]. – М.: Транспорт, 1992. – 104 с.
4. Муха, Ю. А. Автоматизация и механизация переработки вагонов на станциях [Текст] / под ред. Ю. А. Мухи. – М.: Транспорт, 1985. – 248 с.
5. Оптимизация режимов торможения отцепов на сортировочных горках [Текст] : монография // под ред. В. И. Бобровского. – Д.: Изд-во Маковецкий, 2010. – 260 с.
6. Козаченко, Д. М. Моделирование работы сортувальної гірки в умовах невизначеності параметрів відчепів та характеристик навколишнього середовища [Текст] / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, О. І. Таранець // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 16. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007. – С. 73–76.

Надійшла до редколегії 12.12.2011.
Прийнята до друку 20.12.2011.

Д. Н. КОЗАЧЕНКО, И. Е. ЛЕВИЦКИЙ, Т. В. БОЛВАНОВСКАЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ РОСПУСКА СОСТАВОВ НА ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРОК

В статье выполнено исследование влияния скорости роспуска состава на условия разделения отцепов и количество вагонов, требующих повторной сортировки из-за неразделения их на разделительных стрелках. Усовершенствована методика расчета перерабатывающей способности сортировочных горок.

Ключевые слова: перерабатывающая способность, горочный технологический интервал, скорость роспуска

D. M. KOZACHENKO, I. Yu. LEVITS'KYY, T. V. BOLVANOV'S'KA

INVESTIGATION OF INFLUENCE OF RATE OF BREAKING UP OF TRAIN SETS ON PROCESSING CAPACITY OF MARSHALLING HUMP YARDS

In this paper the influence of rate of breaking up of train sets on conditions of uncoupling the train cuts and the number of cars, which need repeated marshalling due to their non-separation on hump switches, is investigated. A computation procedure for the processing capacity of marshalling hump yards is improved.

Keywords: processing capacity, technological hump spacing, rate of breaking up trains

ТЕОРІЯ РУЙНУВАННЯ ОРТОТРОПНИХ МАТЕРІАЛІВ У ВИГЛЯДІ ЗАЛИШКІВ ЗАСТИГЛОГО ПЕКУ В КОТЛАХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ЦИСТЕРН

Для визначення умов руйнування ізотропних матеріалів при тривісному напруженому стані запропоновано більшу кількість критеріїв та наведено припущення, що для визначення умов руйнування ортотропних матеріалів можна застосовувати енергію формозмінення.

Ключові слова: пек, руйнування, матеріал, напруження, деформація, коефіцієнт, форма, енергія

«У вагонне депо Дрогобич (Львівська залізниця) для зачистки та утилізації залишків з під пеку прибули вагони (цистерни) №№ 57343808, 57267155, 57267460, 57267437, 57343428, 57343824, 57343667, 57316077, 57343345, 57267502 типу 5700 моделі 15-1482, які є власністю державного підприємства «Новояворівське державне підприємство «Екотрансенерго» і приписані до станції Шкло (Львівська залізниця).

Факт передачі вагонів та наявності залишків пеку підтверджується Актом від 29.09.2011 р., згідно якого у цистернах виявлені залишки вантажу, а саме: в цистерні № 57343808 залишок становив 2634 кг; в цистерні № 57267155 залишок становив 1987 кг; в цистерні № 57267460 залишок становив 1987 кг; в цистерні № 57267437 залишок становив 1987 кг; в цистерні № 57343428 залишок становив 2634 кг; в цистерні № 57343824 залишок становив 1987 кг; в цистерні № 57343667 залишок становив 1987 кг; в цистерні № 57316077 залишок становив 2671 кг; в цистерні № 57343345 залишок становив 2467 кг; в цистерні № 57267502 залишок становив 2467 кг.» [1].

До проведення досліджень і роботи над даною статтею наштовхнув процитований вище висновок компетентної експертної комісії, де наведена кількість залишків, та візуального спостереження за процесом видалення із котлів залізничних цистерн застиглого пеку, що проводився на промивально-пропарювальній станції (ППС) вагонного депо Дрогобич. Складність технологічного процесу видалення застиглого пеку в першу чергу полягала у складності руйнування його монолітності та порушення адгезійності із металом внутрішньої поверхні цистерни.

Відомо, що пек – це тверда або в'язка маса чорного кольору, яка залишається від перегонки кам'яного вугілля, торф'яного або деревного дьогтю, сірки, смоли тощо. Застосовується для

виготовлення покрівельного гідроізоляційного матеріалу. Попередній аналіз фізико-механічних властивостей, наприклад кам'яновугільного пеку, та дослідження його структури дали підставу вважати, що пек можна віднести до ортотропних матеріалів.

На даний час для матеріалів, яким властиві ортогональні міцнісні та пружні характеристики, ще недостатньо розроблені, створені і впроваджені надійні методи, які дозволяють визначати умови руйнування таких матеріалів при складному тривісному напруженому стані. Потреби проектувальників задовольняли методи розрахунку умов руйнування при простих розтягуючих, стискуючих та згинаючих навантаженнях. У даному представленому дослідженні припускається, що енергія формозмінення являє собою розумну основу для опису непружної поведінки ортотропного матеріалу для випадку, коли головні напруження за напрямом співпадають з осями матеріалу. Авторами запропонований простий алгебраїчний метод умов руйнування.

Виведення критерію руйнування. Розглянемо елементарний одиничний куб матеріалу (рис. 1).

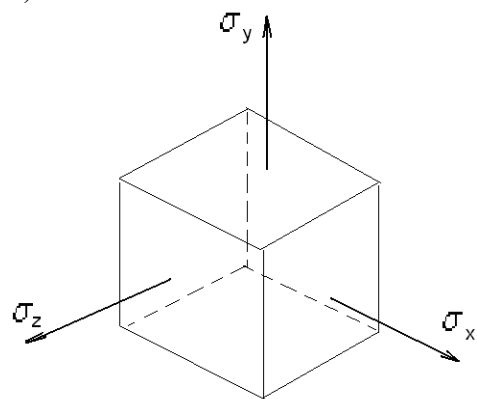


Рис. 1

Геометричні осі матеріалу співпадають з ортогональними осями X , Y , Z . Напружений стан

визначається напруженнями σ_x , σ_y та σ_z . Згідно закону Гука пружні деформації матимуть вигляд [2]:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{\sigma_x}{E_x} - \mu_{xy} \frac{\sigma_y}{E_y} - \mu_{xz} \frac{\sigma_z}{E_z}; \\ \varepsilon_y &= -\mu_{yx} \frac{\sigma_x}{E_x} + \frac{\sigma_y}{E_y} - \mu_{yz} \frac{\sigma_z}{E_z}; \\ \varepsilon_z &= -\mu_{zx} \frac{\sigma_x}{E_x} - \mu_{zy} \frac{\sigma_y}{E_y} + \frac{\sigma_z}{E_z}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де E – модуль поздовжньої пружності (модуль Юнга); μ – коефіцієнт Пуассона.

Необхідно визначити дев'ять пружних сталих матеріалу, тобто шість коефіцієнтів μ та три E .

У пружному випадку запас пружної енергії не повинен залежати від порядку прикладення напружень. Отримуємо шість рівнянь:

$$U_{xyz} = 0,5 \cdot \left(\frac{\sigma_x^2}{E_x} + \frac{\sigma_y^2}{E_y} + \frac{\sigma_z^2}{E_z} \right) - \frac{\sigma_x \sigma_y}{E_y} \mu_{xy} - \frac{\sigma_x \sigma_z}{E_z} \mu_{xz} - \frac{\sigma_y \sigma_z}{E_z} \mu_{yz}; \quad (2a)$$

$$U_{xzy} = 0,5 \cdot \left(\frac{\sigma_x^2}{E_x} + \frac{\sigma_y^2}{E_y} + \frac{\sigma_z^2}{E_z} \right) - \frac{\sigma_x \sigma_z}{E_z} \mu_{xz} - \frac{\sigma_x \sigma_y}{E_y} \mu_{xy} - \frac{\sigma_z \sigma_y}{E_y} \mu_{zy}; \quad (2b)$$

$$U_{yxz} = 0,5 \cdot \left(\frac{\sigma_x^2}{E_x} + \frac{\sigma_y^2}{E_y} + \frac{\sigma_z^2}{E_z} \right) - \frac{\sigma_y \sigma_x}{E_x} \mu_{yx} - \frac{\sigma_y \sigma_z}{E_z} \mu_{yz} - \frac{\sigma_x \sigma_z}{E_z} \mu_{xz}; \quad (2c)$$

$$U_{yzx} = 0,5 \cdot \left(\frac{\sigma_x^2}{E_x} + \frac{\sigma_y^2}{E_y} + \frac{\sigma_z^2}{E_z} \right) - \frac{\sigma_y \sigma_z}{E_z} \mu_{yz} - \frac{\sigma_y \sigma_x}{E_x} \mu_{yx} - \frac{\sigma_z \sigma_x}{E_x} \mu_{zx}; \quad (2d)$$

$$U_{zxy} = 0,5 \cdot \left(\frac{\sigma_x^2}{E_x} + \frac{\sigma_y^2}{E_y} + \frac{\sigma_z^2}{E_z} \right) - \frac{\sigma_z \sigma_x}{E_x} \mu_{zx} - \frac{\sigma_z \sigma_y}{E_y} \mu_{zy} - \frac{\sigma_x \sigma_y}{E_y} \mu_{xy}; \quad (2e)$$

$$U_{zyx} = 0,5 \cdot \left(\frac{\sigma_x^2}{E_x} + \frac{\sigma_y^2}{E_y} + \frac{\sigma_z^2}{E_z} \right) - \frac{\sigma_z \sigma_y}{E_y} \mu_{zy} - \frac{\sigma_z \sigma_x}{E_x} \mu_{zx} - \frac{\sigma_y \sigma_x}{E_x} \mu_{yx}. \quad (2f)$$

Оскільки всі енергії в лівій частині рівнянь (2) є рівними, шість величин, які далі будуть наведені, також повинні бути рівними

$$\frac{\mu_{xy}}{E_y} + \frac{\mu_{xz}}{E_z} + \frac{\mu_{yz}}{E_z}; \quad (3a)$$

$$\frac{\mu_{xz}}{E_z} + \frac{\mu_{xy}}{E_y} + \frac{\mu_{zy}}{E_y}; \quad (3b)$$

$$\frac{\mu_{yx}}{E_x} + \frac{\mu_{yz}}{E_z} + \frac{\mu_{xz}}{E_z}; \quad (3c)$$

$$\frac{\mu_{yz}}{E_z} + \frac{\mu_{yx}}{E_x} + \frac{\mu_{zx}}{E_x}; \quad (3d)$$

$$\frac{\mu_{zx}}{E_x} + \frac{\mu_{zy}}{E_y} + \frac{\mu_{xy}}{E_y}; \quad (3e)$$

$$\frac{\mu_{zy}}{E_y} + \frac{\mu_{zx}}{E_x} + \frac{\mu_{yx}}{E_x}. \quad (3f)$$

Для цього необхідно, щоб:

$$\frac{\mu_{yz}}{E_z} = \frac{\mu_{zy}}{E_y}; \quad (4a)$$

$$\frac{\mu_{xz}}{E_z} = \frac{\mu_{zx}}{E_x}; \quad (4b)$$

$$\frac{\mu_{xy}}{E_y} = \frac{\mu_{yx}}{E_x}. \quad (4c)$$

Це означає, що дев'ять пружних сталих не є незалежними. Достатньо шести незалежних констант матеріалу, як можна очікувати із того факту, що кожне рівняння енергії (2) має лише шість констант. Далі, розв'яжемо рівняння (4) відносно трьох коефіцієнтів Пуассона:

$$\mu_{yx} = \frac{E_x}{E_y} \mu_{xy}; \quad (5a)$$

$$\mu_{zx} = \frac{E_x}{E_z} \mu_{xz}; \quad (5b)$$

$$\mu_{zy} = \frac{E_y}{E_z} \mu_{yz}. \quad (5c)$$

Із рівняння (1), застосовуючи (5), отримуємо деформації:

$$\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E_x} - \mu_{xy} \frac{\sigma_y}{E_y} - \mu_{xz} \frac{\sigma_z}{E_z}; \quad (6a)$$

$$\varepsilon_y = -\mu_{xy} \frac{\sigma_x}{E_x} + \frac{\sigma_y}{E_y} - \mu_{yz} \frac{\sigma_z}{E_z}; \quad (6b)$$

$$\varepsilon_z = -\mu_{xz} \frac{\sigma_x}{E_x} - \mu_{yz} \frac{\sigma_y}{E_y} + \frac{\sigma_z}{E_z}. \quad (6c)$$

Енергію викривлення форми можна визначити, відокремлюючи від загальної енергії деформування ту частину, яка пов'язана лише із зміною об'єму наведеного на рис. 1 кубічного елемента матеріалу. Зміна об'єму від впливу напружень σ_x , σ_y та σ_z , якщо знехтувати членами другого порядку, матиме наступний вигляд

$$\Delta V = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z. \quad (7)$$

Такі ж зміни об'єму можна досягнути при напруженнях σ_x^* , σ_y^* та σ_z^* без зміни форми, якщо напруження, відмічені зірочками, вибрані так, що викликані ними деформації ε^* у трьох напрямках є однаковими:

$$\varepsilon^* = \frac{\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z}{3}. \quad (8)$$

Система напружень із зірочкою визначається наступними рівняннями:

$$\varepsilon^* = \frac{\sigma_x^*}{E_x} - \mu_{xy} \frac{\sigma_y^*}{E_y} - \mu_{xz} \frac{\sigma_z^*}{E_z}; \quad (9a)$$

$$\varepsilon^* = -\mu_{xy} \frac{\sigma_x^*}{E_x} + \frac{\sigma_y^*}{E_y} - \mu_{yz} \frac{\sigma_z^*}{E_z}; \quad (9b)$$

$$\varepsilon^* = -\mu_{xz} \frac{\sigma_x^*}{E_x} - \mu_{yz} \frac{\sigma_y^*}{E_y} + \frac{\sigma_z^*}{E_z}. \quad (9c)$$

Енергія, яка пов'язана із зміною об'єму, становитиме:

$$U_{\Delta V} = 0,5 \cdot (\sigma_x^* + \sigma_y^* + \sigma_z^*) \cdot \varepsilon^*. \quad (10)$$

Розв'язуючи рівняння (9) відносно напружень із зірочкою, одержуємо:

$$\sigma_x^* = \varepsilon^* \frac{\left(\frac{1}{E_y} - \frac{\mu_{yz}^2}{E_z} + \frac{\mu_{zy}}{E_y} + \frac{\mu_{xz}\mu_{yz}}{E_z} + \frac{\mu_{xy}\mu_{yz}}{E_y} + \frac{\mu_{xz}}{E_y} \right)}{\left(\frac{1}{E_x E_y} - \frac{\mu_{yz}^2}{E_x E_z} - \frac{\mu_{xy}^2}{E_y^2} - \frac{2\mu_{xy}\mu_{xz}\mu_{yz}}{E_y E_z} - \frac{\mu_{xz}^2}{E_y E_z} \right)}; \quad (11a)$$

$$\sigma_y^* = \varepsilon^* \frac{\left(\frac{1}{E_x} - \frac{\mu_{xz}^2}{E_z} + \frac{\mu_{xy}}{E_y} + \frac{\mu_{xz}\mu_{yz}}{E_z} + \frac{\mu_{xy}\mu_{xz}}{E_y} + \frac{\mu_{yz}}{E_x} \right)}{\left(\frac{1}{E_x E_y} - \frac{\mu_{yz}^2}{E_x E_z} - \frac{\mu_{xy}^2}{E_y^2} - \frac{2\mu_{xy}\mu_{xz}\mu_{yz}}{E_y E_z} - \frac{\mu_{xz}^2}{E_y E_z} \right)}; \quad (11b)$$

$$\sigma_z^* = \varepsilon^* \frac{\left(\frac{E_z}{E_x E_y} - \frac{E_z \mu_{xy}^2}{E_y^2} + \frac{\mu_{xz}}{E_y} + \frac{\mu_{xy}\mu_{xz}}{E_y} + \frac{\mu_{xy}\mu_{yz}}{E_y} + \frac{\mu_{yz}}{E_x} \right)}{\left(\frac{1}{E_x E_y} - \frac{\mu_{yz}^2}{E_x E_z} - \frac{\mu_{xy}^2}{E_y^2} - \frac{2\mu_{xy}\mu_{xz}\mu_{yz}}{E_y E_z} - \frac{\mu_{xz}^2}{E_y E_z} \right)}. \quad (11c)$$

Додаємо між собою всі рівняння системи (11):

$$\sigma_x^* + \sigma_y^* + \sigma_z^* = \frac{\left[\begin{array}{l} \frac{1}{E_x} + \frac{1}{E_y} + \frac{E_z}{E_x E_y} - \frac{\mu_{yz}^2}{E_z} - \frac{\mu_{xz}^2}{E_z} - \\ - \frac{E_z}{E_y^2} \mu_{xy} + 2 \cdot \left(\frac{\mu_{yz}}{E_x} + \frac{\mu_{xz}}{E_y} + \frac{\mu_{xy}}{E_y} \right) + \\ + 2 \cdot \left(\frac{\mu_{xy} \mu_{yz}}{E_y} + \frac{\mu_{xy} \mu_{xz}}{E_y} + \frac{\mu_{xz} \mu_{yz}}{E_z} \right) \end{array} \right] \cdot \varepsilon^*}{\left[\begin{array}{l} \frac{1}{E_x E_y} - \frac{\mu_{yz}^2}{E_x E_z} - \frac{\mu_{xy}^2}{E_y^2} - \\ - 2 \cdot \frac{\mu_{xy} \mu_{xz} \mu_{yz}}{E_y E_z} - \frac{\mu_{xz}^2}{E_y E_z} \end{array} \right]} \quad (12)$$

Деформацію ε^* визначаємо із залежностей (8) і (6):

$$\varepsilon^* = (1/3) \cdot \left[\begin{array}{l} +\sigma_x \cdot \left(\frac{1}{E_x} - \frac{\mu_{xy}}{E_y} - \frac{\mu_{xz}}{E_z} \right) \\ +\sigma_y \cdot \left(\frac{1}{E_y} - \frac{\mu_{xy}}{E_y} - \frac{\mu_{yz}}{E_z} \right) \\ +\sigma_z \cdot \left(\frac{1}{E_z} - \frac{\mu_{xz}}{E_z} - \frac{\mu_{yz}}{E_z} \right) \end{array} \right] \quad (13)$$

Для енергії зміни об'єму із рівнянь (10), (12) і (13) одержуємо:

$$U_{\Delta V} = \frac{\left[\begin{array}{l} +\sigma_x \cdot \left(\frac{1}{E_x} - \frac{\mu_{xy}}{E_y} - \frac{\mu_{xz}}{E_z} \right) \\ +\sigma_y \cdot \left(\frac{1}{E_y} - \frac{\mu_{xy}}{E_y} - \frac{\mu_{yz}}{E_z} \right) \\ +\sigma_z \cdot \left(\frac{1}{E_z} - \frac{\mu_{xz}}{E_z} - \frac{\mu_{yz}}{E_z} \right) \end{array} \right]^2 \times \left[\begin{array}{l} \frac{1}{E_x} + \frac{1}{E_y} + \frac{E_z}{E_x E_y} - \frac{\mu_{yz}^2}{E_z} - \frac{\mu_{xz}^2}{E_z} \\ - \frac{E_z}{E_y} \mu_{xy} + 2 \cdot \left(\frac{\mu_{yz}}{E_x} + \frac{\mu_{xz}}{E_y} + \frac{\mu_{xy}}{E_y} \right) \\ + 2 \cdot \left(\frac{\mu_{xy} \mu_{yz}}{E_y} + \frac{\mu_{xy} \mu_{xz}}{E_y} + \frac{\mu_{xz} \mu_{yz}}{E_z} \right) \end{array} \right]}{18 \cdot \left[\begin{array}{l} \frac{1}{E_x E_y} - \frac{\mu_{yz}^2}{E_x E_z} - \frac{\mu_{xy}^2}{E_y^2} - \\ - 2 \cdot \frac{\mu_{xy} \mu_{xz} \mu_{yz}}{E_y E_x} - \frac{\mu_{xz}^2}{E_y E_z} \end{array} \right]} \quad (14)$$

Тоді енергію викручування форми отримаємо, віднімаючи вираз (14) із залежності (2а):

$$U_{ВИКР.Ф.} = \begin{bmatrix} 0,5 \cdot \left(\frac{\sigma_x^2}{E_x} + \frac{\sigma_y^2}{E_y} + \frac{\sigma_z^2}{E_z} \right) \\ -\frac{\sigma_x \sigma_y}{E_y} \mu_{xy} \\ -\frac{\sigma_{xz}}{E_z} \mu_{xz} \\ -\frac{\sigma_y \sigma_z}{E_z} \end{bmatrix} \cdot \frac{\left[\begin{matrix} \sigma_x \left(\frac{1}{E_x} - \frac{\mu_{xy}}{E_y} - \frac{\mu_{xz}}{E_z} \right) \\ + \sigma_y \left(\frac{1}{E_y} - \frac{\mu_{xy}}{E_y} - \frac{\mu_{yz}}{E_z} \right) \\ + \sigma_z \left(\frac{1}{E_z} - \frac{\mu_{xz}}{E_z} - \frac{\mu_{yz}}{E_z} \right) \end{matrix} \right]^2 \times \left[\begin{matrix} \frac{1}{E_x} + \frac{1}{E_y} + \frac{E_z}{E_x E_y} - \frac{\mu_{yz}^2}{E_z} - \frac{\mu_{xz}^2}{E_z} \\ -\frac{E_z}{E_y^2} \mu_{xy} + 2 \cdot \left(\frac{\mu_{yz}}{E_x} + \frac{\mu_{xz}}{E_y} + \frac{\mu_{xy}}{E_y} \right) \\ + 2 \cdot \left(\frac{\mu_{xy} \mu_{yz}}{E_y} + \frac{\mu_{xy} \mu_{xz}}{E_y} + \frac{\mu_{xz} \mu_{yz}}{E_z} \right) \end{matrix} \right]}{18 \cdot \left[\begin{matrix} \frac{1}{E_x E_y} - \frac{\mu_{yz}^2}{E_x E_z} - \frac{\mu_{xy}^2}{E_y^2} \\ -2 \frac{\mu_{xy} \mu_{xz} \mu_{yz}}{E_y E_z} - \frac{\mu_{xz}^2}{E_y E_z} \end{matrix} \right]} \quad (15)$$

Представлений авторами метод визначення умов руйнування ґрунтується на припущенні, що гранична величина енергії формо змінення є постійною при всіх комбінаціях напружень σ_x , σ_y та σ_z . Для застосування критерію руйнування необхідно мати шість пружних констант і одне значення границі міцності при простому розтягу, яке дозволяє визначити величину граничної енергії.

Рівняння (15) приводиться до звичайного виразу енергетичної теорії міцності ізотропних матеріалів, якщо припускати, що:

$$E_x = E_y = E_z = E;$$

$$\mu_{xy} = \mu_{xz} = \mu_{yz} = \mu;$$

$$U_{ВИКР.Ф.} = \frac{1+\mu}{6E} \cdot \left[\begin{matrix} (\sigma_x - \sigma_y)^2 + \\ + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + \\ + (\sigma_y - \sigma_z)^2 \end{matrix} \right] \quad (16)$$

Хоча на початку даної роботи було констатовано, що пек можна віднести до ортотропних матеріалів, все ж таке твердження є суперечливим і не остаточним, оскільки за своєю природою даний матеріал має низку розбіжностей у своїй характеристиці, що ставить під сумнів поставлене нами остаточне твердження. Із ряду технічних причин досить важко чітко визначитись із характеристикою даного ізотропного

матеріалу, тому з метою створення «універсальності» запропонованої теорії, автори розглядають її і для напівортотропного матеріалу.

Застосування теорії руйнування для напівортотропного матеріалу. В якості прикладу практичного застосування виразу (15) розглянемо матеріал з однаковими властивостями у двох напрямках і відмінними у третьому. Припускаємо далі, що напруження є також однаковими у цих двох напрямках і відрізняються в третьому напрямі. Такі умови можуть існувати у посудинах сферичної форми, до яких можна віднести і корпус залізничної цистерни.

Нехай S_τ - границя міцності в тангенціальному напрямі при одновісному напруженні

$$\sigma_\tau = \sigma_x = \sigma_y;$$

$$\sigma_r = \sigma_z;$$

$$E_\tau = E_x = E_y;$$

$$E_r = E_z;$$

$$\alpha = \mu_{xy};$$

$$\beta = \mu_{xz} = \mu_{yz}.$$

Граничну величину енергії викривлення форми визначаємо із рівняння (15), припускаючи, що $\sigma_x = S_\tau$ та $\sigma_y = \sigma_z = 0$:

$$U_{\text{ГРАНИЧ.}} = \frac{S_{\tau}^2}{2E_r} \cdot \left\{ 1 - \frac{\left[1 - \alpha - \beta \frac{E_{\tau}}{E_r} \right]^2 \cdot \left[(1 - \alpha) \frac{E_{\tau}}{E_r} + 2 \cdot (1 + 2\beta) \right]}{9 \cdot \left(1 - \alpha - 2\beta^2 \frac{E_{\tau}}{E_r} \right)} \right\}. \quad (17)$$

Енергію викривлювання для напівортотропного матеріалу при $\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z$ та $\sigma_r = \sigma_z$ також отримуємо із виразу (15):

$$U_{\text{ВИКР.Ф.}} = \frac{\sigma_{\tau}^2}{2E_{\tau}} \cdot \left\{ \frac{\begin{aligned} &+ 2 \cdot (1 + \alpha) + \left(\frac{\sigma_r}{\sigma_{\tau}} \right)^2 \frac{E_r}{E_{\tau}} - 4\beta \cdot \left(\frac{\sigma_r}{\sigma_{\tau}} \right) \frac{E_{\tau}}{E_r} \\ &\left[2 \cdot \left(1 - \alpha - \beta \frac{E_{\tau}}{E_r} \right) + (1 - 2\beta) \cdot \left(\frac{\sigma_r}{\sigma_{\tau}} \right) \frac{E_{\tau}}{E_r} \right]^2 \cdot \left[(1 - \alpha) \frac{E_{\tau}}{E_r} + 2 \cdot (1 + 2\beta) \right] \end{aligned}}{9 \cdot \left(1 - \alpha - 2\beta^2 \frac{E_{\tau}}{E_r} \right)} \right\}. \quad (18)$$

Прирівнюючи значення енергії викривлення виразу (17), отримуємо вираз для розрахунку форми, згідно виразу (18), і граничну енергію з шуканої величини напруження руйнування:

$$\sigma_{\tau}^{\text{руйнув.}} = S_{\tau} \cdot \left\{ \frac{\begin{aligned} &1 - \frac{\left(1 - \alpha - \beta \frac{E_{\tau}}{E_r} \right)^2 \cdot \left[(1 - \alpha) \frac{E_{\tau}}{E_r} + 2 \cdot (1 + 2\beta) \right]}{9 \cdot \left(1 - \alpha - 2\beta^2 \frac{E_{\tau}}{E_r} \right)} \\ &\left[\begin{aligned} &+ 2 \cdot (1 - \alpha) \\ &+ \left(\frac{\sigma_r}{\sigma_{\tau}} \right)^2 \frac{E_r}{E_{\tau}} \\ &- 4 \cdot \beta \frac{\sigma_r}{\sigma_{\tau}} \frac{E_{\tau}}{E_r} \end{aligned} \right] \cdot \frac{\left[2 \cdot \left(1 - \alpha - \beta \frac{E_{\tau}}{E_r} \right) + (1 - 2\beta) \frac{\sigma_r}{\sigma_{\tau}} \frac{E_{\tau}}{E_r} \right]^2 \cdot \left[(1 - \alpha) \frac{E_{\tau}}{E_r} + 2 \cdot (1 + 2\beta) \right]}{9 \cdot \left(1 - \alpha - 2\beta^2 \frac{E_{\tau}}{E_r} \right)} \end{aligned}}{9 \cdot \left(1 - \alpha - 2\beta^2 \frac{E_{\tau}}{E_r} \right)} \right\}. \quad (19)$$

Висновок

У представленому дослідженні отриманий вираз для енергії формозмінення, знехтувавши в загальній енергії деформування ту частину, яка пов'язана з однаковою зміною об'єму при відсутності явища викривлення форми. Із наведеного матеріалу видно, що руйнування відповідає досягненню границі пружності, коли зсув у деякій точці кристалографічної площини переходить границю лінійної відповідності між напруженням і деформацією.

Припускається, що гранична величина енергії викривлення форми, яка описується рівнянням (15), є сталою при всіх комбінаціях σ_x , σ_y та σ_z де застосовується дев'ять пружних сталей матеріалу, хоча традиційно прийнято вважати, що для визначення величини граничної енергії викривлення форми необхідно лише шість пружних ста-

лих матеріалу і одну границю текучості. Автори вважають, що прийняті допущення сприяють полегшенню у проведенні розрахунків і нададуть можливість запропонованій теорії руйнування ортотропних матеріалів бути більш доступною при практичному застосуванні.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Висновок № 2141/2385 комплексної залізнично-транспортної та хімічної експертизи за позовом Державного територіально-галузевого об'єднання «Львівська залізниця» від 26.10.2011, м. Львів [Текст].
2. Фесик, С. П. Справочник по сопротивлению материалов [Текст] / С. П. Фесик. – 2-е изд. – К.: Будівельник, 1982. – 280 с.

Надійшла до редколегії 08.12.2011.
Прийнята до друку 14.12.2011.

А. Я. КУЛИЧЕНКО, А. Р. МИЛЯНИЧ

ТЕОРИЯ РАЗРУШЕНИЯ ОРТОТРОПНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВИДЕ ОСТАТКОВ ЗАСТЫВШЕГО ПЕКА В КОТЛАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЦИСТЕРН

Для определения условий разрушения изотропных материалов при трехосном напряженном состоянии предложено большее количество критериев и предположено, что для определения условий разрушения ор-
тотропных материалов можно применять энергию формоизменения.

Ключевые слова: пек, разрушение, материал, напряжение, деформация, коэффициент, форма, энергия

A. Ya. KULICHENKO, A. R. MILYANYCH

THEORY OF DESTRUCTION OF ORTHOTROPIC MATERIALS AS THE SOLIDIFIED PITCH RESIDUES IN RAILWAY TANK BOILERS

To determine the conditions of destructing isotropic materials under triaxial stress state more criteria are proposed and it is suggested that for determining the conditions of destructing orthotropic materials the distortion energy can be used.

Keywords: pitch, destruction, material, stress, strain, factor, form, energy

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ СЦЕПЛЕНИЯ НА ФАКТОР ИЗНОСА ГРЕБНЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВОВ

Приведен анализ влияния различных факторов (значение направляющего усилия, угла набегания колеса на рельс, применение песка) на показатель износа гребней колесных пар локомотивов.

Ключевые слова: изнашивание гребней колес, фактор износа, сцепление, сила трения, относительное проскальзывание.

Проблема изнашивания гребней колес подвижного состава и рельсов железных дорог имеет достаточную историю и появилась вместе с зарождением железнодорожного транспорта. Решением данной проблемы занимались на протяжении многих лет, как отдельные выдающиеся ученые, так и целые научно-исследовательские коллективы. За этот период накоплен огромный опыт как по моделированию взаимодействия пути и подвижного состава, так и по проектированию устройств, обеспечивающих снижение интенсивности износа гребней подвижного состава и рельсов. Анализ существующих вариантов возможного решения данной проблемы показывает, что одни из важных факторов, каким являются условия сцепления, до сих пор рассматривался как безусловно влияющий на износ бандажа и рельсов, но не лимитирующий [1, 2]. Такой подход был обусловлен общей тенденцией наращивания мощности тягового подвижного состава и увеличением массы поездов. При этом не принималось во внимание, при каком физико-химическом состоянии поверхностей рельсов и каким методом достигается увеличение реализуемого коэффициента сцепления.

Однако результаты многих исследований показывают, что значения весовых норм, установленные на ряде участков, зачастую не соответствуют реальным значениям физического коэффициента сцепления. Прохождение таких участков сопровождается использованием искусственных методов улучшения сцепления, наиболее распространенным из которых является подсыпка песка.

Существенное ухудшение сцепления наблюдается на кривых участках пути с малыми значениями радиуса кривых. То есть именно при тех условиях, которые являются наиболее неблагоприятными с точки зрения износа гребней из-за наличия больших значений направляющего усилия и угла набегания колеса на рельс. Применение песка в кривых в режиме

реализации предельных сил сцепления, характеризующемся увеличенным проскальзыванием, в сочетании с перечисленными выше факторами приводит к многократному возрастанию показателя износа.

Существующей практикой вождения поездов использование песка никак не лимитируется, а сам расход песка не контролируется. Зачастую подача песка используется машинистами, как превентивная мера, еще до появления буксования. Сами правила определения весовых норм предусматривают применение песка. Следовательно, преодоление расчетных подъемов с поездами нормированной массы в метеоусловиях, отличных от нормальных, всегда сопровождается подсыпкой песка.

Ввиду непрерывно изменяющихся реальных условий эксплуатации локомотивов, точный статистический анализ влияния условий сцепления на интенсивность износа гребней затруднителен. Однако опыт наблюдения за износом рельсов показывает на то, что наибольший их боковой износ приходится на участки со сложным планом и профилем пути, причем на тех участках, где не используется рекуперативное торможение, наблюдается существенное увеличение износа рельсов на подъемах по сравнению с износом на спусках.

Одним из наиболее негативных последствий применения песка является сведение практически до нуля эффективности смазывания гребней колес подвижного состава и рельсов. Как практика, так и расчеты показывают, что использование смазки гребней и боковых граней головки рельсов несколько ухудшают условия сцепления. Таким образом, существует противоречие, заключающееся в том, что преодоление участков со сложным профилем и, как правило, планом пути с использованием смазки гребней требует дополнительных мер улучшения сцепления, а именно – подачи песка.

Рассмотрим влияние условий сцепления на износ гребней с помощью наиболее часто ис-

пользуемого энергетического критерия. В качестве фактора износа примем работу сил трения, приходящуюся на единицу пройденного пути

$$\Phi = \frac{A}{L}, \quad (1)$$

где A – работа силы трения;
 L – величина пройденного пути.

Учитывая, что мощность потерь на трение равна произведению силы трения на скорость скольжения, после преобразований формулы (1) получим

$$\Phi = \varepsilon_{\Gamma} F_{\Gamma\Gamma}, \quad (2)$$

где ε_{Γ} – относительное скольжение в точке контакта гребня с рельсом;

$F_{\Gamma\Gamma}$ – сила трения в точке контакта.

$$\varepsilon_{\Gamma} = \frac{v_{\Gamma}}{v_0}, \quad (3)$$

где v_{Γ} – скорость скольжения гребня по рельсу;

v_0 – поступательная скорость центра колеса.

Сила трения в контакте

$$F_{\Gamma\Gamma} = fN, \quad (4)$$

где f – коэффициент трения;
 N – нормальное усилие в контакте.

По формуле (2) фактор износа гребня прямо пропорционален относительному скольжению ε_{Γ} , которое зависит от условий сцепления и может быть определено по значению относительного скольжения поверхности катания направляющего колеса $\varepsilon_{\text{К}}$ и геометрическим параметрам вписывания в кривую.

На рис. 2 приведена кинематическая схема взаимодействия колеса с рельсом. В точке A поверхность катания колеса контактирует с рельсом. При свободном качении без проскальзывания скорость точки A равна нулю, при наличии тягового момента точка A проскальзывает по поверхности рельса со скоростью $v_{\text{К}}$. При этом мгновенный центр скоростей колеса перемещается из точки A в точку A_0 . В точке M происходит контактирование гребня колеса с боковой гранью рельса с забегом, равным b . Величина забега определяется по формуле [3]

$$b = \frac{D_{\text{К}}}{2} \cdot \text{tg}\theta \cdot \text{tg}\alpha, \quad (5)$$

где $D_{\text{К}}$ – диаметр колеса;
 θ – угол наклона гребня;
 α – угол набегания колеса на рельс.

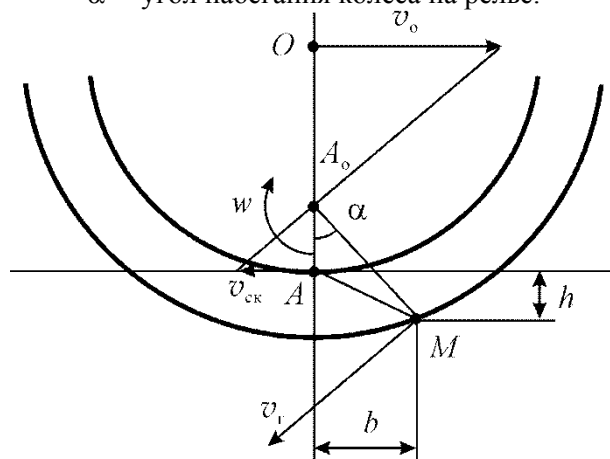


Рис. 1. Кинематическая схема взаимодействия колеса с рельсом

В соответствии со схемой на рис. 1 скорость скольжения гребня

$$v_{\Gamma} = \omega \cdot |A_0M|, \quad (6)$$

где ω – угловая скорость колеса, которую можно найти по формуле

$$\omega = \frac{v_0}{0,5D_{\text{К}} - C}, \quad (7)$$

где C – ордината мгновенного центра скоростей.

$$C = \frac{D_{\text{К}}\varepsilon_{\text{К}}}{2(1 + \varepsilon_{\text{К}})}, \quad (8)$$

где $\varepsilon_{\text{К}}$ – относительное скольжение поверхности катания колеса.

$$\varepsilon_{\text{К}} = \frac{v_{\text{К}}}{v_0}, \quad (9)$$

где $v_{\text{К}}$ – скорость скольжения поверхности катания в точке A .

При работе в зоне упругого скольжения (см. рис. 2) и относительных проскальзываниях, меньших критического $\varepsilon_{\text{ККР}}$ ($\varepsilon_{\text{К}} \approx 0,02$), формула (8) может быть преобразована к виду

$$C = 0,5D_{\text{К}}\varepsilon_{\text{К}}. \quad (10)$$

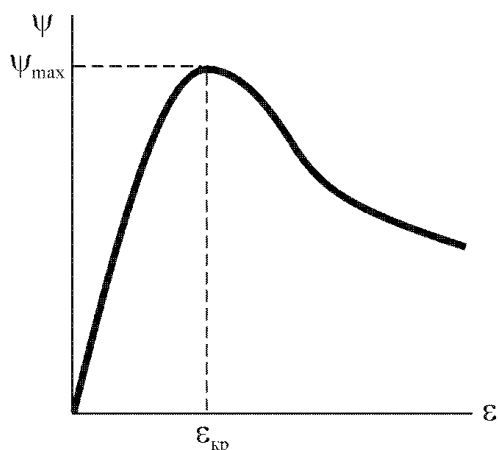


Рис. 2. Кривая сцепления

При тех же условиях формула (7) будет иметь вид

$$\omega = \frac{2v_0}{D_K} \quad (11)$$

Расстояние от мгновенного центра скоростей до точки контакта гребня колеса с рельсом будет равно

$$|A_0M| = \sqrt{b^2 + (c+h)^2}, \quad (12)$$

где h – глубина точки контактирования гребня с рельсом, которая определяется геометрией поверхностей пары колесо-рельс, а также величиной угла набегания.

Объединив формулы (2–6, 11, 12), получим выражение для фактора износа гребня

$$\Phi = \frac{2fN}{D_K} \sqrt{b^2 + (C+h)^2}. \quad (13)$$

Нормальное усилие N может быть выражено в функции от направляющего усилия

$$N = \frac{Y}{v \cdot \sin \theta}, \quad (14)$$

где $v = 1 - f \cdot \operatorname{ctg} \theta \cdot \sin \alpha$;

θ – угол наклона гребня колеса;

α – угол AA_0M (см. рис. 1).

Угол α будет увеличиваться с ростом углов набегания δ и наклона гребня θ , и уменьшаться с ростом относительного скольжения ϵ_K .

Используя формулу (13) исследуем характер и степень влияния сцепных свойств локомотивов на интенсивность износа гребней колесных пар в зоне упругого скольжения характеристики сцепления.

Найдем зависимость фактора износа от относительного проскальзывания ϵ .

Для удобства анализа будем рассматривать относительный показатель, приведенный к фактору износа при отсутствии проскальзывания

$$\Phi_{\text{отн}} = \frac{\Phi}{\Phi_0}, \quad (15)$$

где Φ_0 – базовый показатель износа при $\epsilon = 0$.

Здесь необходимо отметить, что даже при отсутствии тягового усилия в кривой может наблюдаться проскальзывание наружного колеса из-за разницы путей, проходимых колесами одной пары по наружному и внутреннему рельсам, но, как правило, при выбеге проскальзывает внутреннее колесо [3].

Анализ зависимости фактора износа от проскальзывания будем проводить по формуле (13). Рассмотрим изменение относительного проскальзывания ϵ в пределах от нуля до 0,02. Такой интервал изменения ϵ соответствует нормальным условиям реализации силы тяги – без боксования. Угол набегания колеса на рельс δ будем рассматривать в пределах от нуля до 0,02. Коэффициент трения f и направляющее усилие Y будем считать независимыми от проскальзывания ϵ .

Таким образом, параметр Φ/Φ_0 по формуле (15) будет определяться соответствующим соотношением расстояний $|A_0M|$ по формуле (12).

В табл. 1 приведены результаты расчетов параметра Φ/Φ_0 для различных значений проскальзывания ϵ и угла набегания δ . Глубина контакта h была принята равной 10 мм.

Графически зависимости $\Phi/\Phi_0 = F(\epsilon)$ для различных значений угла набегания представлены на рис. 3.

Таблица 1

Зависимости параметра Φ/Φ_0 от относительного проскальзывания ϵ

ϵ	Φ/Φ_0				
	$\delta = 0$	$\delta = 0,005$	$\delta = 0,01$	$\delta = 0,015$	$\delta = 0,02$
0	1	1	1	1	1
0,005	1,3	1,19	1,09	1,05	1,03
0,01	1,6	1,38	1,19	1,1	1,07
0,015	1,9	1,59	1,31	1,16	1,11
0,02	2,2	1,81	1,43	1,24	1,15

Из рис. 3 видно, что наибольшая степень возрастания фактора износа гребня при переходе от выбега на режим тяги соответствует ми-

нимальному углу набегания $\delta = 0$. То есть – тому условию, при котором абсолютное значение фактора износа минимальное. При малых значениях δ , как известно невелико и направляющее усилие Y .

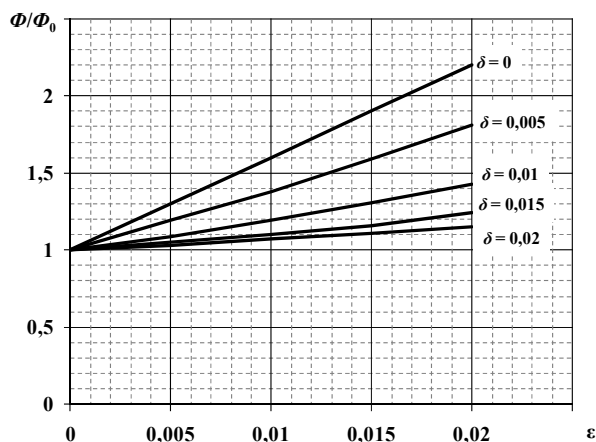


Рис. 3. Зависимость параметра Φ/Φ_0 от относительного скольжения

При больших углах набегания δ , при которых абсолютное значение фактора износа максимально, увеличение проскальзывания от нуля до наибольшего значения 0,02 приводит к увеличению параметра Φ всего лишь на 15 %.

Таким образом, само по себе высокое тяговое усилие, реализуемое локомотивом без бук-

сования, то есть при $\delta \leq 0,02$, не может быть причиной сверхнормативного износа гребней колесных пар, которое наблюдается на участках сети железных дорог со сложным планом и профилем пути.

Как показали исследования, к многократному увеличению фактора износа гребней колесной пары приводит её буксование при подаче песка, как превентивная мера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабичков, А. М. Тяга поездов и тяговые расчеты [Текст] / А. М. Бабичков, П. А. Гурский, А. П. Новиков. – М. : Транспорт, 1971. – 280 с.
2. Бовэ, Е. Г. О допустимой чувствительности реле буксования [Текст] / Е. Г. Бовэ // Электрическая и тепловая тяга. – 1963. – № 6. – С. 38–41.
3. Минов, Д. К. Повышение тяговых свойств электровозов и тепловозов с электрической передачей [Текст] / Д. К. Минов. – М. : Транспорт, 1956. – 268 с.

Поступила в редколлегию 12.12.2011.
Принята к печати 15.12.2011.

А. М. АФАНАСОВ, А. И. КИЙКО, С. В. АРПУЛЬ

АНАЛІЗ ВПЛИВУ УМОВ ЗЧЕПЛЕННЯ НА ФАКТОР ЗНОСУ ГРЕБЕНІВ КОЛІСНИХ ПАР ЛОКОМОТИВІВ

Наведено аналіз впливу різних факторів (значення спрямованого зусилля, кута набігання колеса на рейку, застосування піску) на показник зносу гребенів колісних пар локомотивів.

Ключові слова: зношення гребенів коліс, фактор зношення, зчеплення, сила тертя, відносно проковзування

A. M. AFANASOV, A. I. KYIKO, S. ARPUL'

ANALYSIS OF INFLUENCING OF TERMS OF COUPLING ON THE FACTOR OF WEAR OF COMBS OF THE WHEEL PAIRS OF LOCOMOTIVES

An analysis over of influence of different factors (value of directing effort, corner of running-on of wheel on a rail, application of sand) is brought on the index of wear of combs of wheelpairs of locomotives.

Keywords: wear of combs of wheels, factor of wear, coupling, force of friction, relative slipping

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Рассчитано время безотказной работы современного электронного регулятора напряжения низковольтных цепей. Выполнен сравнительный анализ с типовыми регуляторами.

Ключевые слова: надежность, узел управления, регулирование напряжения

Введение

Обеспечение бесперебойной работы электрифицированных железных дорог требует применения надежной системы питания электроэнергией цепей управления электроподвижным составом. Высокая надежность систем управления электроподвижным составом – одно из условий безопасности движения поездов на железных дорогах Украины.

Согласно ГОСТ 2.601-95 “Эксплуатационные документы” к эксплуатационным показателям систем относятся понятия, связанные с параметрами и характеристиками, техническими обслуживаниями и ремонтами, транспортировкой, хранением, утилизацией, гарантийными обязательствами и другие данные об изделии, интересующие заказчика и производителя [1]. К эксплуатационным показателям систем автоматического регулирования напряжения низковольтных цепей электроподвижного состава относятся надежность в эксплуатации, постоянство и точность среднего значения напряжения с допустимыми параметрами автоколебаний, расходы на содержание, собственное энергопотребление [2].

Основную массу электроподвижного состава (ЭПС) постоянного тока железных дорог Украины составляют: электровагоны ВЛ8, ВЛ10, ВЛ11м, ЧС2 и ЧС7, а также электропоезда ЭР1 и ЭР2. На указанных электровагонах и электропоездах питание цепей управления, освещения, сигнализации, устройств локомотивной сигнализации осуществляется от генератора постоянного тока.

Анализ данных, приведенных в технической литературе [3] показывает, что из элементов, входящих в структуру системы питания цепей управления, наименее надежными являются узлы управления. Следует отметить, что речь идет не только о полном отказе узла управления, но и о сверхнормативном отклонении его рабочих параметров в процессе эксплуатации подвижного состава, которое приводит к выхо-

ду из строя других узлов цепей управления и ухудшению эксплуатационных показателей элементов системы управления.

Постановка задачи

Надежность является комплексным свойством, которое включает в общем случае безотказность, ремонтпригодность, долговечность, сохраняемость [4]. Все указанные факторы в конечном итоге влияют на эксплуатационные расходы, связанные с системами автоматического регулирования напряжения низковольтных цепей ЭПС и требует более детального рассмотрения. С помощью показателей надежности выполняется оценка случайных величин – времени безотказной работы, времени восстановления, времени сохранения параметров при хранении, наработка аппаратуры или ее элементов до отказа.

Материалы исследований

Аналізу надежности бесконтактных систем управления и бесконтактных регуляторов напряжения на полупроводниковых элементах ЭПС посвящены исследования ВЭЛНИИ и ВНИИЖТа [5, 6]. Эти работы посвящены поиску путей совершенствования бесконтактных регуляторов напряжения электровагонов переменного тока ВЛ80К. В них показано, что для данного класса систем распределение отказов описывается экспоненциальным законом распределения, а в качестве основных характеристик надежности, рекомендовано принять взаимосвязанные показатели – вероятность безотказной работы, среднее время безотказной работы и интенсивность отказов.

В общей практике для определения вероятности безотказной работы релейной и электронной аппаратуры в течение некоторого интервала t также используется экспоненциальный закон распределения безотказной работы [4]

$$P(t) = e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

где λ – интенсивность отказов.

При определении параметров по (1) обычно предполагают, что аппаратура прошла период приработки, поток отказов является простейшим, старение элементов отсутствует. Расчетный период для аппаратуры систем управления ЭПС чаще всего принимают равным семи годам (22995 часов) работы. Этот период приблизительно соответствует времени пробега ЭПС между очередными заводскими ремонтами [3].

Наименьшая статистическая вероятность отказов узлов управления типа СРН-8 составляет $\lambda_{PH} = 0,00105 \text{ ч}^{-1}$. Следовательно, распределение вероятности безотказной работы

$$P(t) = e^{-0,00105t}. \quad (2)$$

Средняя наработка на отказ [4]

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_{PH}}. \quad (3)$$

Для $\lambda_{PH} = 0,00105 \text{ ч}^{-1}$ имеем $T_{cp} \approx 952 \text{ ч}$.

Вероятность безотказной работы узлов управления низковольтным напряжением за расчетный период (22995 ч.) согласно (2)

$$P(t) = 3,266 \cdot 10^{-11}.$$

Показатели долговечности, в отличие от показателей безотказности, обычно не рассчитываются, а назначаются с учетом опыта эксплуатации аналогичных типов аппаратуры и экономических факторов [4].

Среднее время восстановления одного экземпляра узла управления низковольтным напряжением (без учета операций снятия, обдувки и др..) на основе данных, которые представлены в [7], в дальнейшем примем $T_B = 1,087 \text{ ч}$.

Интенсивность восстановления релейной аппаратуры, к которой относятся и узлы управления, определяется как [4]

$$\mu_B = \frac{1}{T_B}. \quad (4)$$

При $T_B = 1,087 \text{ ч}$ получаем $\mu_B = 0,92 \text{ ч}^{-1}$.

Вероятность восстановления аппаратуры при простейшем потоке моментов завершения операций по восстановлению определяется как:

$$P_B(t) = 1 - e^{-\mu_B t}, \quad (5)$$

где t – часовой интервал, который отводится на восстановление аппарата. Принимаем $t = 1 \text{ час}$ [4]. Тогда вероятность восстановления составит $P_B(t) = 0,60$.

Стоимость работ по ремонту и техническому

обслуживанию панели управления электропоезда ЭР1 или ЭР2 на один миллион километров пробега составляет 21,3 % от общих расходов на работы по обслуживанию и ремонту всей низковольтной электрической аппаратуры цепей управления электропоезда и 22,3 % временных затрат. Причем, на техническое обслуживание в объеме ТОЗ приходится 18,9 % денежных и 17,9 % временных затрат. Таким образом, поддержание надежности элементов панели управления, основным элементом которой является регулятор напряжения, на требуемом техническом уровне, сопряжено с существенными расходами.

Известно, что техническое обслуживание панелей управления предусматривает выполнение ручных операций: зачистка контактов, настройки, проверка крепления и др., которые сложно механизировать и автоматизировать. Поэтому единственный путь снижения затрат на содержание панелей управления состоит в разработке устройств, которые:

- по своей конструкции исключают в эксплуатации работы по зачистке и измерению износа контактов, регулирование и другие операции по приведению узла в работоспособное состояние;

- позволяют сократить количество ремонтов и технических обслуживаний.

Иначе говоря, решение задачи требует разработки узлов управления источниками питания с более высокими по сравнению с существующими показателями надежности, которые не требуют текущих ремонтов, осмотров и которые позволяют повысить уровень унификации таких узлов для разных моделей ЭПС. Указанными свойствами могут обладать устройства на базе микроконтроллеров и высоконадежных полупроводниковых ключей. Один из возможных вариантов такой схемы представлен на рис. 1.

Для определения показателей надежности на практике используется метод среднегрупповой интенсивности отказов [4, 5, 6]. Он основан на положении об экспоненциальном законе распределения времени безотказной работы элементов схемы. Такой подход позволяет оценить надежность по интенсивности отказов элементов, которая является средней для множества элементов данного типа. Данные отказов, полученные экспериментально для конкретных элементов приводятся в специальной литературе [4, 8]. С точки зрения надежности, в рассматриваемой схеме отсутствуют резервные группы, то есть, имеет место группа последовательно соединенных независимых элементов с самым простым потоком отказов, что отображено на рис. 2.

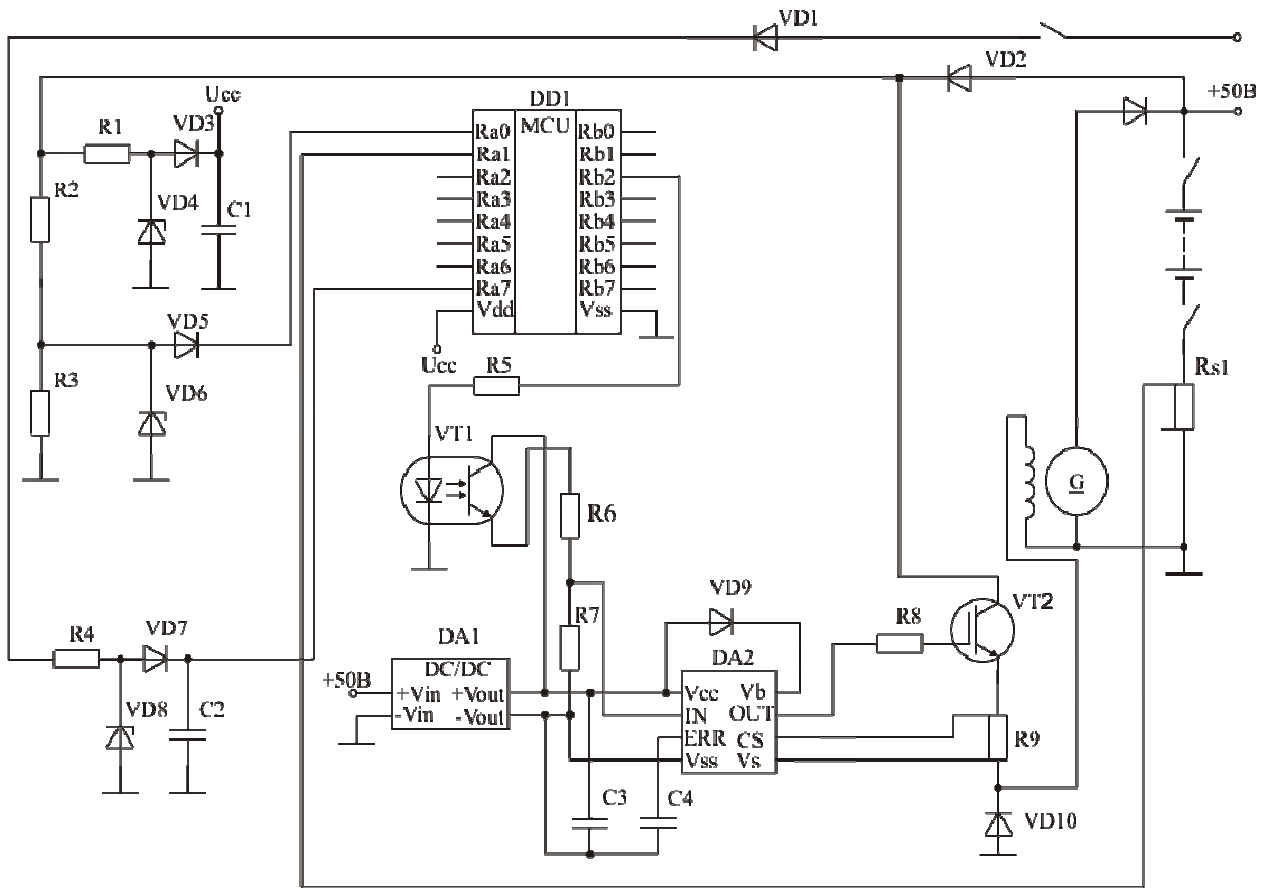


Рис. 1. Принципиальная схема узла управления напряжением на современной элементной базе

Интенсивность отказов устройств или системы, состоящей из m элементов, определяется [4]

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m \lambda_i \cdot k_i, \quad (6)$$

где λ_i – интенсивность отказов i -того элемента;
 k_i – коэффициент, учитывающий условия

работы i -того элемента системы (коэффициент нагрузки).

Наработка на отказ устройства (системы), которая состоит из m элементов, определяется как [3, 4]

$$T_{\text{отк}} = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}}, \text{ ч.} \quad (7)$$

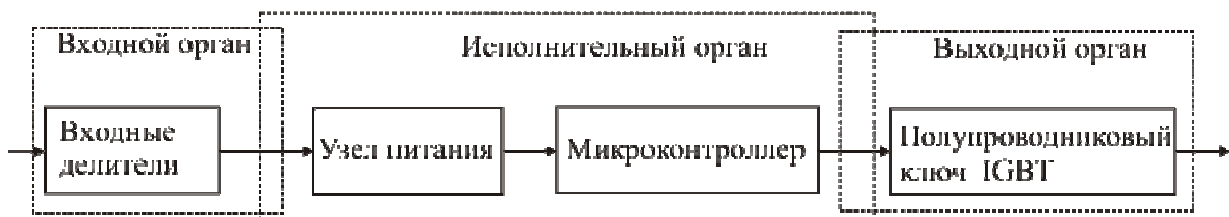


Рис. 2. Логическая схема узла управления на основе микроконтроллера и IGBT

В табл. 1 представлен расчет показателей надежности разработанной автором схемы узла управления.

В представленном расчете, коэффициенты нагрузки схемы определены с учетом их режимов работы и рассчитаны по следующим выражениям [4].

Коэффициент нагрузки резисторов

$$k_{\text{рез}} = \frac{P_{\text{рас}}}{P_{\text{ном}}}, \quad (8)$$

где $P_{\text{рас}}$, $P_{\text{ном}}$ – рассеиваемая и номинальная мощность резистора, Вт.

Коэффициент электрической нагрузки конденсаторов

$$k_{\text{конд}} = \frac{U_{\text{раб}}}{U_{\text{ном}}}, \quad (9)$$

где $U_{раб}$, $U_{ном}$ – соответственно рабочее и номинальное напряжение, В.

Коэффициент электрической нагрузки полупроводниковых приборов рассчитываем следующим образом.

Таблица 1

Расчет интенсивности отказов узла управления на основе микроконтроллера и IGBT

Позиционное обозначение	Количество n	$k_i \cdot 10^{-3}$	$\lambda_i, 10^{-6} \cdot \text{ч}^{-1}$	$k_i \cdot \lambda_i \cdot n, 10^{-9} \cdot \text{ч}^{-1}$
VD1	1	5	0,2	1
VD2	1	300	0,2	60
VD3	1	0,08	0,2	16
VD4	1	91	0,2	18
VD5	1	0,08	0,2	16
VD6	1	91	0,2	18
VD7	1	0,08	0,2	16
VD8	1	91	0,2	18
VD9	1	300	0,2	60
VD10	1	300	0,2	60
VT1	1	10	0,5	5
VT2	1	100	0,16	16
DD1	1	300	0,1	30
DA1	1	100	0,1	10
DA2	1	100	0,16	16
C1,C2, C3,C4	4	125	0,06	30
R1	1	300	0,04	12
R2	1	50	0,04	10
R3	1	50	0,04	10
R4	1	50	0,04	10
R5	1	50	0,04	10
R6	1	50	0,04	10
R7	1	50	0,04	10
R8	1	300	0,04	12
R9	1	300	0,04	12
Паек	73	500	0,1	3650
Интенсивность отказов без пайки				486
Интенсивность отказов с пайками				4136

Для диодов

$$k_{\text{диод}} = \frac{I_{\text{раб}}}{I_{\text{ном}}} \cdot \frac{U_{\text{обр.раб}}}{U_{\text{обр.ном}}}, \quad (10)$$

где $I_{ном}$, $I_{раб}$ – номинальный и рабочий ток полупроводникового диода, А;

$U_{обр.ном}$, $U_{обр.раб}$ – номинальное и рабочее

обратное напряжение на $p-n$ переходе полупроводникового диода, В.

Для транзисторов

$$k_{\text{транз}} = \frac{I_{к.раб}}{I_{к.ном}} \cdot \frac{U_{кэ.раб}}{U_{кэ.ном}}, \quad (11)$$

где $I_{к.ном}$, $I_{к.раб}$ – номинальный и рабочий токи коллектора транзистора, А;

$U_{кэ.ном}$, $U_{кэ.раб}$ – номинальное и рабочее напряжение на переходе коллектор-эмиттер полупроводникового транзистора, В.

Коэффициент электрической нагрузки микроконтроллера принят в пределах 0,3...0,5, что совпадает с рекомендациями для общепромышленных электрических устройств [4].

В табл. 2 представлены результаты расчета показателей безотказной работы предлагаемого узла управления.

Таблица 2

Сравнение показателей безотказности узлов управления

Тип узла	Интенсивность отказов $\lambda_i, \text{ч}^{-1}$	$T_{\text{отк}}, \text{ч}$	Вероятность безотказной работы $P(t)$ через 7 лет эксплуатации (22995 ч)
СРН-8	$1,05 \cdot 10^{-3}$	952,4	$3,26 \cdot 10^{-11}$
По рис. 2	$4,136 \cdot 10^{-6}$	241779	0,909

Наиболее наглядным является сравнение графических зависимостей распределения вероятности безотказной работы узлов управления, которые представлены на рис. 3.

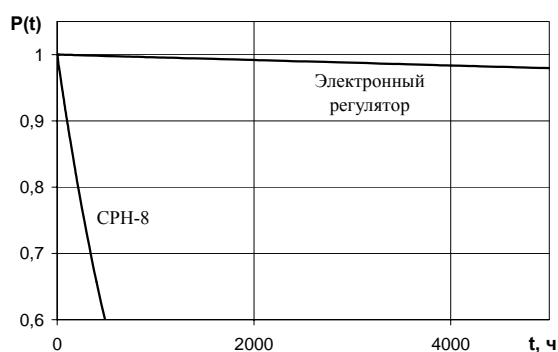


Рис. 3. График распределения вероятности безотказной работы узлов управления напряжения

Анализ полученных графиков показывает, что вероятность безотказной работы узла управления на современной элементной базе составляет 0,91 через семь лет эксплуатации. Для традиционного узла управления, который находится в эксплуа-

тации, время безотказной работы сравнительно низкое, что целиком подтверждается практикой – ремонт и обслуживание производится на каждом ТОЗ [3].

Вероятность безотказной работы узла управления на основе угольного регулятора типа СРН-8 через семь лет эксплуатации не сопоставима с аналогичным показателем предлагаемого блока, поскольку фактически установленный при заводском ремонте новый блок СРН-8 за этот период времени многократно заменяется. Поэтому для сравнения определим вероятность безотказной работы узлов управления через расчетное время наработки на отказ для СРН-8, т.е. через 952 часа эксплуатации.

Для СРН-8 получим $P(t) = 0,368$. Для схемы на основе микроконтроллера получим соответственно $P(t) = 0,996$, что в 2,7 раза больше, чем для СРН-8.

Проведенные исследования показывают, что узлы управления систем автоматического регулирования цепей управления на современной элементной базе позволяют существенно повысить надежность действующих систем питания и увеличить межремонтные пробеги. Так для электропоездов ЭР1 и ЭР2 обслуживание панелей управления низковольтных цепей выполняется во время ТОЗ через пять суток работы или 45 часов рабочего времени электропоезда. При этом вероятность безотказной работы на этот момент времени согласно (2) достигнет значения 0,954.

Для узла управления на микроконтроллере вероятность безотказной работы величиной 0,954 будет соответствовать

$$t = -\frac{\ln P(t)}{\lambda(t)}, \quad (12)$$

$$t = -\frac{\ln 0,954}{4,136 \cdot 10^{-6}} = 11424 \text{ ч.}$$

Эта величина составляет половину срока эксплуатации электропоезда между капитальными ремонтами КР1 (7 лет или 22995 часов эксплуатации).

Вывод

Приведенный расчет показал возможность исключения узлов управления систем автома-

тического регулирования напряжения из программы деповских ремонтов за счет значительного повышения надежности. Достаточным является проведение лишь технического обслуживания во время текущего ремонта объемом ТР2, т.е. не более трех раз в промежутке между капитальными ремонтами в объеме КР1. Причем, само техническое обслуживание предусматривает проверку креплений выводов, исправности корпусов, очистки поверхностей печатных плат от пыли путем продувки сжатым воздухом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эксплуатационные документы. Единая система конструкторской документации [Текст]: ГОСТ 2.601-95. – М.: Госстандарт России, 1995. – 30 с.
2. ДСТУ 2773-94 Апарати електричні тягові. Загальні технічні умови [Текст]; Введ. 01.07.96. – К.: Держстандарт України, 1996. – 74 с.
3. Белухин, Д. С. Повышение эксплуатационных показателей систем автоматического регулирования напряжения низковольтных цепей электроподвижного состава [Текст]: дис... на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.22.09 / Д. С. Белухин. – Д., 2010. – 202 с.
4. Справочник по теоретическим основам радиоэлектроники [Текст]: в 2 т. / ред. Б. Х. Кривичкий, В. Н. Дулин. – М.: Энергия, 1977. – Т. 1. – 504 с.
5. Плахов, Н. М. Исследование надежности бесконтактных регуляторов напряжения [Текст] / Н. М. Плахов, А. П. Штанько // Сб. тр. ВЭЛНИИ «Электровозостроение». – 1970. – № 12 – С. 161-165.
6. Литвин, А. Г. Расчет надежности бесконтактных систем управления применяемых на подвижном составе [Текст] / А. Г. Литвин // Сб. науч. тр. ВНИИЖТа. – М.: Транспорт, 1970. – Вып. 422. – С.117-123.
7. Сборник типовых технически обоснованных норм времени на слесарные работы при техническом обслуживании и текущем ремонте электропоездов ЭР1, ЭР2: Технологическо-нормировочные карты [Текст]. – М.: Транспорт, 1978. – 448 с.
8. Сборник задач по теории надежности [Текст] / ред. А. М. Половко, И. М. Маликов. – М.: Советское радио, 1972. – 408 с.

Поступила в редколлегию 05.11.2011.

Принята к печати 23.11.2011.

Д. С. БЛУХІН

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ

Розраховано час безвідмовної роботи сучасного електронного регулятора напруги низьковольтних кіл. Виконано порівняння з типовими регуляторами.

Ключові слова: надійність, вузол управління, регулювання напруги

D. S. BELUKHIN

IMPROVEMENT OF RELIABILITY OF SYSTEMS FOR AUTOMATIC REGULATING THE VOLTAGE OF ELECTRIC ROLLING STOCK

The faultless operation time of modern electronic voltage regulator for low-voltage chains is determined. A comparative analysis with model regulators is executed.

Keywords: reliability, control unit, voltage regulation

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РЕЖИМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ У ТЯГОВІЙ МЕРЕЖІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

У статті представлено результати, а саме, осцилограми перехідних фідерних електричних величин, отриманих експериментальними випробуваннями режимів короткого замикання при вимиканні різних типів підстанційних швидкодіючих вимикачів. Досліди було проведено на діючих електрифікованих ділянках ДП «Придніпровська залізниця».

Ключові слова: коротке замикання; напруга фідера; струм фідера

Найчастіше зазвичай теоретичні розрахунки та натурні досліди режимів короткого замикання (КЗ) в тяговій мережі здійснюються з метою вибору типу та параметрів релейного захисту і зокрема: визначення максимального та мінімального лише струму КЗ, характеру та швидкості його зміни, повного терміну часу вимикання швидкодіючого вимикача (ШВ) тощо. Натомість, автор поставив перед собою мету визначити нові критерії, ознаки характеру роботи системи, на основі яких можливо було б розробити нову (чи нові) системи фідерного захисту.

Розв'язання поставленої мети, може бути досягнуте лише за умови вивчення реакція швидкодіючих вимикачів різних типів в різних режимах КЗ на діючих ділянках системи тягового електропостачання.

Об'єктом натурних досліджень були елементи системи електричної тяги постійного стру-

му ДП «Придніпровська залізниця». Експерименти проводили відповідно до розроблених разом із співробітниками дорожньої електротехнічної лабораторії програм, узгоджених начальником та головним енергодиспетчером дистанції електропостачання та затверджених начальником служби електропостачання ДП «Придніпровська залізниця». Осцилографування перехідних електричних фідерних величин проводили за допомогою сучасного цифрового електровимірювального технічного засобу.

Нижче наведено результати експериментальних досліджень (рис. 1-4) (осцилограми та параметри) режимів КЗ в ТМ ряду електрифікованих ділянок, а саме: часові залежності фідерних струмів $i(t)$, вихідної напруги ТП (фідерної напруги) $u(t)$ та спаду напруги на електричній дузі ШВ $u_D(t)$.

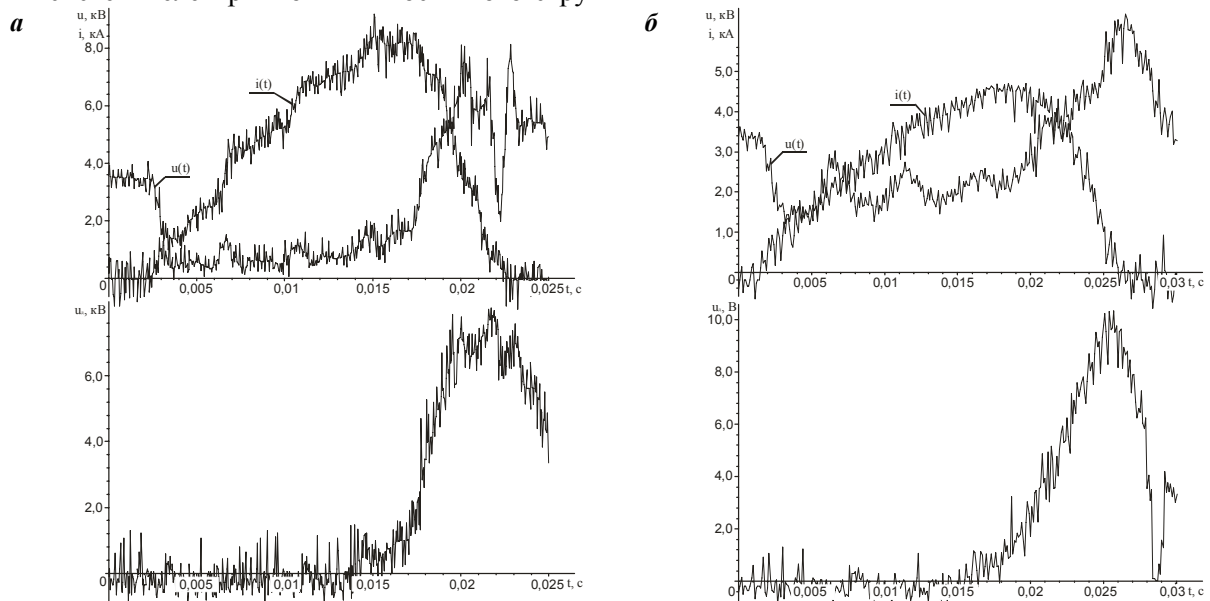


Рис. 1. Осцилограми зміни перехідних фідерних напруги $u(t)$ та струму $i(t)$, а також напруги дуги $u_D(t)$ ШВ під час вимикання ШВ 2×ВАБ-43 при: а – близькому КЗ $l = 0,5 \text{ км}$, $I_{уст} = 3500 \text{ А}$; б – середньому КЗ $l = 3,3 \text{ км}$, $I_{уст} = 3500 \text{ А}$

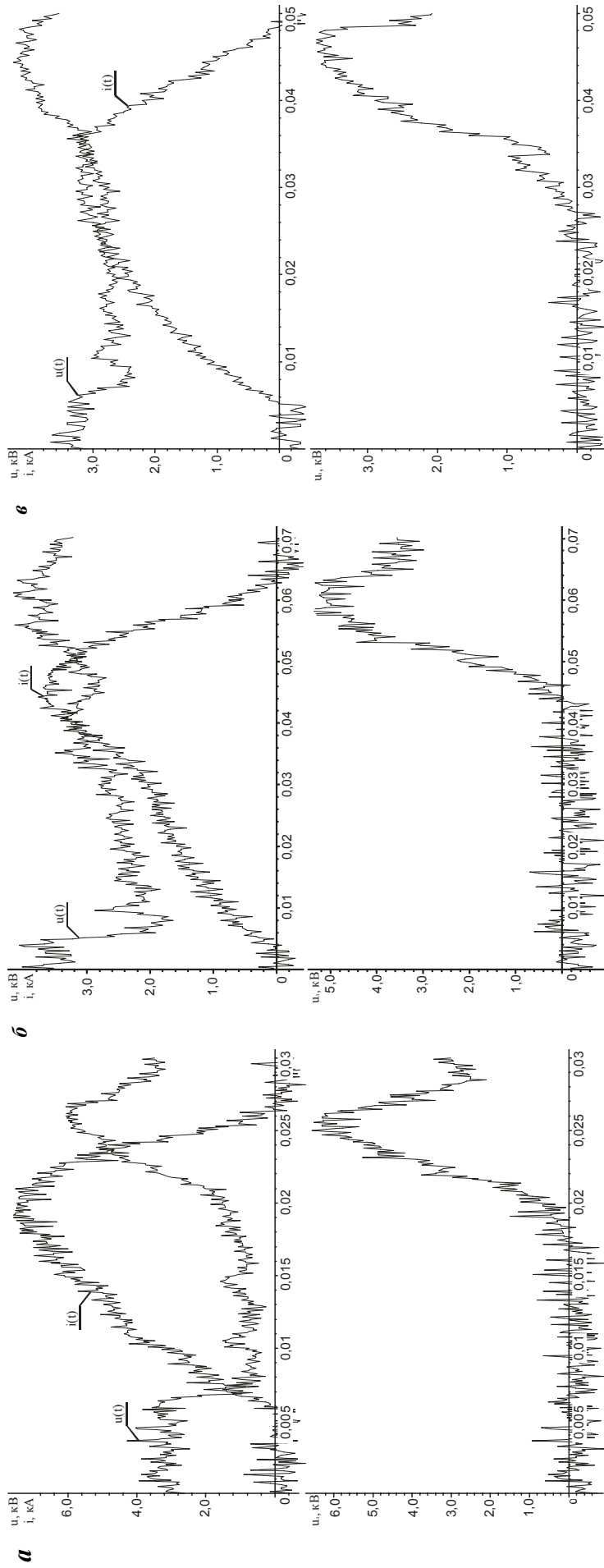


Рис. 2. Осцилограми перехідних фідерних напруги $u(t)$ та струму $i(t)$, а також напруги дуги $u_D(t)$ ШВ під час вимикання ШВ 2×ВАБ-49 при: а) близькому КЗ $l = 0,5 \text{ км}$, $I_{уст} = 3500 \text{ А}$; б) середньому КЗ $l = 5,4 \text{ км}$, $I_{уст} = 3500 \text{ А}$; в) дальньому КЗ $l = 17 \text{ км}$, $I_{уст} = 2700 \text{ А}$

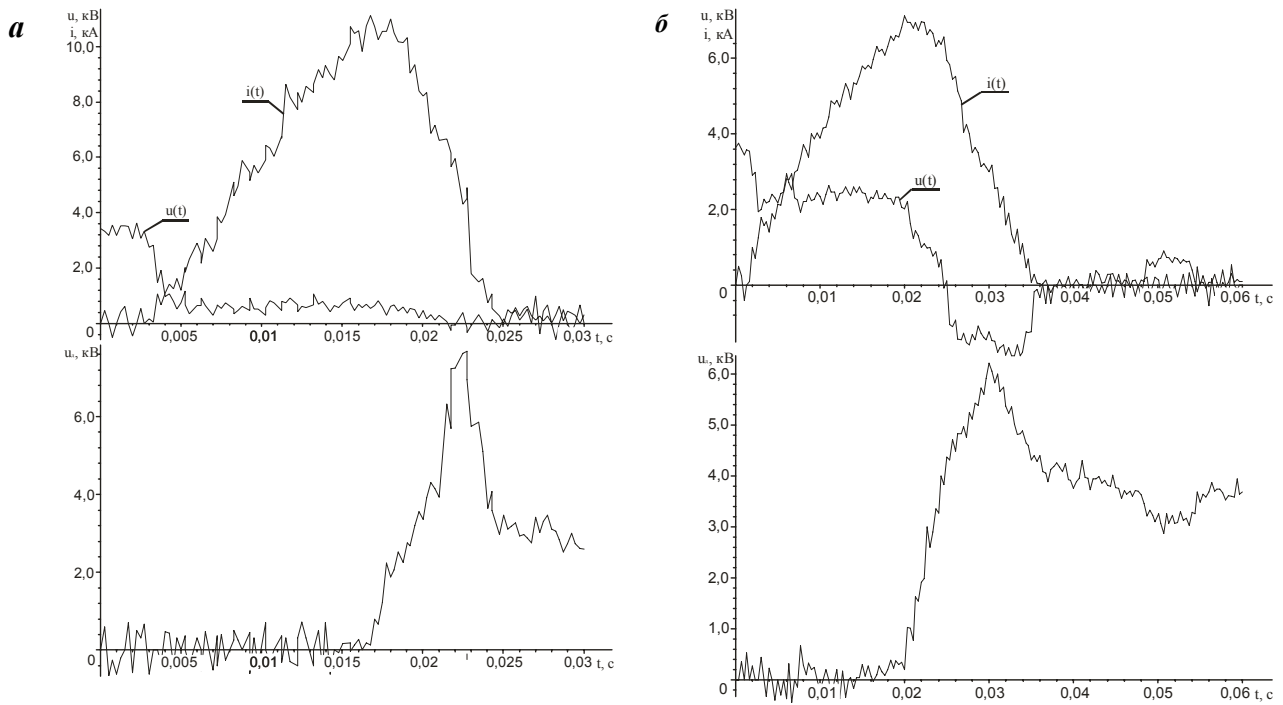


Рис. 3. Осцилограми перехідних фідерних напруги $u(t)$ та струму $i(t)$, а також напруги дуги $u_D(t)$ ШВ під час вимикання ШВ ВАБ 206, ТП А при: а) близькому КЗ $l = 0,5 \text{ км}$, $I_{уст} = 4000 \text{ А}$; б) дальньому КЗ $l = 8,5 \text{ км}$, $I_{уст} = 4000 \text{ А}$

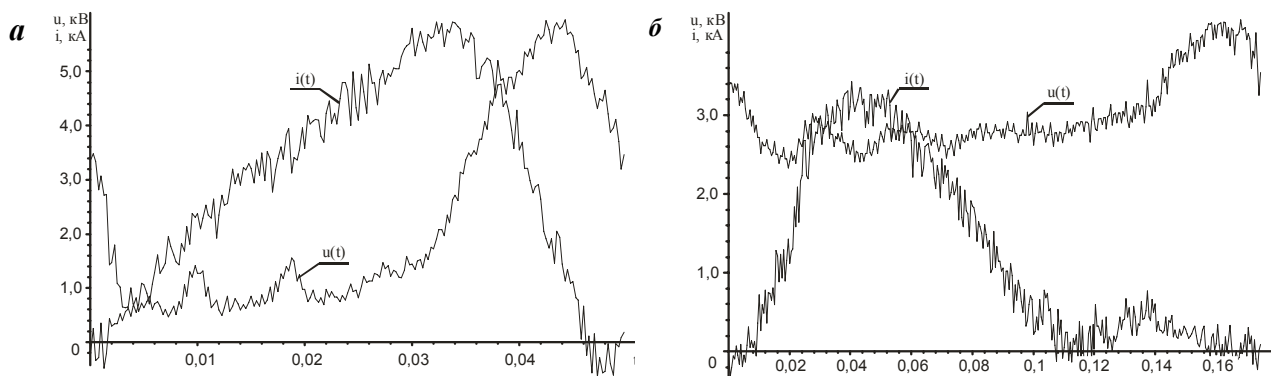


Рис. 4. Осцилограми перехідних фідерних напруги $u(t)$ та струму $i(t)$, а також напруги дуги $u_D(t)$ ШВ під час вимикання ШВ ВАБ 206, ТП Б при: а) близькому КЗ $l = 2 \text{ км}$, $I_{уст} = 3000 \text{ А}$; б) середньому КЗ $l = 7,2 \text{ км}$, $I_{уст} = 3000 \text{ А}$

Аналізуючи отримані осцилограми, було встановлено закономірності зміни максимального струму I_{max} (рис. 5), мінімальної напруги U_{min} (рис. 6), а також похідних цих перехідних електричних величин $\left. \frac{di_{\kappa}(t)}{dt} \right|_{t=0}$ (рис. 7),

$\left. \frac{du(t)}{dt} \right|_{t=0}$ (рис. 8) в момент КЗ в залежності від

довжини короткозамкненої ділянки (індуктивності кола КЗ).

Результати аналізу за основними показниками, які характеризують ефективність вимикання кола тягового електропостачання в аварійних режимах короткого замикання, для осцилограм на рис. 1-3 були представлені автором в роботі [1]. Для проведених пізніше експериментів на ТП Б, осцилограми яких зображено на рис. 4, вимикаюча здатність ШВ коефіцієнт обмеження струму КЗ, ампер-секунди вимикаючого струму та інші характеристики вимикача ВАБ-206 представлені в табл. 1.

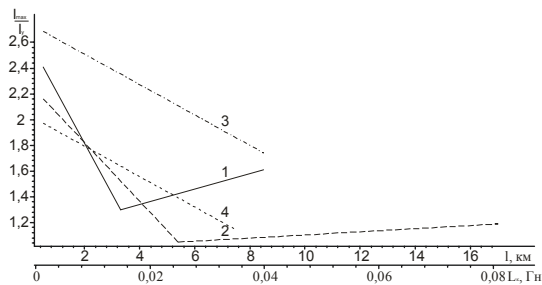


Рис. 5. Залежність максимального струму КЗ I_{\max} , приведенного до уставки I_y , від відстані l та індуктивності контактної мережі L_k до місця КЗ: 1 – ВАБ-43; 2 – ВАБ-49; 3 – ВАБ-206 (ТП А); 4 – ВАБ-206 (ТП Б)

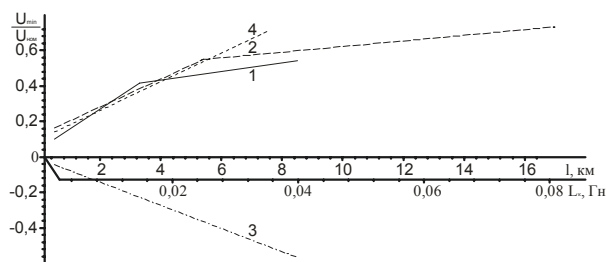


Рис. 6. Залежність мінімальної напруги U_{\min} , приведеної до номінальної $U_{\text{ном}}$, від відстані l та індуктивності контактної мережі L_k до точки КЗ: 1 – ВАБ-43; 2 – ВАБ-49; 3 – ВАБ-206 (ТП А); 4 – ВАБ-206 (ТП Б)

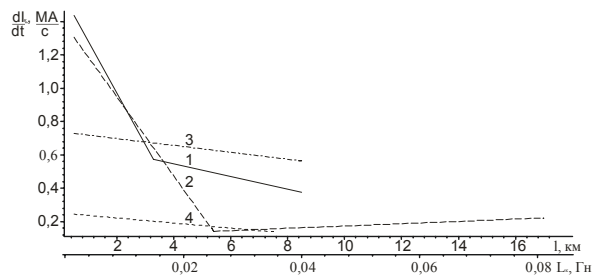


Рис. 7. Залежність швидкості наростання фідерного струму $\left. \frac{di_k(t)}{dt} \right|_{t=0}$ від відстані l та індуктивності контактної мережі L_k до точки КЗ: 1 – ВАБ-43; 2 – ВАБ-49; 3 – ВАБ-206 (ТП А); 4 – ВАБ-206 (ТП Б)

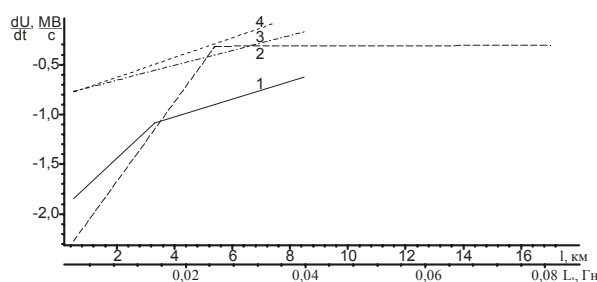


Рис. 8. Залежність швидкості спадання фідерної напруги $\left. \frac{du(t)}{dt} \right|_{t=0}$ від відстані l та індуктивності контактної мережі L_k до точки КЗ: 1 – ВАБ-43; 2 – ВАБ-49; 3 – ВАБ-206 (ТП А); 4 – ВАБ-206 (ТП Б)

Таблиця 1

Основні показники ефективності роботи ШВ типу ВАБ-206

Тип вимикача	Вид і № режиму КЗ	Струм уставки, I_y , А	Максимальне значення струму		Коефіцієнт обмеження струму КЗ, $K_{\text{обм}}$		Повний термін часу вимикання, $t_{\text{вим}}$, мс	Ампер-секунди вимикання КЗ, Q_k , А·с
			$I_{\text{е max}}$, А	$I_{k \text{ max}}$, А	$\frac{I_{\text{е max}}}{I_y}$	$\frac{I_{k \text{ max}}}{I_{\text{е max}}}$		
ВАБ-206 (ТП Б)	Близьке	3000	5914,7	7866,4	1,48	1,33	36,8	132,2
	Середнє	3000	3429,2	4531,9	0,857	1,32	145,5	176,3

Слід зазначити, що представлені в даній роботі осцилограми і їх аналіз обговорювалися на науково-технічному семінарі в Службі «Електропостачання» ДП «Придніпровська залізниця». Не аби який інтерес у працівників і керівного складу служби викликав експеримент по дослідженню ШВ типу ВАБ-206. Таким чином, щоб не обмежуватися допустимими рамками даної роботи, автор прийняв рішення виконати більш глибокий аналіз розглянутих вище осцилограм перехідних електричних величин і представити їх в наступних своїх роботах.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Михаліченко, П. Є. Порівняльна характеристика швидкодіючих вимикачів тягових підстанцій системи електричної тяги постійного струму [Текст] / П. Є. Михаліченко, М. О. Костін // Заліз. трансп. України. – 2011. – Вип. 5 – С. 40-42.

Надійшла до редколегії 30.11.2011.
Прийнята до друку 01.12.2011.

П. Е. МИХАЛИЧЕНКО

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕЖИМОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ТЯГОВОЙ СЕТИ

В статье представлены результаты, а именно, осциллограммы переходных фидерных электрических величин, полученных экспериментальными испытаниями режимов короткого замыкания при отключении разных типов подстанционных быстродействующих выключателей. Опыты были проведены на действующих электрифицированных участках Приднепровской железной дороги.

Ключевые слова: короткое замыкание; напряжение фидера; ток фидера

P. Ye. MYKHALICHENKO

RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE MODES OF SHORT CIRCUIT IN A TRACTION NETWORK

In the article the results, namely oscillograms of the transitional feeder electric values obtained by the experimental tests of the short circuit modes in case of setting off different types of substation fast-acting switches are presented. The experiments were conducted on the operating electrified track sections of the Prydniprovs'ka Railway.

Keywords: short circuit; feeder voltage; feeder current

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ТА МЕТОДИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЇВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТЯГИ. МЕТОД МИТТЄВИХ ПОТУЖНОСТЕЙ; ПАРАЛЕЛЬНЕ З'ЄДНАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ

Пропонується новий метод ідентифікації параметрів пристроїв систем електричної тяги. Представлені чисельні розрахунки часових і струмових залежностей еквівалентних параметрів двополюсника, схема заміщення якого виглядає як паралельне з'єднання пасивних елементів; розрахунки виконано для електровозів ДСЗ і 2ЕС5К.

Ключові слова: електровоз змінного струму, еквівалентна схема заміщення, ідентифікація параметрів, двополюсник, паралельне з'єднання елементів, математичне моделювання

Вступ

Рішення будь-якої «електричної» проблеми або задачі, що виникає в системах електричного транспорту та зокрема, в системі електричної тяги змінного струму неможливе без знання, а значить і необхідності досліджень електромагнітних або (і) електроенергетичних процесів. Як відомо, дослідження цих процесів у нелінійній динамічній системі «тягова підстанція – тягова мережа – електрорухомий склад» (ТП-ТМ-ЕРС) можливе: експериментальним шляхом у реальних умовах експлуатації; фізичним моделюванням на лабораторних стендах; методами математичного моделювання; методами комп'ютерного (імітаційного) моделювання.

Експериментальні методи дослідження вимагають значних матеріальних витрат, нерідко призводять до виходу з ладу елементів системи, вимагають додаткових умов і часу на випробування, виключають можливості дослідження випадкових процесів. Лабораторні стендові випробування (фізичне моделювання) також обмежені як матеріальними, так і об'ємом та вірогідністю отриманої інформації. При імітаційному (комп'ютерному) моделюванні реальні ТП, ТМ і ЕРС описуються віртуальними об'єктами з певними параметрами, що, істотно, обмежує достовірність отриманих результатів. Тому найбільш доцільним шляхом досліджень аварійних, тим більше стохастичних, перехідних електромагнітних процесів у системі електричної тяги є метод чисельного математичного моделювання на ЕОМ. Використання цього методу не тільки дозволяє спростити й скоротити наступні натурні випробування, але й розширює можливості досліджень, тому що допускає широку варіацію значень та реальність параме-

трів елементів силових електричних кіл системи тяги без значних матеріальних витрат. Однак, для математичного моделювання необхідна побудова схем заміщення та значення їх параметрів досліджуваних пристроїв.

Розробка, зображення (побудова) та використання при аналізі процесів схем заміщення реальних підсистем (пристроїв), зокрема, системи тяги (ТП, ТМ, ЕРС та ін.) суттєво ускладнює задачу аналізу, а в ряді випадків робить її навіть нездійсненною. Особливо це відноситься до схем заміщення електровозів. І якщо такі схеми для електровозів постійного струму типу ВЛ 8, ВЛ 10, ДЕ 1 відносно прості, то для електровозів з випрямлячами (однофазно-постійного струму) серії ВЛ 60, ВЛ 80 та особливо електровозів з асинхронним приводом, цього сказати неможна. Та і взагалі, якщо виникає задача дослідження процесів в режимах, коли на фідерній зоні розташовано декілька електровозів, а більш того, і на сусідній колії теж 3...4 електровози, тоді задача практично нерозв'язна. Тому в існуючих наукових публікаціях, на цю тему, навіть для більш простих задач, ЕРС враховують ідеальним джерелом струму з заданим струмом, в той час як струм електровоза є випадковим процесом. Тільки в найпростіших випадках врахування одного електровоза на фідерній зоні будують та враховують схему заміщення ЕРС. Аналогічні проблеми виникають і у випадку, якщо досліджуються процеси взаємовпливу ліній зовнішнього електропостачання та системи тяги, тобто процеси на всій електрифікованій ділянці.

Враховуючи викладене, задача спрощення схем заміщення пристроїв та підсистем електротяги або їх заміна іншим шляхом являється, безперечно, актуальною. Ця задача гостро не-

обхідна, оскільки для впровадження прискореного, швидкісного та високошвидкісного (та ваговитого) руху розробляються і будуть впроваджуватися в системи тяги більш потужні (йтим самим складніші) типи ЕРС та системи тягового електропостачання.

Перша спроба розв'язання такої задачі по спрощенню схем заміщення електровоза, на нашу думку, викладена в роботах [1–3], в яких запропоновано визначення параметрів пристроїв електричної тяги, точніше тільки електровоза, по так званим обмінним характеристикам $R(I)$, $L(I)$. Однак, запропонована в цих роботах, методика володіє, на нашу думку, деякими недоліками.

В зв'язку з цим в цій роботі в розвиток досліджень [1–3], викладені та обгрунтовані нові методи ідентифікації параметрів пристроїв систем електричної тяги, які у подальшому дозволяють спростити метод математичного моделювання процесів в них.

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ

З позицій теоретичної електротехніки будь-який пристрій будь-якої системи електричного транспорту, зокрема, будь-яка одиниця електро рухомого складу (електровоз, мотор-вагон метрополітену, трамвай, тролейбус) може бути представлений у вигляді параметричного або нелінійного, пасивного або активного двополюсника з заданими вхідними (змінними $u(t)$ $i(t)$ або постійними U , I) напругою та струмом (рис. 1).

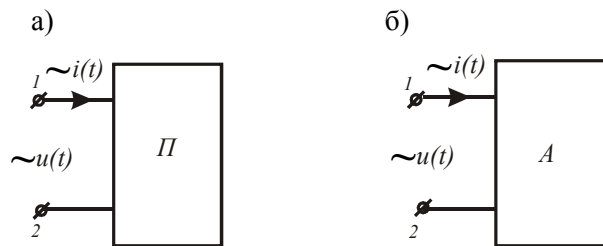


Рис. 1. Пасивний та активний двополюсники із заданими вхідними напругою та струмом

Зокрема, в ЕРС затискачем 1 в цьому двополюснику є точка торкання струмоприймача з контактним проводом, а затискач 2 – колеса ЕРС з рейкою.

Задача ідентифікації пристрою, що досліджується, а отже двополюсника, полягає у визначенні електричних параметрів R , L , C пасивних елементів, які заміщують двополюсник. Нижче пропонується методи розв'язання такої

задачі для пасивного двополюсника зі змінними, поки що несинусоїдними, але детермінованими періодичними, вхідними $u(t)$ та $i(t)$; хай це буде, наприклад, електровоз змінного струму в режимі тяги.

Найбільш повну інформацію про електроенергетичні процеси в будь-якому колі з будь-якою формою напруги $u(t)$ та струму $i(t)$ містить повна миттєва потужність $s(t) = u(t) \cdot i(t)$ як реальна фізична величина. Тому скористаємося нею для розв'язання поставленої задачі.

Будь-який нелінійний або параметричний пасивний двополюсник, згідно з теоретичними основами електротехніки [4], представимо паралельним з'єднанням нелінійного резистивного елемента зі статичним опором R , яким споживається активна потужність P двополюсника, що досліджується, а також параметричним неактивним елементом X , який характеризує споживання неактивної складової повної потужності (рис. 2).

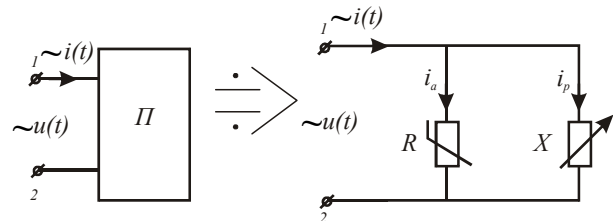


Рис. 2. – Схема заміщення пасивного двополюсника паралельним з'єднанням нелінійного резистивного елемента зі статичним опором R , а також параметричним неактивним елементом X

Вважається, що у вітці з елементом R протікає активна складова струму $i_a(t)$, яка співпадає за формою з прикладеною до двополюсника напругою $u(t)$. По елементу X протікає реактивна складова струму $i_p(t)$, що ортогональна до напруги $u(t)$. Тоді для довільного інтервалу часу $[0, \dots \tau]$, хай це буде тривалість періоду змінни T напруги $u(t)$, доби або поїздки поїзду між двома ТП, миттєвий струм $i(t)$ представимо у вигляді суми двох ортогональних складових – активного $i_a(t)$ та реактивного $i_p(t)$ струмів:

$$i(t) = i_a(t) + i_p(t). \quad (1)$$

Помножимо ліву та праву частини (1) на миттєву напругу $u(t)$

$$u(t)i(t) = u(t)i_a(t) + u(t)i_p(t). \quad (2)$$

Ліва частина виразу (2) є повною (або загальною) миттєвою потужністю $s(t)$, а права, відповідно, миттєвою активною $p(t)$ та миттєвою реактивною $q(t)$ потужностями [5]. Тоді

$$s(t) = u(t)i(t) = p(t) + q(t). \quad (3)$$

Миттєва активна потужність $p(t)$ може бути знайдена як потужність, яка обумовлена струмом $i_a(t)$ та споживана резистором R_1 (рис. 2):

$$p(t) = Ri_a^2(t) = u(t)i_a(t) = \frac{u^2(t)}{R}. \quad (4)$$

Тоді активна (середня за τ) потужність P , що споживається двополюсником з опором R буде

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{\tau} \int_0^\tau s(t) dt = \frac{1}{\tau} \int_0^\tau [p(t) + q(t)] dt = \\ &= \frac{1}{\tau} \int_0^\tau u(t)i_a(t) dt + \int_0^\tau u(t)i_p(t) dt = \\ &= \int_0^\tau u(t) \cdot i_a(t) dt = \int_0^\tau \frac{u^2(t)}{R} dt = \frac{U^2}{R}, \end{aligned} \quad (5)$$

оскільки другий інтеграл в (5) дорівнює нулю внаслідок ортогональності $u(t)$ та $i_p(t)$. З (5) маємо:

$$R = \frac{U^2}{P}, \quad (6)$$

де U – діюче значення напруги на двополюснику за інтервал τ , що дорівнює

$$U = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_0^\tau u^2(t) dt}.$$

З врахуванням підстановки (6) в (4) вираз (3) прийме вигляд

$$s(t) = \frac{P}{U^2} u^2(t) + q(t), \quad (7)$$

звідки миттєва реактивна потужність двополюсника визначається як

$$q(t) = u(t)i(t) - \frac{P}{U^2} u^2(t) = u(t) \left[i(t) - \frac{P}{U^2} u(t) \right]. \quad (8)$$

З (8) випливає, що вираз у квадратних дужках є миттєвим реактивним струмом двополюсника, тобто

$$i_p(t) = i(t) - \frac{P}{U^2} u(t), \quad (9)$$

а з цього, і згідно (8), випливає, що миттєвий активний струм, як було зазначено вище, у точності повторює форму прикладеної напруги і визначається виразом

$$i_a(t) = \frac{P}{U^2} u(t). \quad (10)$$

Користуючись виразами (7) та (9), отримаємо співвідношення

$$\frac{1}{\tau} \int_0^\tau u(t)i_p(t) dt = \frac{1}{\tau} \int_0^\tau q(t) dt = 0, \quad (11)$$

яке обумовлено тим, що, як було зазначено вище, функції $u(t)$ та $i_p(t)$ взаємно ортогональні.

Нехай опір двополюсника (рис. 2) має активно-індуктивний характер, тобто елемент X є «чисто» індуктивним з шуканою індуктивністю L ; знайдемо її.

Енергія W_m , що накопичується в магнітному полі цієї індуктивності L (при початковій умові, що $L = const$) визначається за відомою формулою як

$$W_m(t) = \frac{Li_p^2(t)}{2}. \quad (12)$$

Підставимо в (12) вираз (10) для $i_p(t)$, отримаємо

$$\begin{aligned} W_m(t) &= \frac{L}{2} \left[i(t) - \frac{u(t)}{R} \right]^2 = \\ &= \frac{L}{2} \cdot \left[i^2(t) - \frac{2 \cdot i(t)u(t)}{R} + \frac{u^2(t)}{R^2} \right]. \end{aligned} \quad (13)$$

Як відомо, швидкість зміни електромагнітної енергії, що накопичується в реактивному елементі (в даному випадку $\frac{dW_m}{dt}$) дорівнює миттєвій реактивній потужності цього елемента (в даному випадку $q(t)$). Тобто, враховуючи вираз (8), можна записати як

$$\frac{dW_m}{dt} = q(t) = u(t)i(t) - \frac{P}{U^2} u^2(t). \quad (14)$$

Взявши похідну від виразу (13) і підставивши в (14), а також враховуючи, що, згідно (6), $\frac{P}{U^2} = \frac{1}{R}$, отримаємо вираз індуктивності L , як

другого шуканого параметра досліджуваного двополюсника, у вигляді:

$$L(t) = \frac{u(t)i(t) - \frac{u^2(t)}{R}}{i(t)i'(t) - \frac{u'(t)i(t)}{R} - \frac{u(t)i'(t)}{R} + \frac{u(t)u'(t)}{R^2}}. \quad (15)$$

Тепер прийнемо, що за початковою умовою L змінна в часі, тобто $L(t)$.

Тоді енергія W_m , що накопичується в такій індуктивності, згідно з (13) буде

$$W_m = \frac{L(t)}{2} \left[i^2(t) - \frac{2i(t)u(t)}{R} + \frac{u^2(t)}{R^2} \right].$$

Взявши похідну від цього виразу і прирівнявши його формулі (14), остаточно отримаємо диференціальне рівняння, розв'язанням якого отримаємо шуканий параметр $L(t)$:

$$\begin{aligned} & \frac{dL}{dt} \left[\frac{i^2(t)}{2} - \frac{u(t)i(t)}{R} + \frac{u^2(t)}{2R^2} \right] + \\ & + \left[i(t)i'(t) - \frac{u(t)i'(t) + u'(t)i(t)}{R} + \frac{u(t)u'(t)}{R^2} \right] \times \\ & \times L(t) - u(t)i(t) + \frac{u^2(t)}{R} = 0. \quad (16) \end{aligned}$$

Тепер уявимо собі, що пасивний двополюсник (рис. 2) замінюється не паралельним R - L -контуром, а паралельним R - C -контуром (рис. 3).

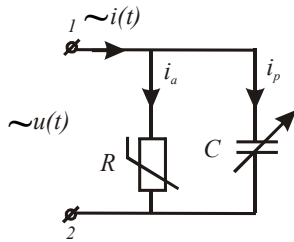


Рис. 3. Схема заміщення пасивного двополюсника паралельним R - C -контуром

Методика та вирази для визначення R ті ж самі, що і вище викладені, а параметр C знайдемо, виходячи з наступних міркувань.

Енергія, що накопичується в електричному полі ємнісного елемента C (при первинних умовах, що $C = const$) дорівнює

$$W_e(t) = \frac{Cu_c^2}{2},$$

або, так як $u_c(t) = u(t)$, маємо

$$W_e(t) = \frac{Cu^2}{2}. \quad (17)$$

Її похідна дорівнює $q(t)$ за (8), тобто

$$\frac{dW_e}{dt} = \frac{2Cu(t)u'(t)}{2} = u(t)i(t) - \frac{u^2(t)}{R}.$$

Звідки

$$C_1(t) = \frac{u(t) \cdot i(t) - \frac{P}{U^2} \cdot u^2(t)}{u(t) \cdot u'(t)}. \quad (18)$$

Тепер прийнемо, що $C(t)$, тобто $C = \text{varia}$ у часі.

Тоді енергія, що накопичується в C буде $W_e(t) = \frac{C(t)u_c^2(t)}{2}$. Її похідна, яка дорівнює $q(t)$, запишеться у вигляді

$$\frac{dW_e}{dt} = \frac{2 \cdot C(t)u_c(t)u_c'(t)}{2} + \frac{u_c^2(t)}{2} \frac{dC}{dt}. \quad (19)$$

Після спрощення цього виразу та прирівняння його формулі (14) остаточно отримаємо диференціальне рівняння, з якого можемо визначити $C(t)$:

$$\frac{dC}{dt} + 2 \frac{du_c}{u_c(t)} C(t) - 2 \frac{i(t)}{u(t)} + \frac{2}{R} = 0, \quad (20)$$

де R – визначається виразом (6).

РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНИХ РОЗРАХУНКІВ ПАРАМЕТРІВ

Чисельні розрахунки часових і струмових залежностей еквівалентних параметрів R , L , C двополюсників (як схем заміщення ЕРС) за отриманими вище формулами здійснено в цій роботі для електровозів змінного струму ДСЗ та 2ЕС5К (2ЕЛ5к). Необхідні для розрахунків експериментальні дані вхідних (до електровозів) напруги $u(t)$ і струму $i(t)$ запозичені із роботи [3].

На рис. 4 приведені залежності еквівалентної індуктивності $L(t)$, що отримані розрахунками за виразом (15), тобто при початковій умові, що $L = const$ для рівняння (1). Як впливає із цього рис. 4, значення L занадто великі (більше 150 Гн), щоб можна було прийняти їх практично існуючими, достовірними. Якщо ж з самого початку, як це і коректно, приймається умова параметричності параметрів

L і C , тобто, що вони є $L(t)$ і $C(t)$, і розрахунки виконуються шляхом розв'язання диференціальних рівнянь (16) і (20), то отримаємо результати, що представлені на рис. 5 та 6.

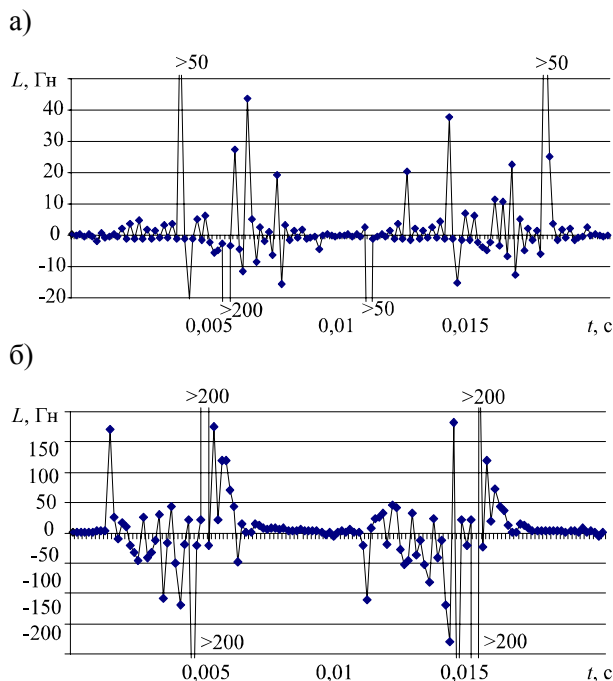


Рис. 4. Залежності еквівалентної індуктивності $L(t)$ для електровозів типу (А): а) ДСЗ при 100; б) 2ЕС5К при 10

Струмова залежність статичного еквівалентного опору R пасивного двополюсника (електровозів) представлена в табл. 1.

Таблиця 1

Електро- воз ДСЗ	I, A	10,44	21,79	50,7	100,2
	$R, Ом$	4574,88	1406,63	585,65	292,16
Електро- воз 2ЕС5К	I, A	10,1	21,18	47,48	101,78
	$R, Ом$	8396,98	1997,17	742,08	285,67

Як впливає із рис. 5 і 6, еквівалентні індуктивність і ємність приймають і від'ємні значення. Вони визначаються умовами роботи первинного кола електровоза у відповідній області (квадранті) змін напруги $u(t)$ і струму $i(t)$. Ці значення фізичного змісту не мають, а лише розрахункові. Однак, від'ємну індуктивність (у першому наближенні) можна прийняти як якийсь ємнісний елемент і, навпаки, від'ємну ємність – як якийсь індуктивний елемент.

Достовірність схеми заміщення ЕРС, як пасивного двополюсника, а отже й отриманих значень $R(I)$, $L(t)$, $C(t)$ перевірена їх підста-

новкою у рівняння (16) і (20) для кожного моменту часу; ці рівняння справджуються з помилкою 0,3...0,4 %.

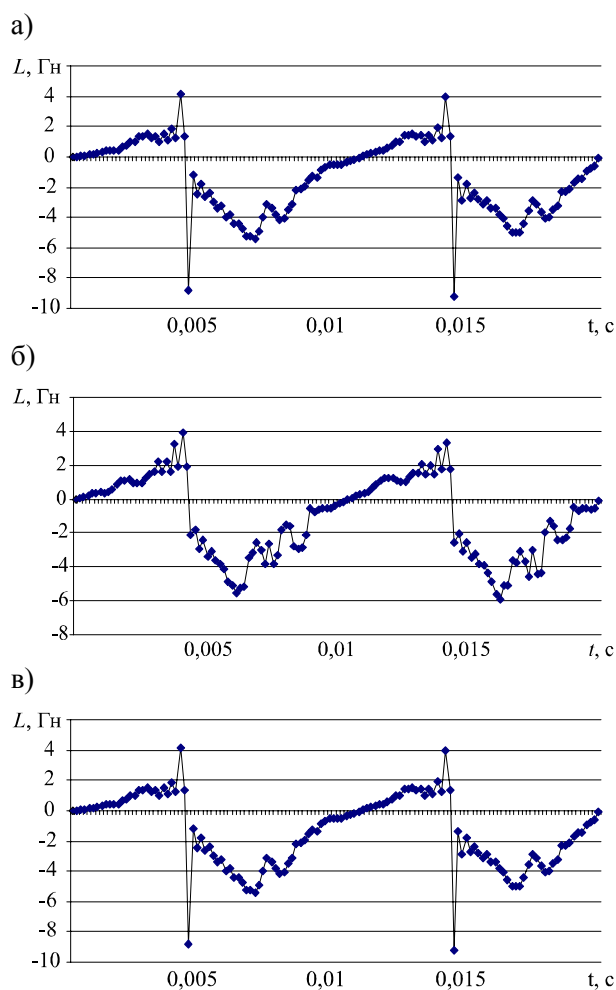


Рис. 5. Залежність параметричного параметру L від часу, розрахованого шляхом розв'язання диференціальних рівнянь для електровозу типу ДСЗ при діючих значеннях струму навантаження (А): а) 20; б) 50; в) 100

Отримані параметри $R(I)$, $L(t)$ і $C(t)$ можуть бути використані у схемі заміщення відповідного ЕРС (у вигляді двополюсника) при математичному моделюванні електромагнітних і електроенергетичних процесів в системі електричної тяги, а запропонований метод ідентифікації може бути застосований для ідентифікації параметрів схем заміщення будь-якого пристрою чи підсистеми системи електротяги.

ВИСНОВКИ

1. Запропонований метод ідентифікації, метод миттєвих потужностей, параметрів підсистем системи електротяги є ефективним засобом математичного моделювання електромагнітних і електроенергетичних процесів.

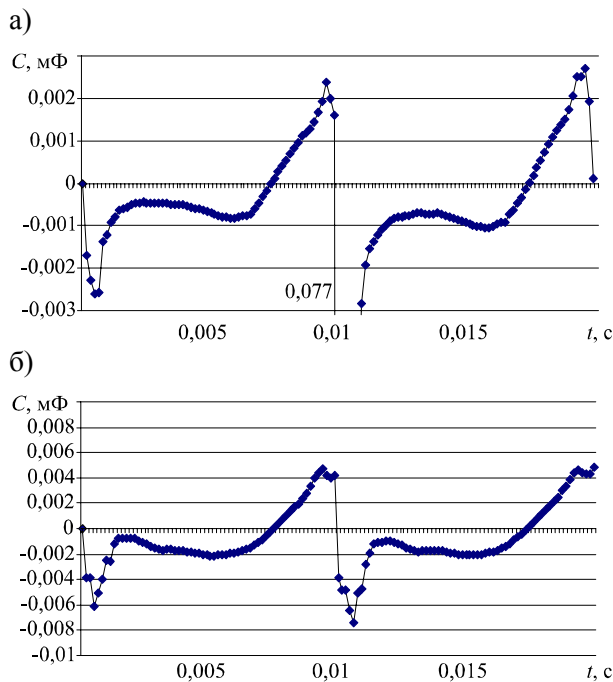


Рис. 6. Залежність параметричного параметру C від часу, розрахованого шляхом розв'язання диференціальних рівнянь для електровозу типу 2ЕС5К при діючих значеннях струму навантаження (A): а) 10; б) 50

2. Отримані чисельними розрахунками параметри $R(I)$, $L(t)$ і $C(t)$ електровозів ДС3 і

2ЕС5К можуть бути практично використані при аналізі процесів на електрифікованих ділянках, де експлуатуються зазначені електровози.

БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Активные и обменные характеристики электрических цепей при несинусоидальном токе и напряжениях [Текст] / Б. И. Косарев [и др.] // Электричество. – 1989. – № 9. – С. 43–47.
2. Определение параметров устройств электрической тяги по временным характеристикам [Текст] / Б. И. Косарев [и др.] // Вестник ВНИИЖТа. – 1990. – № 3. – С. 15–17.
3. Босий, Д. О. Математичне моделювання електроотягового навантаження в задачах вивчення електромагнітних процесів для систем електропостачання електричного транспорту змінного струму [Текст] / Д. О. Босий, В. Г. Сиченко // Технічна електродинаміка. Тематичн. вип. – 2009. – Ч. 3. – С. 86–89.
4. Теоретические основы электротехники [Текст]: учебник / К. С. Демерчан [и др.]. – М.-СПб.: Питер, 2004. – Т. 1. – 463 с.
5. Саенко, Ю. Л. Реактивная мощность в системах электроснабжения с нелинейными нагрузками [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук / Ю. Л. Саенко. – Мариуполь, 2002. – 349 с.

Надійшла до редколегії 05.12.2011.
Прийнята до друку 14.12.2011.

Т. Н. МИЩЕНКО

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГИ. МЕТОД МГНОВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ; ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ

Предлагается новый метод идентификации параметров устройств систем электрической тяги. Представлены численные расчеты часовых и токовых зависимостей эквивалентных параметров двухполюсника, схема замещения которого выглядит как параллельное соединение пассивных элементов; расчеты выполнены для электровозов ДС3 и 2ЕС5К.

Ключевые слова: электровоз переменного тока, эквивалентная схема замещения, идентификация параметров, двухполюсник, параллельное соединение элементов, математическое моделирование

T. M. MISHCHENKO

THEORETICAL ASPECTS AND METHODS OF PARAMETERS IDENTIFICATION OF DEVICES OF THE ELECTRIC TRACTION SYSTEM. METHOD OF INSTANTANEOUS POWERS; PARALLEL CONNECTION OF ELEMENTS

A new method for parameters identification of devices of the electric traction systems is offered. The numerical calculations of time and current dependences of equivalent parameters of two-terminal networks, which equivalent circuit looks as parallel connection of passive elements, are presented; the related calculations are executed for the electric locomotives DC3 and 2ЕС5К.

Keywords: electric locomotive of alternating current, equivalent circuit, identification of parameters, two-terminal network, parallel connection of elements, mathematical simulation

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ЗАДАВАЕМОГО АБСОЛЮТНОГО СКОЛЬЖЕНИЯ АСИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Сделан расчет по предлагаемой авторами методике величин абсолютного скольжения, которые обеспечивают требуемый момент двигателя при различных законах регулирования напряжения. Проведен анализ полученных результатов.

Ключевые слова: асинхронный тяговый двигатель, частота тока ротора, регулирование напряжения

Для качественного управления асинхронным тяговым двигателем может возникнуть необходимость иметь информацию о величине требуемого абсолютного скольжения (частоте тока ротора), которое определяет величину требуемого момента (тока). В данной работе предлагается новый подход к определению этой величины при различных законах регулирования как напряжения, так и пускового момента, в том числе характерного для тяги.

Расчет величины f_2 предлагается производить решением квадратного уравнения, полученного из полной формулы Клосса. Это уравнение для двигательного режима имеет вид [1]:

$$f_2^2 - \left[\frac{2M_K}{M} \cdot \left(1 + a \frac{f_{2K}}{f_1} \right) - 2a \frac{f_{2K}}{f_1} \right] \cdot f_{2K} \cdot f_2 + f_{2K}^2 = 0, \quad (1)$$

где $a = \frac{r_1}{r_2'}$

После решения этого уравнения получаем два значения величины f_2 . Значения $f_2 < f_{2K}$ определяют момент двигателя на устойчивой части механической характеристики, а значения $f_2 > f_{2K}$ – на неустойчивой части и при режиме противовключения.

Для расчетов и анализа были приняты 5 законов регулирования напряжения на тяговом двигателе АД 914.

Первый закон $U_1/f_1 = \text{const}$ в [2] называется «основным». Для рассматриваемого двигателя закон изменения фазного напряжения (при номинальных значениях частоты $f_{1H} = 55,9$ и фазного напряжения $U_{1\Phi H} = 1040$ В) принимает вид:

$$U_{1\Phi} = 18,6 \cdot f_1. \quad (2)$$

Для этого закона имеет место $\alpha = \gamma$, где $\alpha = f_1^* = f_1/f_{1H}$, а $\gamma = U_1/U_{1H}$.

Следующие три закона регулирования напряжения, в отличие от первого, имеют бустерное напряжение (при тех же f_{1H} и $U_{1\Phi H}$), а значит $\alpha \neq \gamma$:

$$U_{1\Phi} = 18,4 \cdot f_1 + 10. \quad (3)$$

$$U_{1\Phi} = 18,2 \cdot f_1 + 20. \quad (4)$$

$$U_{1\Phi} = 18,1 \cdot f_1 + 30. \quad (5)$$

Следующий закон регулирования напряжения в [2] называется «скорректированным». Он позволяет получить постоянный критический момент M_K на всех пусковых частотах, по величине равный критическому моменту в номинальном режиме M_{KH} , т.е. $M_K = \text{const} = M_{KH}$.

Формула для расчета напряжения в относительных единицах для этого закона взята из [2]:

$$\gamma = \sqrt{\frac{f_1^* \cdot \rho_{1K} + \sqrt{(f_1^{*2} + \rho_{1K}^2) \cdot (f_1^{*2} + \rho_{1\mu}^2)}}{\rho_{1K} + \sqrt{(1 + \rho_{1K}^2) \cdot (1 + \rho_{1\mu}^2)}}}. \quad (6)$$

где $\rho_{1K} = \frac{r_1}{x_{1K}}$; $\rho_{1\mu} = \frac{r_1}{x_{1\mu}}$.

Здесь r_1 – активное сопротивление обмотки статора; x_{1K} – индуктивное сопротивление короткого замыкания; $x_{1\mu}$ – индуктивное сопротивление контура намагничивания. Величины x_{1K} и $x_{1\mu}$ имеют значение величины при номинальном режиме.

Как правило, в учебной и технической литературе используют упрощенный подход к расчетам характеристик пускового режима, т.е. принимают пусковой момент неизменным

$M = \text{const}$. Но на практике в электрической тяге стремятся использовать высокий коэффициент сцепления на низких скоростях (частотах f_1), который уменьшается с увеличением скорости. Например, для двигателя АД 914 заложено изменение момента при трогании от $M = 11900$ Нм до величины $M_n = 10400$ Нм (при номинальной частоте).

На рис. 1 показана такого рода зависимость.

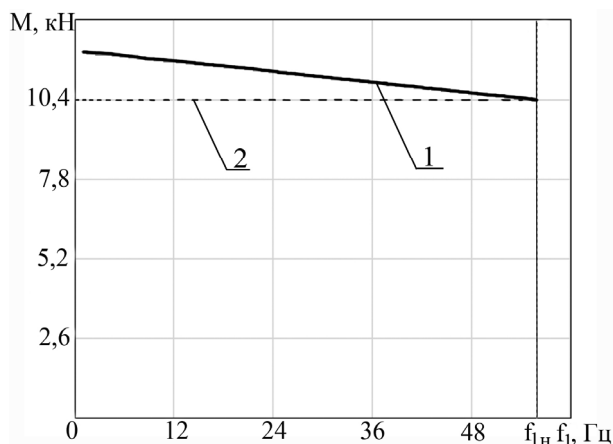


Рис. 1. Изменение момента двигателя при пуске:

1 – кривая уменьшения момента в процессе пуска

(для тяги); 2 – при $M = \text{const} = M_n$

На рис. 2 показаны зависимости $f_2 = \varphi(f_1)$ для значений моментов, показанных на рис. 1 графиком 1, при разных законах регулирования напряжения.

При расчетах в формулу (1) подставлялась величина требуемого момента M , соответствующего величине f_1 . Предварительно определялась величина момента M_k для соответствующего закона регулирования напряжения. Заметим, что пренебрежение влиянием насыщения на величины x_1 и x'_2 делает величину f_{2k} независимой от напряжения. В расчетах насыщение не учитывалось.

Графики рис. 2 позволяют сделать следующие выводы:

а) наименьшую величину f_2 требует закон регулирования напряжения, дающий постоянство критического момента для всех механических характеристик зоны пусковых частот (от $f_{1\text{min}}$ до f_{1n});

б) наибольшая разница величин f_2 при сравнении законов регулирования имеет место при частоте f_1 в районе 3 Гц;

в) все графики сходятся в точке номинального режима, поскольку U_{1n} и f_{1n} одинаковы для всех режимов;

г) с точки зрения уменьшения электрических потерь в обмотках более экономичным является закон регулирования, обеспечивающий $M_k = \text{const} = M_{kn}$, так как на всем диапазоне пуска скольжения минимальны.

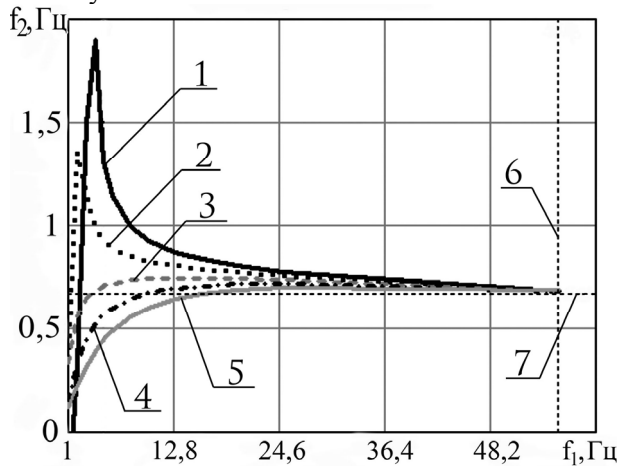


Рис. 2. Зависимость $f_2 = \varphi(f_1)$ при

$$U_{1\phi} = \text{var} \quad M = \text{var} :$$

1 – «основной закон»; 2 – закон (3); 3 – закон (4);

4 – закон (5); 5 – «скорректированный» закон;

6 – метка номинальной частоты $f_1 = 55,9$ Гц;

7 – метка номинальной частоты $f_2 = 0,67$ Гц

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Напара, Ю. Б. Простой способ определения абсолютного скольжения асинхронного тягового двигателя для получения требуемого момента [Текст] / Ю. Б. Напара, С. А. Плитченко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 35. – Д.: Видво ДНУЗТ, 2010. – С. 89-94.
2. Чиликин, М. Г. Основы автоматизированного электропривода [Текст]: учеб. пособие для вузов / М. Г. Чиликин. – М.: Энергия, 1974. – 568 с.

Поступила в редколлегию 21.12.2011.

Принята к печати 23.12.2011.

Ю. Б. НАПАРА, С. О. ПЛИТЧЕНКО

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ АБСОЛЮТНОГО КОВЗАННЯ, ЯКЕ ЗАДАЄТЬСЯ ДЛЯ АСИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ДВИГУНА

Виконано розрахунки по запропонованій авторами методиці величин абсолютного ковзання, які забезпечують потрібний момент двигуна при різних законах регулювання напруги. Проведено аналіз отриманих результатів.

Ключові слова: асинхронний тяговий двигун, частота струму ротора, регулювання напруги

Y. B. NAPARA, S. A. PLITCHENKO

ON DETERMINING THE AMOUNT OF SPECIFY ABSOLUTE SLIP ASYNCHRONOUS TRACTION ENGINES

Made by the method of calculation of the absolute values of the authors of the slip, which provide the desired engine torque at various laws regulating the voltage. The analysis of the results.

Keywords: asynchronous traction motor, the rotor current frequency, voltage regulation

ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ЛІНІЯХ ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТЯГИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Викладено результати досліджень, в яких аналізуються чисельні значення деяких основних показників якості електроенергії в лініях зовнішнього електропостачання системи електричної тяги постійного струму. В якості доповнення приведені величини додаткових і основних втрат електроенергії в них.

Ключові слова: показники, електроенергія, якість, коефіцієнт

Вступ

Система електричної тяги (СЕТ) (тягова підстанція (ТП) – тягова мережа (ТМ) – електропостачальний склад (ЕРС)) є потужним нелінійним (параметричним) динамічним навантаженням для ліній зовнішнього електропостачання, яке разом з районною підстанцією (РП) спотворює якість електроенергії (ЯЕ) та тим самим обумовлює додаткові непродуктивні втрати електроенергії у вищезазначених мережах. Ступінь спотворення ЯЕ можна встановити, як відомо, на основі результатів спектрального аналізу осцилограм напруг і струмів, які можуть бути отримані на реально діючих електрифікованих ділянках. На перший погляд ця задача «стара», як і сама система електротяги постійного струму, а тому повинні бути публікації і реальні осцилограми, їх гармонійний аналіз, а також безпосередньо показники ЯЕ (ПЯЕ). Однак, по-перше, авторам невідомі такі публікації. Як правило, у всіх публікаціях стверджується (без експериментальних досліджень та без посилань) про наявність лише окремих гармонік у вхідній до ТП напрузі; про оцінку показників якості та аналізі струми мови немає. Виключенням є робота [1], в якій проаналізовано вплив гармонійного складу мережевих напруг і струмів на повітряні лінії зв'язку, але знов таки, без оцінки ЯЕ. По-друге, якщо і існують будь-які результати за вказаною проблемою, то вони відносяться до системи тяги російських залізниць, навантаження яких відрізняються від українських і ці дані є морально застарілими. Виходячи із зазначеного тема цієї роботи є актуальною.

Методики експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження виконували [2] на реально діючих електрифікованих ділянках Придніпровської залізниці на ТП з різними рівнями вхідної напруги від 6 кВ до 154 кВ, з 6-ти та 12-пульсними випрямлячами на ТП: Горяїново, Письменна, Железняково, Миколаївка,

Слав'янка, Сухачівка, Верхньодніпровськ, Нижньодніпровськ-Вузол; ПСК «Брагіновка» та ПСК-12. Вибір цих ТП був обумовлений високими значеннями тягового струму у зв'язку з наявністю підйому в профілі шляху ряду фідерних зон та високою вантажонапруженістю й тим самим значними коливаннями тягового струму на ділянках. На цих ділянках електрична тяга поїздів забезпечується електровозами ВЛ-8 та ДЕ-1. Синхронне осцилографування миттєвих величин фазних напруги $u(t)$ і струму $i(t)$ на вході ТП, які живлять лише тяговий агрегат, виконували за допомогою двопроменевого електронного осцилографа С1-93 з класом точності 2. При цьому для запису осцилограм струму вмикали 1-й канал приладу паралельно до безіндуктивного шунта (1,5А/75мВ), який був увімкнений послідовно з вторинною обмоткою трансформатора струму фази «С» живильної мережі ТП. Другий канал осцилографа використовували для одночасного запису фазної напруги, який вмикали паралельно до затишків вторинної обмотки вимірювального трансформатора напруги, тобто вмикали на напругу фази «С».

Гармонійний склад напруги та струму і результати чисельних розрахунків ПЯЕ

Згідно з рядом нормативних документів, основним фактором, який визначає якість параметрів електричної енергії, досягнення в питанні електромагнітної сумісності, закон керування пристроями компенсації реактивної потужності тощо є рівень гармонійного складу напруг і струмів в вузлах приєднання навантаження (тягових підстанцій).

На рис. 1, а приведені осцилограми одного періоду мережевої напруги $u(t)$ і струму $i(t)$ фази «А» на вході ТП з напругою живлення 6 кВ із шестипульсним випрямлячем в режимі тягового навантаження.

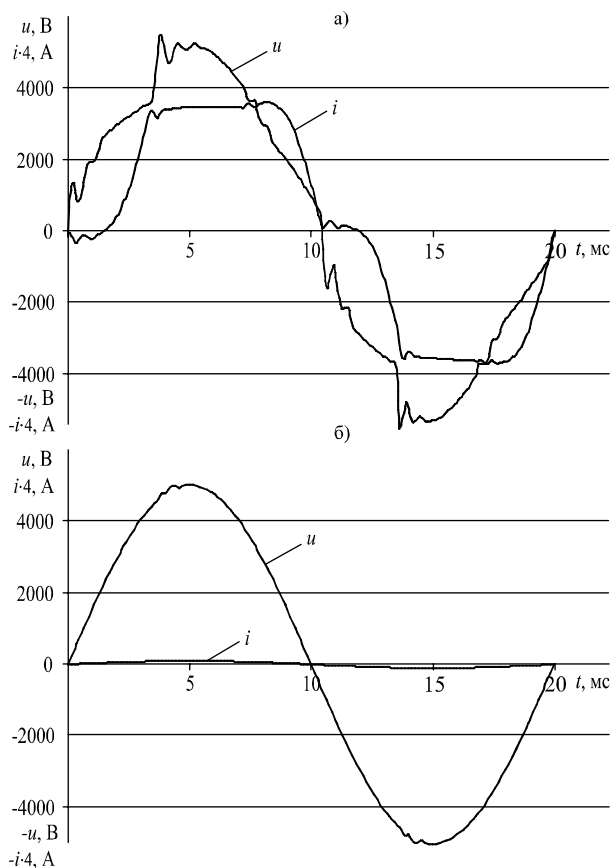


Рис. 1. Осцилограми вхідних напруги та струму до ТП «Горяїново»: а) в режимі тягового навантаження; б) в режимі холостого ходу.

Як впливає із цього рисунка, і напруга, і струм є суттєво несинусоїдними, при цьому перша гармоніка напруги випереджує першу гармоніку струму за фазою на 6 електричних градусів. Спотворення струму зрозуміле і обумовлене нелінійністю елементів СЕТ (в основному випрямлячів та колекторних двигунів). А несинусоїдність струму призводить до спотворення напруги. Підтвердженням такого впливу струму служать осцилограми на рис. 1, б: при струмі холостого хода випрямного агрегату, напруга має майже неспотворений синусоїдний характер.

Основний внесок в спотворення кривої струму вносять гармоніки 2, 4, 5, 6, 7 (рис. 2). Ті гармоніки, значення коефіцієнта n -ої гармонійної складової струму $K_{I(n)} = \frac{I(n)}{I_1} \cdot 100\%$ яких більше одиниці приведені в табл. 1.

Як впливає із табл. 1, складова вхідного струму ТП, яка обумовлена лише тяговим електропостачанням, містить в своєму складі відносно велику кількість гармонік, які за своїм рівнем співрозмірні з рівнем першої гармоніки.

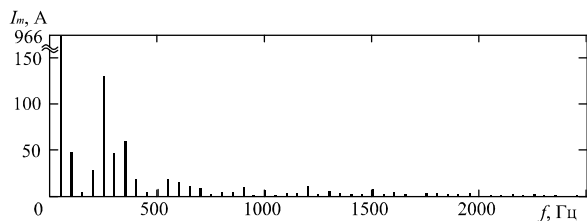


Рис. 2. Спектральний склад вхідного струму ТП «Горяїново».

Таблиця 1

Значення коефіцієнтів n -ої гармонійної складової струму та інтегрального показника гармонійного складу струму I_{THD}

Коефіцієнти n -ої гармонійної складової струму $K_{I(n)}$, %		I_{THD} , %
n -на гармоніка	$K_{I(n)}$, %	
2	5	17,1
4	3	
5	13,5	
6	4,7	
7	6,2	
8	2	
11	1,8	
12	1,6	
13	1,2	
18	1,1	
24	1,1	

При діючому значенні вхідного струму $I = 700$ А інтегральний показник гармонійного складу струму, згідно зі стандартом IEEE 519-1992, що визначається коефіцієнтом гармонік I_{THD} (THD – Total Harmonic Distortion):

$$I_{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{49} (I^{(n)})^2}}{I^{(1)}} \cdot 100\%,$$

склав 17,1 %, що перевищує норму.

В режимі тягового навантаження форма кривої напруги відрізняється від синусоїди в основному за рахунок гармонік 2, 5, 7, 11 (рис. 3).

Їх коефіцієнти n -ої гармонійної складової напруги, згідно з ГОСТ 13109-97 [3],

$$K_{U(n)} = \frac{U(n)}{U_1} \cdot 100\%$$

подано на рис. 4. Ті гармоніки, значення n -ої гармонійної складової напруги яких перевищують норми згідно [3] та їх допустимі значення для даної напруги, приведені в табл. 2.

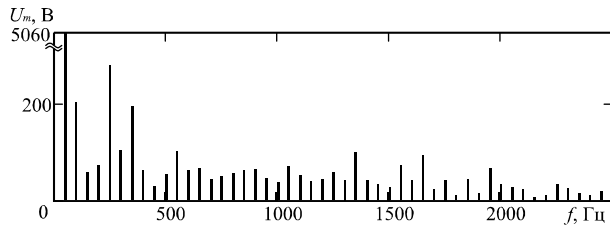


Рис. 3. Спектральний склад вхідної напруги до ТП «Горяїново»

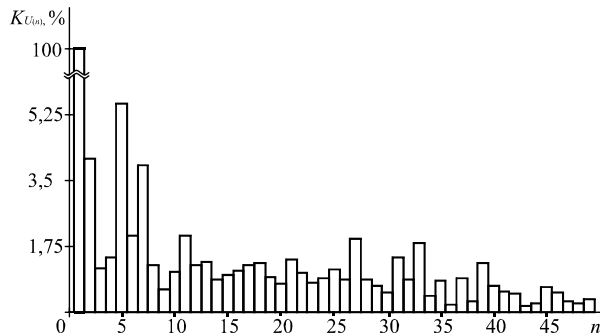


Рис. 4. Значення коефіцієнтів n -ої гармонійної складової вхідної напруги до ТП «Горяїново»

Сумарний коефіцієнт спотворення синусоїдності напруги згідно з виразом ГОСТу 13109-97

$$K_U = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} U_{(n)}^2}}{U_{(1)}} 100\%$$

склав 10,5 %, що перевищує як нормально допустиме значення 6 %, так і гранично допустиме значення 8 % для цього рівня напруги. Суттєву несинусоїдність напруги і струму обумовлює той факт, що СЕТ постійного струму, тобто система «ТП+ТМ+ЕРС», як навантаження, являє собою споживач двох складових повної потужності S : активної P та неактивної (або реактивної по Фризе) Q_ϕ . Для їх визначення використаємо вирази, які отримані в розділі 3. Значення зазначених вище величин в кожній фазі склали: $S = 2497$ кВА; $P = 2430$ кВт; $Q_\phi = 575$ кВт.

Коефіцієнт потужності системи електротяги з шестипульсною схемою випрямлення склав $\lambda = 0,973$, а коефіцієнт реактивної потужності $\text{tg}\phi = 0,273$. Як бачимо, коефіцієнт потужності не менше нормативного значення, що дорівнює 0,92...0,95. За аналогією, фактична величина

$\text{tg}\phi$ також не перевищує нормовану, що становить 0,25. Аналізуючи отримані величини, цікавим є той факт, що при таких значеннях λ та $\text{tg}\phi$, що задовольняють вимогам нормативної документації, значення K_U та K_I не задовольняють стандарту [3]. Тоді продуктивні (основні) втрати активної електроенергії в одному лінійному проводі живлячої ЛЕП, склали $\Delta W_i = 45,5$ кВт·год.

Таблиця 2

Значення коефіцієнтів n -ої гармонійної складової вхідної напруги до ТП «Горяїново», які перевищують норму

n -на гармоніка	Знач. $K_{U(n)}$, %	Норм. доп. знач., %	Гранич. доп. знач., %
2	4,06	1,5	2,25
4	1,46	0,7	1,05
5	5,53	4	6
6	2,04	0,3	0,45
7	3,89	3	4,5
8	1,24	0,3	0,45
9	0,6	0,5	0,75
10	1,07	0,3	0,45
11	2,03	2	3
12	1,24	0,2	0,3
14	0,87	0,2	0,3
15	0,99	0,3	0,45
16	1,11	0,2	0,3
18	1,29	0,2	0,3
20	0,74	0,2	0,3
21	1,39	0,2	0,3
22	1,03	0,2	0,3
24	0,88	0,2	0,3
25	1,12	1	1,5
26	0,85	0,2	0,3
27	1,95	0,2	0,3
28	0,85	0,2	0,3
30	0,52	0,2	0,3
31	1,43	0,63	0,945
32	0,86	0,2	0,3
33	1,82	0,2	0,3

Аналогічно, непродуктивні (додаткові), дорівнюють $\Delta W_d = 2,5$ кВт·год.

Такі самі дослідження проведено для ТП з 12-пульсною схемою випрямлення з вхідною напругою 35 кВ. На рис. 5 приведені осцилограми вхідних до ТП напруг і струмів.

Із порівняння їх з осцилограмами рис. 1, а впливає, що спотворення напруги і струму при 12-пульсній схемі випрямлення помітно менше, що закономірно, оскільки підтверджується факт впливу форм випрямлених тягових

напруги і струму на напругу і струм в лінії зовнішнього електропостачання. Також зменшився до 4 електричних градусів кут зсуву, між першими гармоніками напруги та струму. З осцилограм бачимо, що режим роботи системи тяги – активно-індуктивний. Особливо помітно менше, у порівнянні з 6-пульсними схемами, спотворення кривої напруги, що впливає із порівняння рис. 1, а і рис. 5. Основний вклад у несинусоїдність напруги вносять гармоніки 2, 3, 11, 12, 13 (рис. 6), що дещо не співпадає з літературними даними [1]. Їх коефіцієнти n -ої гармонійної складової напруги подано на рис. 7. Ті гармоніки, значення n -ої гармонійної складової напруги яких перевищують норми згідно з ГОСТ 13109-97 та їх допустимі значення для даної напруги, приведені в табл. 3.

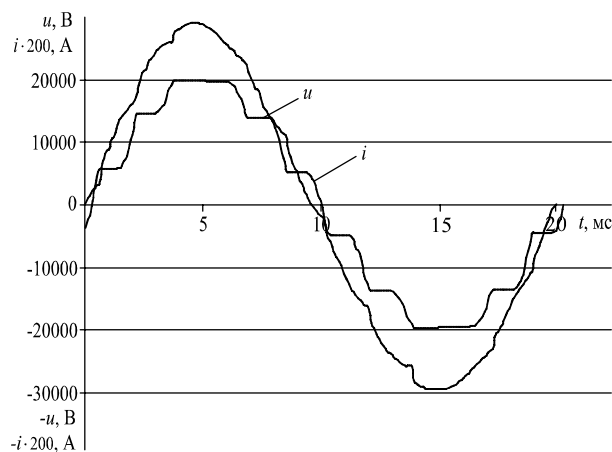


Рис. 5. Осцилограми вхідної напруги та струму до ТП «Н.-Д. Вузол»

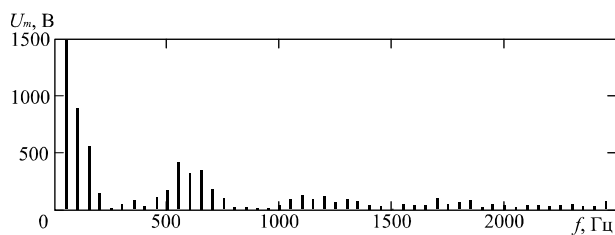


Рис. 6. Спектральний склад вхідної напруги до ТП «Н.-Д. Вузол»

Коефіцієнт спотворення синусоїдності кривої напруги K_U , згідно з ГОСТ 13109-97, складає 4,60%, тобто перевищує нормально допустиме значення, яке дорівнює 4,0%, але менше гранично допустимого значення 6,0% для електричних мереж з $U_{ном} = 35$ кВ, якою є досліджувана ЛЕП.

Несинусоїдність струму в більшій ступені обумовлена гармоніками 2, 3, 10...14 (рис. 8), що, як і в нарузі, дещо не співпадає з літературними даними [1]. Значення коефіцієнтів n -

ої гармонійної складової струму від різних його величин представлено на рис. 9.

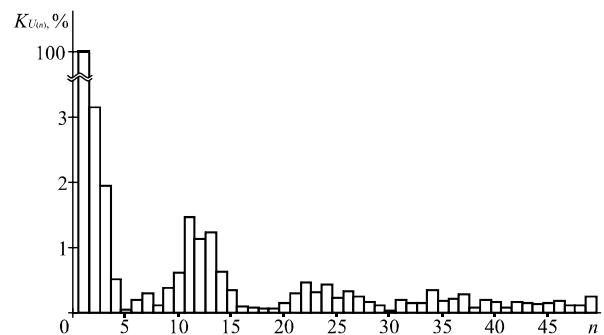


Рис. 7. Значення коефіцієнтів n -ої гармонійної складової вхідної напруги до ТП «Нижняодніпровськ-Вузол»

Таблиця 3

Значення коефіцієнтів n -ої гармонійної складової вхідної напруги, які перевищують норми та їх допустимі значення

n -на гармоніка	Знач. $K_{U(n)}$, %	Норм. доп. знач., %	Гранич. доп. знач., %
2	3,14	1	1,5
3	1,94	1,5	2,25
4	0,51	0,5	0,75
10	0,61	0,3	0,45
12	1,12	0,2	0,3
14	0,63	0,2	0,3
15	0,34	0,3	0,45
22	0,45	0,2	0,3
24	0,42	0,2	0,3
26	0,33	0,2	0,3
27	0,24	0,2	0,3
34	0,35	0,2	0,3
36	0,2	0,2	0,3

Як відомо, несинусоїдний струм викликає несинусоїдний спад напруги на внутрішньому опорі мережі. Тому до гармонійного складу струму в останні роки, особливо в закордонній електроенергетиці, пред'являють все більші вимоги, які залежать від значення того ж внутрішнього опору ЛЕП і які визначаються по співвідношенню струмів КЗ і номінального [4].

Із аналізу коефіцієнтів спотворення гармонік впливає, що в різних режимах роботи системи тяги (тобто при різних струмах) 10, 11, 12,

13, 14, 22, 24, 25, 26 та 35 гармоніки перевищують максимально допустимі значення.

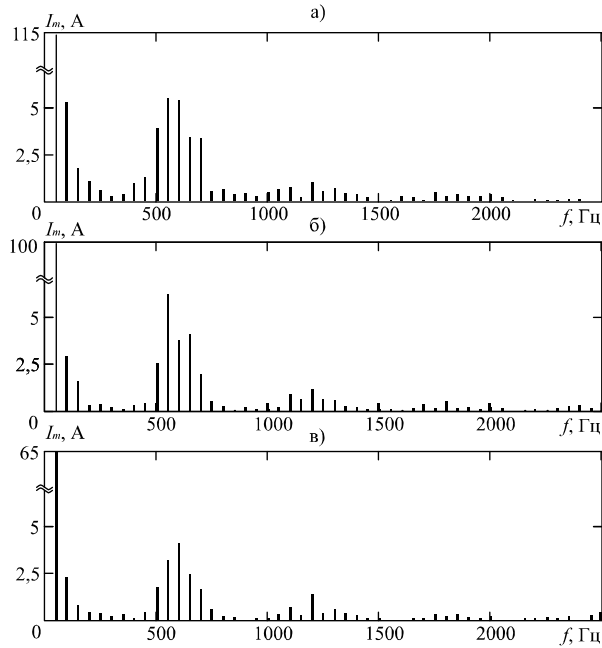


Рис. 8. Спектральний склад вхідного струму при його діючому значенні 45А (а), 70А (б) та 85А (в)

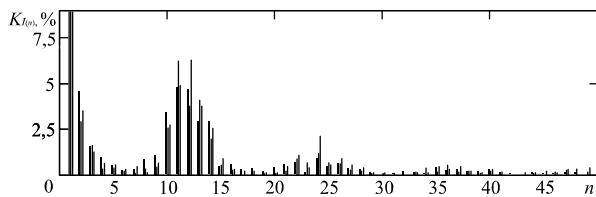


Рис. 9. Коефіцієнти n -ої гармонійної складової струму при його діючому значенні 45 А (а), 70 А (б) та 85 А (в)

Інтегральний показник гармонійного складу струму I_{THD} склав значення 9,91%, що значно перевищує допустиме значення 5% для цього рівня напруги.

Отримаємо значення складових повної потужності S та енергетичні показники для лінії, що живить 12-пульсний випрямляч за аналогією, як це зроблено в попередньому підрозділі. Їх значення по кожній фазі склали: $S = 1426$ кВА; $P = 2413$ кВт; $Q_0 = 194$ кВт. Коефіцієнт потужності системи електротяги $\lambda = 0,991$, а коефіцієнт реактивної потужності $\text{tg}\varphi = 0,137$. Як бачимо, коефіцієнт потужності системи при 12-пульсному випрямлячі ще більше наближається до одиниці, а коефіцієнт реактивної потужності – до нуля. І в той же час як коефіцієнти n -ої гармонійної складової, так і коефіцієнти спотворення синусоїдності кривої і напруги і струму напруги не задовольняють вимогам стандарту.

Основні (продуктивні) втрати активної електроенергії в одному лінійному проводі живлячої ЛЕП склали $\Delta W_1 = 278$ Вт·год. Аналогічно, додаткові (непродуктивні) дорівнюють $\Delta W_A = 378$ Вт·год.

Висновки

1. На вводах дослідженої ТП з вхідною напругою 6 кВ та 6-пульсним випрямлячем:

а) вхідні напруга та струм є суттєво несинусоїдними з $\varphi^{(1)} = +6^\circ$;

б) крива напруги відрізняється від синусоїди в основному за рахунок гармонік 2, 5, 7 та 11; значення їх коефіцієнтів відповідно складають (%): 4,06; 5,53; 3,89 та 2,03, що перевищує їх нормативно допустимі величини. Сумарний коефіцієнт спотворення напруги склав 10,5% при нормально допустимому 6% і граничному – 8%;

в) основний вклад в спотворення струму вносять гармоніки 2, 4, 6 і 7 з коефіцієнтами відповідно (%): 5,0; 3,0; 4,7 і 6,2. Інтегральний показник гармонійного складу струму I_{THD} при вхідному $I = 700$ А складає 17,1 %, що перевищує нормативне значення.

2. На вхідних затискачах дослідженої ТП з напругою 35 кВ і 12-пульсним випрямлячем:

а) спотворення напруги і струму, у порівнянні з попередньою ТП, істотно, менше і $\varphi^{(1)}$ зменшився до $+4^\circ$;

б) основний вклад у несинусоїдність напруги вносять гармоніки 2,3,11,12 та 13, а сумарний коефіцієнт спотворення складає 4,6%, що перевищує нормативно допустиме 4,0%, але менше граничного 6%;

в) несинусоїдність струму в найбільшій мірі обумовлена гармоніками 2,3,10...14, а інтегральний показник $I_{THD} = 9,91\%$, що значно перевищує допустиме значення 5%.

3. Непроодуктивні втрати електроенергії в одному лінійному проводі живлячої ЛЕП для випадків розглянутих ТП відповідно склали: 2,5 та 0,38 кВт·год (або 8% від P і 94% від ΔP_0).

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Шалимов, М. Г. Двенадцатипульсовые полупроводниковые выпрямители тяговых подстанций [Текст] / М. Г. Шалимов. – М. : Транспорт, 1990. – 127 с.
2. Петров, А. В. Непроодуктивні втрати електроенергії в системі електропостачання електричної тяги постійного струму [Текст] : дис. ...

- канд. техн. наук / Петров Андрій Володимирович. – Д., 2011. – 227 с.
3. ГОСТ 13109-97 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Текст].
 4. Розанов, Ю. К. Современные методы улучшения качества электроэнергии (аналитический

обзор) [Текст] / Ю. К. Розанов, М. В. Рябчинский // Электротехника. – 1998. – № 3. – С. 10–17.

Надійшла до редколегії 25.01.2012.
Прийнята до друку 27.01.2012.

А. В. ПЕТРОВ О. И. САБЛИН

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЛИНИЯХ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Изложены результаты исследований, где анализируются численные значения некоторых основных показателей качества электроэнергии в линиях внешнего электроснабжения системы электрической тяги постоянного тока. В качестве дополнения приведены величины дополнительных и основных потерь электроэнергии в них.

Ключевые слова: показатели, электроэнергия, качество, коэффициент

A. V. PETROV, O. I. SABLIN

QUALITY ELECTRICITY LINES OF EXTERNAL POWER SYSTEMS ELECTRIC TRACTION DC

The results of studies that compare and analyze the numerical values of some key indicators quality electricity in the lines of the external power supply system the electric traction DC. As a supplement are additional and fundamental values of energy losses in them.

Keywords: performance, power, quality, factor

В. Г. СИЧЕНКО, О. М. ПОЛЯХ (ДІПТ), Г. О. ТАТАРЧЕНКО (ТІ СНУ ім. В. Даля, Луганськ)

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ЗАХИСТУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ОПОР КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ ВІД КОРОЗІЇ

Проведено дослідження впливу різних гідрофобізуючих сполук для залізобетонних опор контактної мережі на зміну їх електричного опору та водопоглинання. Показано, що за цими показниками найкращі параметри має «Сілол» вітчизняного виробництва.

Ключові слова: залізобетонна опора контактної мережі, поверхневий захист від корозії, електричний опір, водопоглинання, гідрофобізуюча сполука, «Сілол»

Вступ

Залізобетонні опори контактної мережі є функціонально складними спорудами, які в процесі експлуатації піддаються багатьом комбінаціям впливів та навантажень. Основними дефектами та пошкодженнями опор є тріщини, сколи бетону, відшарування захисного шару бетону, корозія бетону, електрохімічна корозія арматури, раковини, руйнування гідроізоляції та інші. Багаторічний досвід експлуатації опор показує, що в реальних умовах їх розрахункові параметри, які були закладені під час проектування, змінюються, що призводить до появи різних пошкоджень, тому необхідна розробка технічних рішень щодо підвищення експлуатаційних характеристик опор.

На сьогодні стояки опор на території України виготовляють згідно з [1] за робочою і технологічною документацією. За узгодженням із замовником дозволено виготовляти залізобетонні опори, які відрізняються габаритними розмірами і розмірами окремих деталей. Кожен виробник розробляє свої робочі креслення під свою, вже існуючу технологію. Аналіз параметрів опор, що виготовляються провідними виробниками, показує, що нормативні значення показників у всіх виробників схожі і відповідають нормативним вимогам. Але суттєво відрізняється передавальна міцність бетону, міцність бетону на стиск у проектному віці, тип та кількість застосованої арматури на виготовлення арматурного каркаса. Крім того, найбільші відмінності між опорами виявлено в геометричних параметрах та конструктивних елементах, таких як: довжина опори, діаметр опори в оголовку та комлі, наявність та розташування отворів для встановлення закладних деталей, товщина внутрішнього та зовнішнього захисного шару, матеріал та вид бетонної заглишки. Кожен виробник вирішує проблему якості своєї

продукції різними шляхами. Виходячи з цього потрібно привести виробництво стояків до єдиних вимог за всіма показниками. При цьому необхідно застосовувати нові технології виробництва, а також нові технології контролю якості на етапі кожної технологічної операції виготовлення стояків.

Згідно з вимогами діючого стандарту [1], виробник зобов'язаний виготовляти стояки з терміном служби 70 і більше років. Для успішного та економічно доцільного проведення робіт по заміні залізобетонних опор, які відпрацювали свій термін експлуатації необхідно не просто замінювати старі стояки такими ж самими новими опорами, а впроваджувати розробки нових стояків (більш міцних, більш надійних, менш матеріалоемних та з довшим проектним терміном експлуатації), які б ввібрали в себе все краще з сучасних технологій та матеріалів та мали б необхідний рівень стійкості до гальванічних впливів. Для підвищення довговічності та надійності стійок залізобетонних опор контактної мережі необхідно реалізовувати необхідні технічні заходи як в процесі експлуатації залізобетонних опор, так і в процесі їх виготовлення [2]. Одним з напрямків забезпечення нормативного терміну експлуатації та підвищення корозійної стійкості є додаткова хімічна обробка залізобетонних опор, як бетону, так і арматури.

Основна частина

Для захисту від впливу атмосферної та підземної корозії залізобетонних опор має застосовуватись гідроізоляційне та антикорозійне покриття [1]. Види цих покриттів встановлюються робочими кресленнями, а їх вибір визначається вимогами чинних нормативних документів у галузі захисту будівельних конструкцій від корозії. До цього часу передбачався захист лише комлевої частини стояка, в якості

гідроізоляційних та антикорозійних покриттів застосовуються бітумні мастики типу «Ізол» з нормативним терміном служби 5...8 років. Але, як показує досвід експлуатації, фактично він складає 3...4 роки, тобто «Ізол» має низьку ефективність застосування та суттєво не впливає на довговічність опор [3]. Зважаючи на те, що конструкторською документацією для стояків зі змішаним армуванням передбачається термін служби 70 років, постає завдання щодо застосування нових сполук для підвищення корозійної стійкості опор контактної мережі, причому необхідно передбачити захист не тільки комлевої частини опори, але й частини, що експлуатується на повітрі та піддається руйнівному впливу від агресивних компонентів навколишнього середовища.

Такі сполуки, володіючи комплексом реологічних властивостей, мають глибоко проникати в пори будівельних матеріалів і створювати бар'єрні та водовідштовхуючі плівки [4]. При цьому залізобетонні стійки опор контактної мережі після обробки такими сполуками втрачають здатність до намочування водою та її капілярного поглинання, що забезпечить їхню стійкість до корозійних впливів.

Слід зазначити, що на сьогодні існує велика гамма захисних сполук для гідрофобізації залізобетонних виробів, як вітчизняного, так і закордонного виробництва. Для дослідження нами були взяті три розповсюджені гідрофобізатори: «Сілол», «Флюат» та «Ceresit СТ 17».

«Сілол» – це малов'язка рідина, силіконова органорозчинна композиція, яку використовують для нанесення на поверхню будівельних конструкцій з метою додання їм водовідштовхувальних властивостей і зниження водопоглинання. «Сілол» має наступні переваги перед «Ізолом»:

- унікальна атмосферостійкість, інертність до дії ультрафіолету, озону, води, стійкість в діапазоні температур від -60 до $+250$ °С, довговічність;

- швидко висихає на поверхні, фактично не змінюючи природну пористість матеріалу, зберігаючи газопроникність та має мінімальну токсичність;

- дає значний економічний ефект.

Захисна силосанова плівка, що утворюється в поверхневих шарах бетону, після випаровування розчинника і завершення реакції конденсації має високі діелектричні властивості. Так, її питомий об'ємний опір складає $1 \cdot 10^{12}$ Ом·м, а тангенс кута діелектричних втрат дорівнює 0,01. Крім того, в результаті обробки сут-

тєво знижуються вологість бетону опори і концентрація електролітів в поровій рідині за рахунок гідрофобізації, і, як наслідок, підвищується її електричний опір, що має надати стояку опори стійкості до електрокорозії.

Гідрофобізуюча рідина «Ceresit СТ 17» є матеріалом на основі хімічно активного сілано-силоксилана. Її густина – $0,79$ кг/дм³. Температура нанесення складає від $+5$ до $+35$ °С. Витрата цього матеріалу для слабкопоглинаючих поверхонь – $0,3$ л/м², а для сильно поглинаючих – $0,7$ л/м². Даний матеріал призначений для захисту бетонних поверхонь від дії атмосферних опадів, забезпечує водонепроникність тріщин шириною не більше $0,2$ мм.

Флюат, який ще називається фіксатором, – це концентрований водний реагент, модифікований ефективними поверхневоактивними добавками. Розчин проникає в пори бетону, хімічно перетворюючи розчинні у воді компоненти в особливо міцні нерозчинні сполуки, армує бетон.

Флюат звичайно використовується для бетону та залізобетону, інших будівельних конструкцій. Бетон при використанні флюату стає твердим, стійким до атмосферних явищ і механічних пошкоджень, вологостійким, паропроникним, стійким до корозії залізобетонних конструкцій.

Було проведено дослідження впливу виду захисного покриття бетону на зміну його питомого опору та водопоглинання. Для експериментальних досліджень використовувались стандартні бетонні блоки кубічної форми з металевою арматурою всередині (рис. 1).

Дослідження зміни питомого опору бетону

Сутність методу полягає у вимірюванні опору бетону після витримки зразків у 3%-ному розчині NaCl. На бетонні зразки було нанесено покриття гідрофобними розчинами (Сілол, Флюат, Ceresit СТ 11): №1 – флюат (2 шари); №2 – сілол (2 шари); №3 – флюат (2 шари) + церезит (1 шар); №4 – сілол (2 шари) + церезит (1 шар); №5 – церезит (2 шари); №6 – церезит (1 шар). Схема для визначення опору захисного покриття бетону наведена на рис. 2.

За допомогою вимірювального приладу (6) В7-15 одразу після заповнення циліндру розчином вимірюється опір захисної плівки бетону усіх типів зразків. Вимірювання повторюють через 15, 30 (хв), потім через 1, 2, 24, 48, 168 (год) і т.д.

Один раз на добу перевіряють рівень розчину в циліндрах і доливають його до початкового. Об'єм долитого розчину вимірюється, що

вказує на ступінь водопоглинення зразка. Результати проведених досліджень наведені в табл. 1.

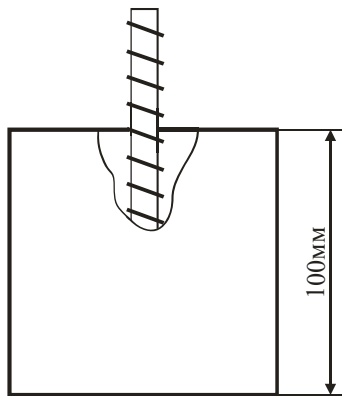


Рис. 1. Вигляд зразків

Отримані результати у вигляді графіків наведені на рис. 3 та 4.

Середнє значення перехідного опору покриття $R_{i\text{ср}}$, Ом·м², кожного зразка обчислюють за формулою:

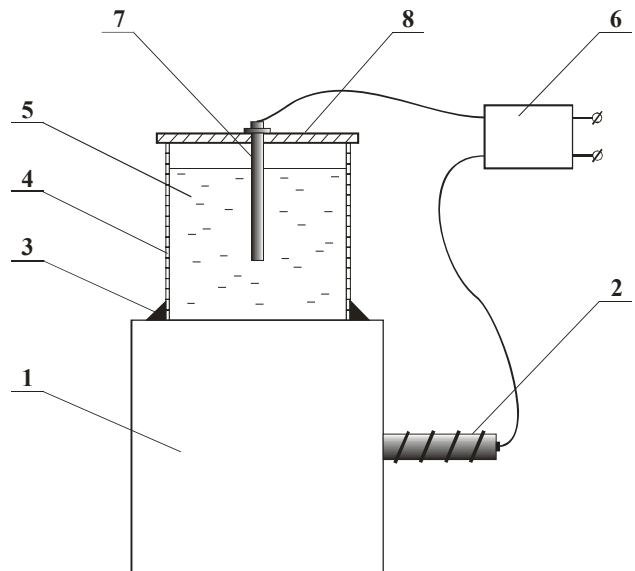


Рис. 2. Установа для визначення опору захисного покриття бетону:

1 – бетонний зразок; 2 – металева арматура; 3 – пластилін; 4 – циліндр; 5 – розчин NaCl; 6 – вимірювальний прилад; 7 – графітовий електрод; 8 – кришка

Таблиця 1

Опор зразків при змочуванні

№ з/п	Час вимір., год	Опір залізобетонного зразка, кОм					
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
1	0	200	6500	1000	8500	1200	850
2	0,25	150	4500	850	6300	600	550
3	0,5	90	3800	670	4600	300	300
4	1	60	3300	580	3900	200	150
5	2	35	3200	450	3500	140	70
6	24	2	3200	12	3500	8	4
7	48	2	3200	3	3500	6	4
8	168	2	3200	3	3500	6	4

$$R_{i\text{ср}} = \frac{S}{n} \sum_{j=1}^n Ri_j, \quad (1)$$

$$\rho_V = R \frac{S}{b}, \quad (2)$$

де i – номер зразка;
 j – номер вимірювання;
 n – кількість вимірювань на i -му зразку;
 Ri_j – опір i -го зразка при j -му вимірі, Ом;
 S – площа контакту зразка з розчином, м².

Питомий об'ємний опір покриття ρ_V , Ом·м, обчислюють за формулою:

де R – усталений опір захисного покриття, Ом;
 S – площа ділянки захисного покриття, обмежена периметром порожнистого циліндра, м²;
 b – товщина бетону, м.

Результати розрахунків наведені в табл. 2.

Аналіз результатів проведених випробувань показав наступне: найкращі результати отри-

мані при використанні в якості гідрофобізуючого розчину «Сілол». Перехідний опір бетону, вкритого даним матеріалом, значно перевищує інші зразки. Спад опору в зразках № 2 та 4 тривав лише протягом 2 год, встановившись на усталеному значенні 2 МОм, в той час як у інших зразків цей спад відбувався протягом двох діб, і значення усталених опорів знаходяться в межах лише кількох КОм.

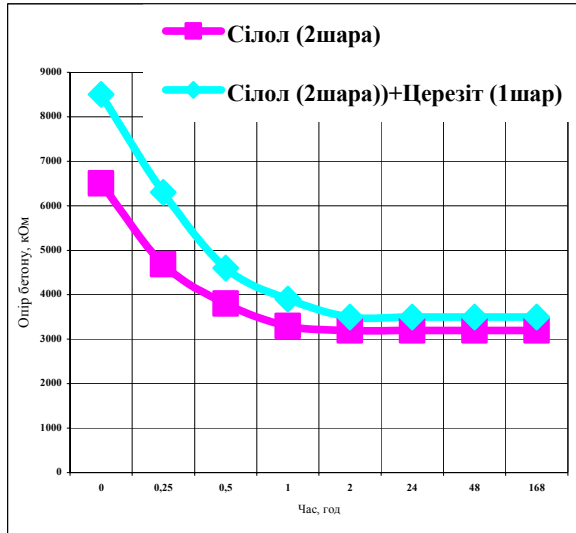


Рис. 3. Зміна опору зразків № 2, 4

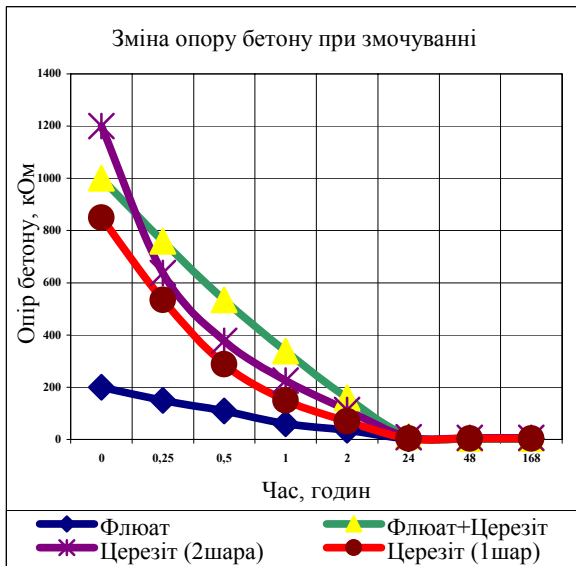


Рис. 4. Зміна опору зразків № 1, 3, 5, 6

Дослідження водостійкості бетонних зразків

Водостійкість бетону показує його здатність зберігати фізико-механічні властивості при взаємодії з водою. Бетон як капілярно-пористе тіло має властивості водопоглинання і водонасичення при безпосередньому контакті з

водою. Водопоглинання бетону є одним із факторів водостійкості. Істотне значення в забезпеченні водостійкості бетону має його водонепроникність – властивість, характерна навіть для бетонів щільної структури. При проведенні дослідження, як зазначалось вище, зразки поглинали воду. Результати вимірювань кількості поглинутої води за 168 год наведені на рис. 5.

Таблиця 2

Розрахунковий опір зразків

№ зразка	$S, \text{ м}^2$	$R, \text{ Ом}$	$R_{\text{іср}}, \text{ Ом}\cdot\text{м}^2$	$\rho_v, \text{ Ом}\cdot\text{м}$
1	0,0039	2000	263,7	173,3
2	0,0039	3200000	15063,8	277333,3
3	0,0039	3000	1739,4	260,0
4	0,0039	3500000	18183,8	303333,3
5	0,0039	6000	1199,3	520,0
6	0,0039	4000	941,9	346,7



Рис. 5. Результати дослідження водопоглинання зразків

Аналізуючи отримані дані, можна вказати, що оброблені розчином «Сілол» зразки мають мінімальні (близькі до нуля) значення поглинутої води.

Висновки

В результаті проведених досліджень за розглядуваними критеріями кращі показники має гідрофобний розчин «Сілол» вітчизняного виробництва, який може бути рекомендованим для обробки залізобетонних опор контактної мережі та фундаментів замість застосовуваних нині сполук.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ДСТУ Б В.2.6-21-2000. С залізобетонні для опор контактної мережі залізниць. Технічні умови [Текст]. – К., 2000. – 25 с.
2. Сиченко, В. Г. Підвищення довговічності та надійності стійок залізобетонних опор контактної мережі [Текст] / В. Г. Сиченко, О. М. Полях, О. С. Кучмій // ОНПУ. Вип. «Підйомно-трансп. техніка». – 2008. – № 2. – С. 70–79.
3. Вайнштейн, А. Л. Коррозионные повреждения опор контактной сети [Текст] / А. Л. Вайнштейн, А. В. Павлов. – М.: Транспорт, 1988. – 111 с.
4. Лучко, Й. Й. Методи підвищення корозійної стійкості та довговічності бетонних та залізобетонних конструкцій і споруд [Текст] / Й. Й. Лучко, І. І. Глагола, Б. Л. Назаревич / НАН України; Фіз.-мех. ін-т ім. Г. В. Карпенка: Каменярь, 1999. – 229 с.

Надійшла до редколегії 02.12.2011.
Прийнята до друку 14.12.2011.

В. Г. СЫЧЕНКО, А. М. ПОЛЯХ, Г. О. ТАТАРЧЕНКО

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗАЩИТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОПОР КОНТАКТНОЙ СЕТИ ОТ КОРРОЗИИ

Проведено исследование влияния разных гидрофобизирующих соединений для железобетонных опор контактной сети на изменение их электрического сопротивления и водопоглощения. Показано, что по этим показателям наилучшие параметры имеет "Силол" отечественного производства.

Ключевые слова: железобетонная опора контактной сети, поверхностная защита от коррозии, электрическое сопротивление, водопоглощение, гидрофобизирующее соединение, «Силол»

V. G. SYCHENKO, O. M. POLYAKH, G. O. TATARCHENKO

IMPROVEMENT OF SUPERFICIAL PROTECTION OF STEEL CONCRETE SUPPORTS OF THE CONTACT NETWORK AGAINST CORROSION

The influence of different water-repellent rendering compounds for steel concrete supports of a contact network on change of their electric resistance and water absorption is under study. It is shown that the domestic production "Silol" has the best parameters on these indices.

Keywords: steel concrete support of a contact network, superficial protection against corrosion, electric resistance, water absorption, water-repellent rendering compound, "Silol"

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ УСУНЕННЯ ОБМЕЖЕНЬ ШВИДКОСТІ РУХУ ПОЇЗДІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ ЗІ СТАНОМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ

Приведена методика, яка дозволяє на рівні інженерних розрахунків отримати попередні результати щодо економічної ефективності усунення обмеження швидкості руху поїздів

Ключові слова: максимальна швидкість, радіус кривої, обмеження швидкості, експлуатаційні витрати, інвестиційні витрати, економічна ефективність

1. Постановка проблеми

Необхідність скорочення терміну доставки вантажів і пасажирів, усунення постійно діючих і тривалих обмежень швидкості руху поїздів поставила перед практиками і науковцями завдання підвищення ефективності заходів щодо збільшення рівня швидкості руху поїздів і зменшення кількості обмежень.

Наявність бар'єрних місць призводить до зростання часу руху, підвищеного споживання паливно-енергетичних ресурсів. Загальна протяжність обмежень швидкості руху поїздів по Укрзалізниці на 01.10 2011 на головних коліях склала близько 600 км.

Метою роботи є встановлення економічної ефективності усунення обмежень швидкості руху поїздів з тривалими й довгостроковими термінами дії перш за все на напрямках, що готуються до впровадження прискореного й швидкісного руху поїздів.

2. Аналіз досліджень, в яких започатковано розв'язання даної проблеми

Питання усунення постійно діючих і тривалих обмежень швидкості руху є актуальними. В ряді випадках вони можуть бути розглянуті як оптимізаційні задачі. Сформульована таким чином проблема вибору послідовності реконструкції ділянки з метою встановлення максимально допустимих швидкостей руху мала рішення в ряді наукових робіт, наприклад [1–3]. На сьогоднішній день потребує розв'язання задача у більш широкій постановці – визначення рівня раціональних швидкостей для всіх об'єктів, що входять до складу ділянки залізниці.

Для вирішення такої задачі ділянку залізничної колії будемо представляти як множену об'єктів $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_i, \dots, \omega_n\}$. Окремий i -й об'єкт ω_i – це інфраструктура залізничної

колії, рівень швидкості по якій, обмежується одним конкретним фактором, наприклад, стрілочний перевід, ділянка хворого земляного полотна тощо. При такому визначенні об'єкти ω_i можуть бути розташованими як окремо один від іншого, так і накладатися один на інший. Кожен об'єкт ω_i характеризується місцем розташування L_i (пикетажна прив'язка початку та кінця об'єкта), встановленою швидкістю руху $V_{0i} \in [V_{\min i}, V_{\max i}]$, де $V_{\min i}$ і $V_{\max i}$ – відповідно мінімальна і максимальна можливі швидкості руху по об'єкту.

Таким чином, на встановлення відповідних швидкостей $V^* = \{V_{n,1}, V_{n,2}, \dots, V_{n,i}, \dots, V_{n,n}\}$ на всіх об'єктах ділянки треба вирішити задачу

$$V^* \rightarrow \begin{cases} \Delta t(V^*) \geq \Delta T \\ K(V^*) \rightarrow \min \end{cases} \quad (1)$$

де $\Delta t(V^*)$ – зміна часу руху по ділянці при встановленні швидкостей руху V^* ; ΔT – заплановане скорочення часу руху після реконструкції ділянки.

Вирішення схожої задачі розглянуто в [4]. В цій роботі ставилася задача визначення множини об'єктів $\Omega^* \subseteq \Omega$, які потребують перебудови для забезпечення необхідного скорочення часу руху з мінімальними витратами коштів

$$\Omega^* \subseteq \Omega \rightarrow \begin{cases} \Delta t(\Omega^*) \geq \Delta T \\ K(\Omega^*) \rightarrow \min \end{cases} \quad (2)$$

При цьому кожен об'єкт характеризувався двома станами – швидкістю руху до і після можливої перебудови і відповідно вартістю такої операції.

Задача ускладнюється тим, що функція $\Delta t(V_{ij})$ може бути визначена тільки за результатами тягових розрахунків і не є адитивною, бо на її значення будуть впливати вибрані ста-

ни суміжних об'єктів. Докладно це питання було розглянуто в роботі [5] і запропоновано рішення задачі (2) для неадитивної функції скорочення часу руху з використанням методики оптимізації функцій множини, розробленої проф. А. А. Босовим [6].

Розглянуті підходи до вирішення проблеми потребують застосування складного математичного апарату, відповідних програм, великої кількості вихідних даних.

Для розрахунку економічних характеристик ефективності потрібно визначити тягово-енергетичні показники, точне значення яких може бути встановлено тяговими розрахунками. На конкретних напрямках кількість обмежень швидкості може складати від декількох до десятків. Виконання тягових розрахунків для різних типів локомотивів, маси рухомого скла-

ду, рівня швидкості і комбінацій усунення ділянок з обмеженнями потребує великих витрат часу. А тому постало питання, як провести економічну оцінку на стадії оперативного прийняття інженерного рішення. Авторами запропоновано спрощене вирішення задачі економічної оцінки.

Для різних вихідних даних і умов експлуатації були отримані залежності тягово-енергетичних показників у вигляді таблиць і графіків, що є достатнім для проведення попередньої оцінки економічної ефективності усунення обмеження швидкості. Для прикладу, на рис. 1 показані графіки витрат електроенергії на тягу вантажного поїзда масою 4000 т з локомотивом ДЕ1 при різній довжині $L_{i\Delta i}$ з обмеженням швидкості $V_{обм} = 40$ км/год.

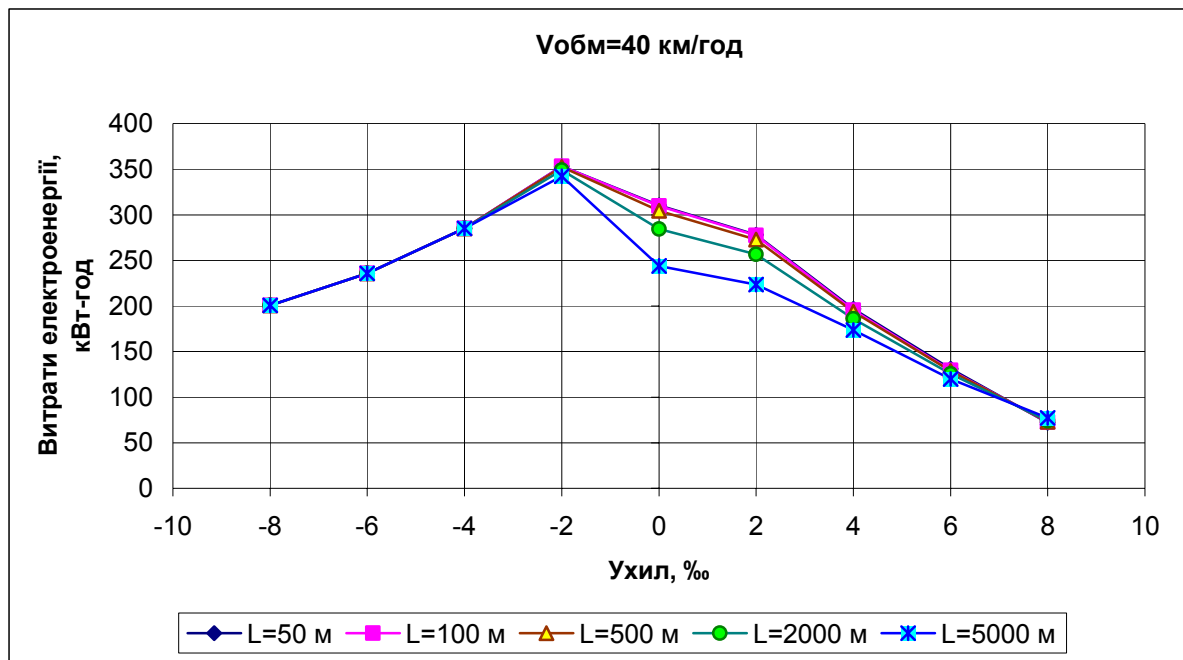


Рис. 1. Витрати електроенергії при наявності обмеження швидкості 40 км/год

На витрати електроенергії крім інших факторів впливає режим руху поїзда, який, в свою чергу, залежить від маси поїзда й профілю колії. Як впливає з рис. 1, на спусках $i > 3$ ‰ і підйомах $i > 7$ ‰ величина витрат електроенергії практично не залежить від довжини ділянки обмеження швидкості.

На рис. 2 і 3 наведені графіки зміни витрат електроенергії і часу руху при різних рівнях обмеження швидкості на ділянці довжиною 500 м.

За результатами розрахунків складені таблиці й побудовані графіки, які враховують різний рівень обмеження швидкості (15, 25, 40, 60

км/год), різну довжину ділянок (50, 100, 500, 2000 і 5000 м), середню крутизну ухилу, де знаходиться обмеження (від -8 до 8 ‰), типи локомотивів (2ТЕ116, ВЛ80, ДЕ1, ДС3, ЧС7, ТЕП70) і масу рухомого складу – від 1000 до 5000 тонн).

3. Методика оцінки економічної ефективності

Для оцінки економічної ефективності визначається інтегральний ефект E_{int} як різниця експлуатаційних витрат за розрахунковий період T_p та інвестиційних витрат K_0 , що приведена до початкового року

$$E_{\text{інт}} = \sum_{t=1}^{T_p} \Delta C_t \eta_t - K_o, \quad (3)$$

де η_t - коефіцієнт дисконтування різночасових витрат.

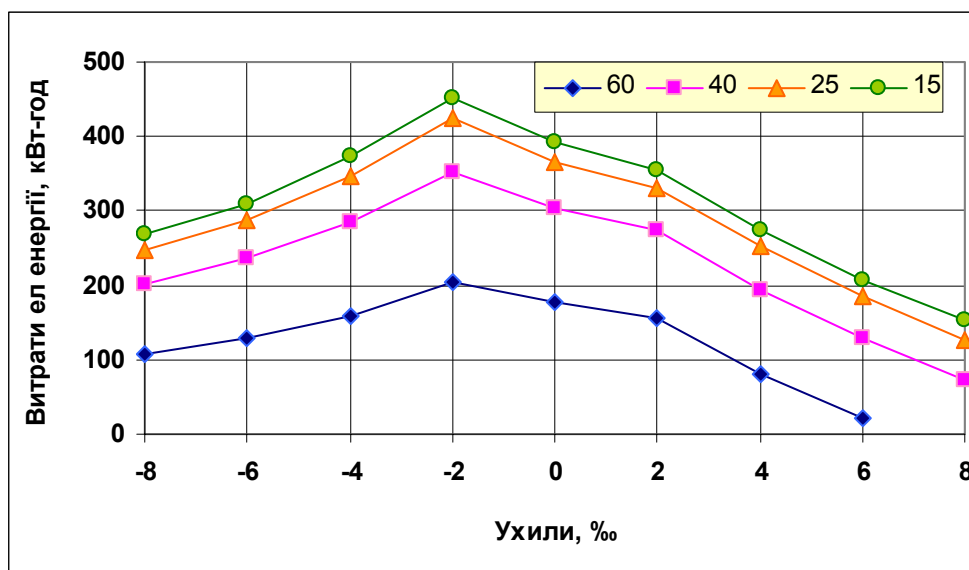


Рис. 2. Витрати електроенергії при різних рівнях обмеження швидкості відносно стану залізниці «без обмеження»

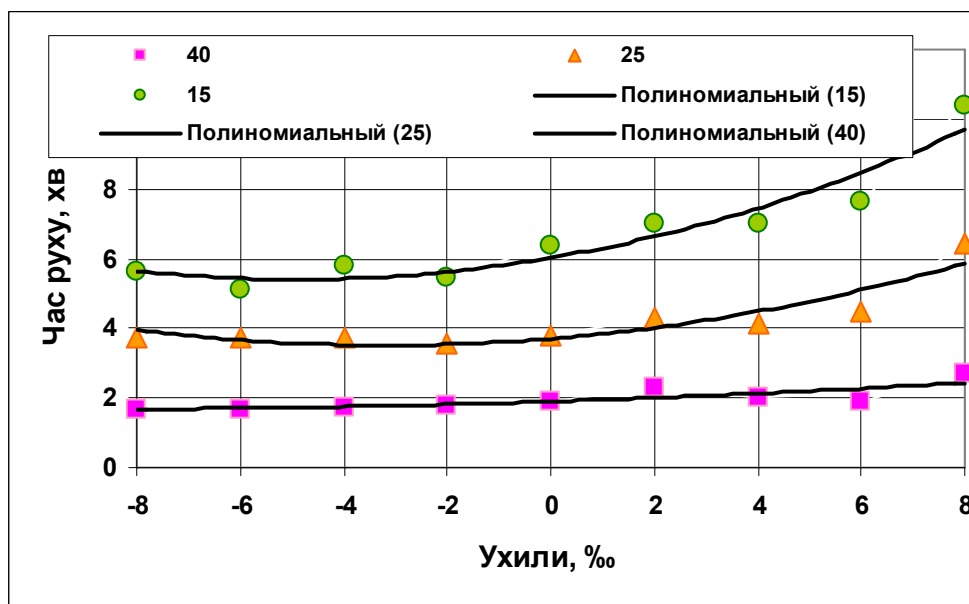


Рис. 3. Зміна часу руху при різних рівнях обмеження швидкості відносно стану залізниці «без обмеження»

Одноразові інвестиційні витрати K_o приймаються як сумарні капітальні вкладення приурочені до проведення відповідних ремонтних робіт з усунення обмеження швидкості. Скорочення експлуатаційних витрат ΔC_t визначається як різниця

$$\Delta C_t = C_o(t) - C_{\text{пр}}(t),$$

де $C_o(t)$, $C_{\text{пр}}(t)$ – експлуатаційні витрати за

рік t , відповідно, у тому випадку, якщо усунення обмеження швидкості не проводиться, і у випадку виконання відповідних заходів.

При наявності декількох бар'єрних місць черговість їх усунення може визначатись за таким показником як відношення вартості робіт K_i до економії механічної роботи сили тяги локомотива ΔR_i за рахунок усунення обмеження швидкості, тобто

$$q_1 = \frac{K_1}{\Delta R_1}, q_2 = \frac{K_2}{\Delta R_2}, \dots, q_n = \frac{K_n}{\Delta R_n}; \quad (4)$$

причому $q_1 < q_2 < \dots < q_n$.

На пасажирських ходах, де переважають пасажирські перевезеннями, аналогічно вище викладеному може розглядатись відношення вартості робіт K_i до скорочення часу руху Δt_i

$$p_1 = \frac{K_1}{\Delta t_1}, p_2 = \frac{K_2}{\Delta t_2}, \dots, p_n = \frac{K_n}{\Delta t_n}; \quad (5)$$

причому $p_1 < p_2 < \dots < p_n$.

Послідовність виконання розрахунків.

1. Для ділянки залізниці з обмеженням швидкості руху поїздів встановлюються такі вихідні дані як вантажонапруженість, швидкість руху до і після усунення бар'єрного місця, що викликає обмеження швидкості, та тривалість дії обмеження.

2. Вибираються тип локомотива і маса рухомого складу.

3. Визначається економія електроенергії (кВт-год) чи дизельного палива (кг) – ΔA за рахунок усунення бар'єрного місця, окремо для парного й непарного напрямків. Величину економії енергоносіїв для умов конкретної ділянки можна отримати з допустимою для інженерних розрахунків похибкою за таблицями чи графіками. Складені таблиці враховують різний рівень обмеження швидкості довжину ділянок, середню крутизну ухилу, тип локомотивів і масу рухомого складу. При інших вихідних даних економія електроенергії визначається інтегруванням.

4. Визначається скорочення часу знаходження поїздів (кожної категорії окремо) на ділянці при знятті обмеження швидкості – Δt (хв.). Для різних варіантів вихідних даних скорочення часу руху наведено в таблицях.

5. Задаються середньодобові розміру руху, окремо для вантажних, пасажирських, приміських поїздів.

6. Відповідно до розташування ділянки обмеження швидкості приймаються укрупнені витратні ставки, а також питомі витрати на 1 км при виконанні ремонтних робіт для конкретної залізниці:

E_{nc} – укрупнена витратна ставка 1 поїздо-год. (грн),

E_e – вартість 1 кВт-год електроенергії (1 кг

палива), грн.

C_{op} – вартість 1000 тонно-кілометрів брутто (грн),

C_{ny} – вартість поточного утримання 1 км колії за рік (тис грн).

7. Розраховується загальний ефект від скорочення витрат на паливо-енергетичні ресурси для потоку поїздів окремо для непарного й парного напрямків

$$C_1 = \sum_{i=1}^{i=k} (\Delta A_i \cdot n_i \cdot T_o \cdot E_e), \quad (6)$$

де ΔA_i – скорочення витрат електроенергії (палива) від зняття обмеження для кожної категорії поїздів;

n_i – кількість пар поїздів i категорії за добу;

T_o – тривалість дії обмеження швидкості, діб;

E_e – вартість 1 кВт-год електроенергії (1 кг палива), грн.

8. Розраховується економія витрат від скорочення часу знаходження поїздів на ділянці окремо для непарного й парного напрямків

$$C_2 = \sum_{i=1}^{i=k} \left(\frac{\Delta t_i}{60} \cdot n_i \cdot T_o \cdot E_{ir} \right), \quad (7)$$

де Δt_i – скорочення часу руху поїздів i категорії від зняття обмеження швидкості (див. п.3).

n_i – кількість пар поїздів i категорії за добу;

T_o – тривалість дії обмеження швидкості, діб;

E_{ir} – укрупнена витратна ставка 1 поїздо-год, грн.

9. Розраховується економія витрат, пов'язаних з покращенням стану колії від усунення обмеження швидкості окремо для непарного й парного напрямків за формулою

$$C_3 = \frac{2,88 C_{op} \cdot B^2 \cdot L_{обм} \cdot m}{T_o \cdot [T]}, \quad (8)$$

де C_{op} – витратна ставка на 1000 тонно-кілометрів брутто, грн;

B – вантажонапруженість ділянки, млн ткм/км брутто за рік;

$L_{обм}$ – довжина обмеження швидкості, км;

T_o – тривалість дії обмеження швидкості, діб;

$m, [T]$ – відповідно пропущений тоннаж і норматив призначення капітального ремонту чи модернізації колії, млн тонн.

10. Визначається загальний ефект від усунення обмеження швидкості руху, який складається із економії витрат на паливно-енергетичні ресурси (C_1), економії витрат від скорочення часу знаходження поїздів на дільницях, та в зв'язку з цим, скорочення витрат на утримання локомотивів та вагонів (C_2) та скорочення витрат, що пов'язані зі станом колії (у випадках коли не виконано своєчасно капітальний ремонт або модернізацію) (C_3), тобто

$$C = C_1 + C_2 + C_3. \quad (9)$$

Для визначення економічної ефективності за викладеною методикою була розроблена програма розрахунків для ПЕОМ. На рис. 4 показано вікно програми (меню) для введення вихідних даних.

Для виконання розрахунків, додатково до вищеназваних, необхідно ввести вантажонапруженість ділянки, типи локомотивів і масу поїздів, кількість пар поїздів на добу: вантажних, пасажирських і приміських (див. рис. 4).

Величина витратних ставок суттєво впливає на результат, тому для конкретних розрахунків необхідно приймати витратні ставки притаманні тій чи іншій залізниці. Для Придніпровської залізниці прийнято значення 1 поїздо-години у русі тепловозною тягою $E_{nz} = 8451$ грн для вантажного поїзду, $E_{nz} = 2994$ грн для пасажирського, $E_{nz} = 920$ грн для дизель-поїздів; вартість 1000 тонно-кілометрів брутто $C_{op} = 22,92$ грн; вартість поточного утримання 1 км колії за рік $C_{ny} = 37,5$. З урахуванням запланованої в перспективі електрифікації напрямку прийнято: $E_{nz} = 6462$ грн для вантажного поїзду, $E_{nz} = 3741$ грн для пасажирського, $E_{nz} = 853$ грн для електропоїздів.

Загальний ефект від скорочення витрат на паливно-енергетичні ресурси для потоку поїздів розраховано окремо для непарного й парного напрямків за програмою, в якій реалізовано методику (див. п. 3).

Аналіз отриманих даних показав, що основними чинниками, які впливають на економічний ефект від усунення бар'єрного місця є рівень обмеження швидкості і довжина ділянки, що підтверджується висновками, наведеними в роботах [7-9]. На рис. 5 і табл. 1 показано залежності економічного ефекту від зазначених факторів.

Таблиця 1

Ефект від усунення обмеження швидкості на 1 поїзд, віднесений до 1 км підвищення швидкості

Тип поїзда	Довжина обмеження, м	Ефект, грн, при збільшенні швидкості, км/год		
		з 15 до 25	з 25 до 40	з 40 до 60
Вантажний	100	14,0	8,5	5,9
	2000	34,4	15,5	9,0
	5000	65,6	27,7	13,4
Пасажирський	100	6,8	2,9	2,4
	2000	16,8	7,3	4,3
	5000	34,8	14,1	7,3

Для перерахунку результатів до конкретного поїздопотокоту отримані результати слід помножити на кількість поїздів кожної категорії.

4. Капітальні витрати на роботи, що пов'язані з усуненням обмеження швидкості

На напрямках, що готуються для впровадження прискореного й швидкісного руху поїздів особливо гостро стоїть питання підвищення швидкості за рахунок усунення обмежень швидкості при проведенні тих чи інших ремонтних робіт.

Для усунення причин обмеження швидкостей руху (бар'єрних місць) і отримання відповідного економічного ефекту за рахунок збільшення швидкості руху поїздів і усунення ділянок гальмування та розгону, необхідно проведення ремонтних робіт, що потребує певних витрат (капітальних вкладень). Слід враховувати, що капітальні вкладення носять одноразовий характер, а зменшення витрат буде мати місце протягом тривалого часу. Тому, в ряді випадків, для правильної оцінки економічного ефекту слід говорити о терміні окупності капітальних витрат, а не о миттєвій ефективності.

Вихідні дані до розрахунку				
Ділянка	Зачепилівка - Перещепине			напрямок парний
Вантажонапруженість ділянки	B	млн. ткм бр/км за рік	10	
Швидкість руху до обмеження швидкості руху поїздів	V1	км/год	120/80	
Встановлення обмеження швидкості	V2	км/год	40	
Тривалість дії обмеження швидкості	T	дїб	365	
Збільшення витрат електроенергії (палива) при дії обмеження шидкості	ΔA			
- вантажних	ΔA_v	кВт-год	170,1	
- пасажирських	$\Delta A_{пас}$	кВт-год	147,8	
- приміських	$\Delta A_{пр}$	кВт-год	44,5	
Збільшення часу руху поїздів при дії обмеження швидкості руху	Δt			
- вантажних	Δt_v	хв.	3,0	
- пасажирських	$\Delta t_{пас}$	хв.	3,5	
- приміських	$\Delta t_{пр}$	хв.	3,0	
Середньодобові розміри руху поїздів:	n			
- вантажних	n _v	пар поїздів	3	
- пасажирських	n _{пас}	пар поїздів	8	
- приміських	n _{пр}	пар поїздів	2	
Тип, маса локомотива та маса поїзда:				
ДЕ 1	P	184	Q	4000
ЧС 7	P	164	Q	1000
ДР1			P+Q	454
Довжина обмеження швидкості	L _{обм}	км	2	
Вартість 1 кВт-год електроенергії (1 кг палива)	E _e	грн	0,8	
Укрупнена витратна ставка 1 поїздо-год.	E _{пг}			
- вантажного	E _{пг вант}	грн	6462	
- пасажирського	E _{пг пас}	грн	3742	
- приміського	E _{пг пр}	грн	853	
Якщо на ділянці обмеження швидкості прострочено модернізацію чи капітальний ремонт, то необхідно про це вказати відповідним знаком у віконці				<input checked="" type="checkbox"/>
Вартість 1000 тонно-кілометрів бруто вантажних поїздів	C _{оп}	грн	22,92	
Пропущений по ділянці тоннаж	m	млн т	745	
Вартість поточного утримання 1 км колії за рік	C _{пу}	тис. грн	37,5	

Рис. 4. Вікно програми для введення вихідних даних

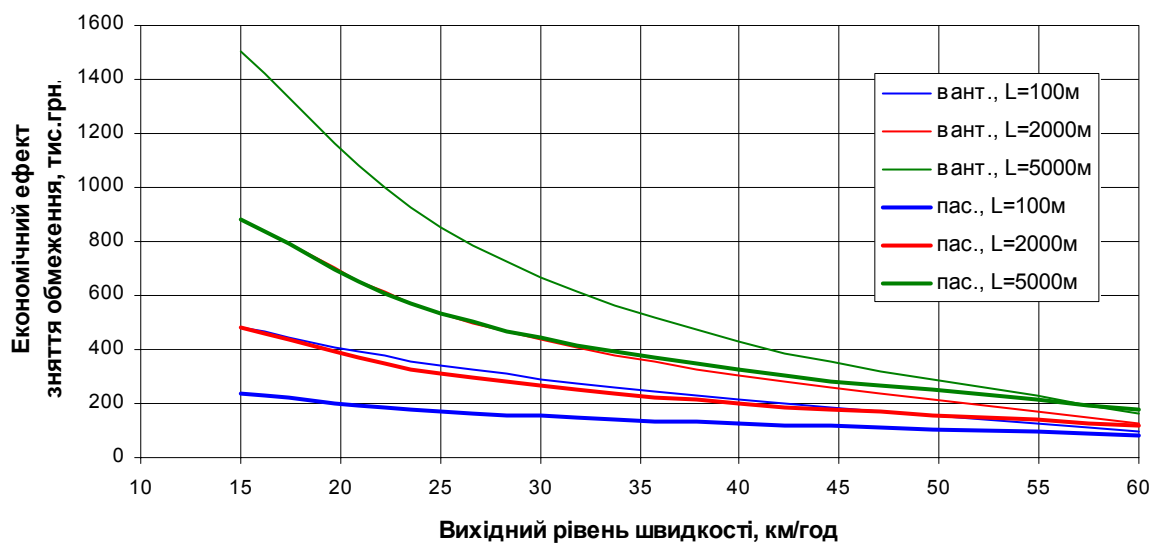


Рис. 5. Залежність економічного ефекту від швидкості і довжини ділянки обмеження для 1 пари вантажного і пасажирського поїзда за рік

Точне значення капітальних витрат на усунення того чи іншого бар'єрного місця може бути визначено тільки шляхом складання калькуляції за проектом на виконання робіт для конкретної ділянки залізниці, з урахуванням потрібного переліку операцій, вартості й об'ємів матеріалів, наявності робочої сили, механізмів тощо. Однак, можна зазначити, що більшість бар'єрних місць – це довготривалі обмеження швидкості, які доцільно ліквідувати під час проведення планових ремонтів. Тому для попередньої оцінки можна приймати в якості витрат на усунення бар'єрного місця вартість ремонту, під час якого будуть проводитись відповідні роботи, з урахуванням довжини ділянки, що обмежує швидкість руху.

Так, при комплексно-оздоровчому ремонті можуть бути усунені бар'єрні місця пов'язані з виправкою і рихтуванням колії машинними комплексами, ліквідацією місць виплесків, заміною дефектних рейок і непридатних шпал, очищенням водовідвідних споруд тощо.

При середньому ремонті можна планувати усунення бар'єрних місць, які потребують ви-

конання робіт з очищення забрудненого баласту, заміни непридатних шпал, брусів і скріплення, виправлення кривих, ремонту переїздів, водовідвідних і укріпних споруд тощо.

Під час проведення модернізації або капітального ремонту можуть бути проведені роботи для усунення обмеження швидкості пов'язані з очищенням щебеневого баластного шару і плануванням баластної призми, виправлення з постановкою колії у проектне положення в профілі, виправлення кривих в плані з відновленням проектних радіусів, збільшення радіусів кривих до передбачених проектом з відповідним перевлаштуванням земляного полотна та штучних споруд, приведення розмірів земляного полотна у відповідність до встановлених нормативів, ремонт водовідвідних і зміцнювальних споруд, реконструкція горловин станцій, ремонт або перевлаштування переїздів тощо.

На рис. 6 показано вартості усунення бар'єрного місця для різної довжини ділянки в залежності від виду ремонту, за рахунок якого будуть виконуватися роботи.

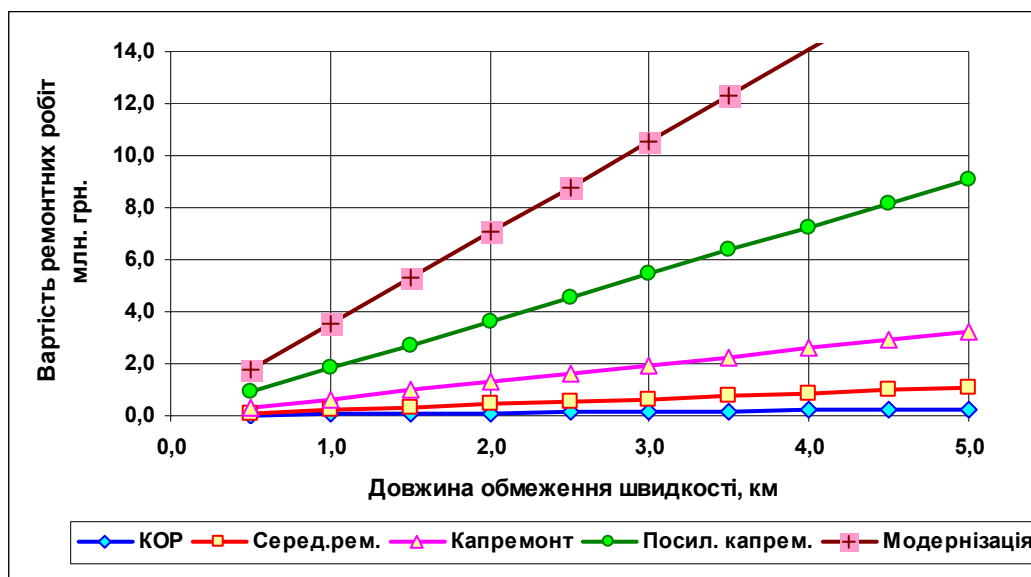


Рис.6. Вартість ремонтних робіт

5. Обґрунтування отриманих результатів

Для прикладу в роботі наведено результати розрахунків на одному з перегонів ділянки Красноград-Новомосковськ. Згідно перспективного плану електрифікації залізниць України на 2011-2016 рр. на цій ділянці планується введення електричної тяги для впровадження швидкісного руху на напрямку Київ-Дніпропетровськ.

У теперішній час на станціях Бузівка, Перещепине, Кільчень, Губиниха, Новомосковськ.

встановлена швидкість 40 км/год. Відповідно до пропозицій Придніпровської залізниці [10] на вказаних станціях (крім ст. Новомосковськ) може бути підвищена швидкість до 120 у пасажирському русі і до 80 км/год у вантажному за рахунок проведення модернізації чи капітального ремонту колії. На рис. 7 показано криву швидкості руху вантажного поїзда через ст. Бузівка в прямому напрямку при наявності обмеження швидкості.

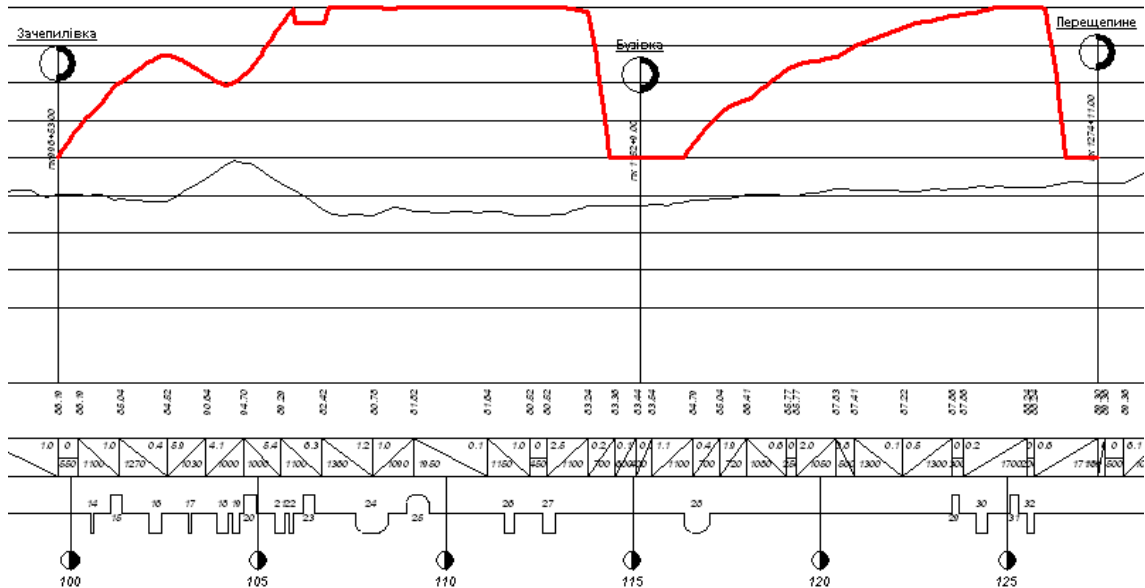


Рис.7. Крива швидкості руху при наявності обмеження по станції

Розрахунки виконано для тепловозної й електричної тяги. Загальний ефект від усунення обмеження швидкості на ст. Бузівка визначається за формулою (9). Результати розрахунків наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Результати розрахунків економічного ефекту, млн грн

Вид тяги	Парний напрямок	Непарний напрямок	Сумарно
тепловозна	1,400	1,670	3,070
електрична	1,234	1,218	2,452

Для прийнятих вихідних даних отримано загальний річний економічний ефект від зняття

обмеження швидкості руху у сумі 3,070 млн грн при тепловозній і 2,452 млн грн при електричній тязі.

Якщо виконання робіт з реконструкції станції буде відбуватися під час запланованої модернізації колії, то за рис. 4 при довжині ділянки 2 км вартість робіт складе 7,1 млн грн.

Далі розрахунки зручно виконувати у табличній формі. При постійних обсягах перевезень економія від зняття обмеження швидкості з урахуванням коефіцієнту дисконтування визначається за формулою (3). Результати розрахунку наведені в табл. 3.

За даними табл. 3 побудовано графік (рис. 8), аналіз якого дозволяє встановити термін окупності капітальних вкладень.

Таблиця 3

Ефективність від зняття обмеження швидкості

Роки	Γ_t , млн т	K_t , млн грн	C_t , млн грн	η_t	Ефект, млн грн	Наростаючий підсумок
1	10,0	7,1	2,683	0,9091	-4,02	-4,0
2	10,0	0	2,683	0,8264	2,22	-1,8
3	10,0	0	2,683	0,7513	2,02	0,2
4	10,0	0	2,683	0,6830	1,83	2,1
5	10,0	0	2,683	0,6209	1,67	3,7
6	10,0	0	2,683	0,5645	1,51	5,2
7	10,0	0	2,683	0,5132	1,38	6,6
8	10,0	0	2,683	0,4665	1,25	7,9
9	10,0	0	2,683	0,4241	1,14	9,0
10	10,0	0	2,683	0,3855	1,03	10,0

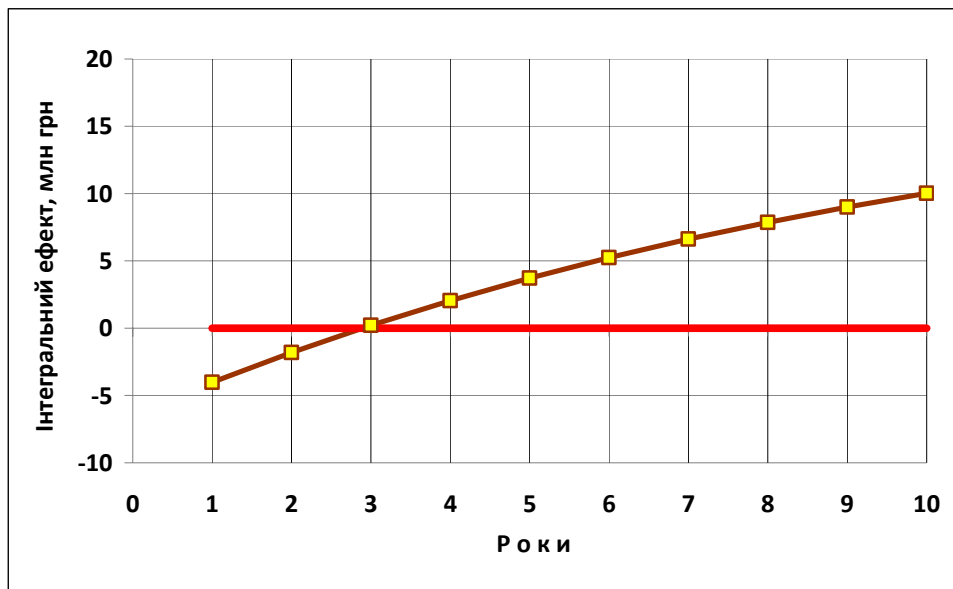


Рис. 8. Термін окупності капітальних вкладень при постійних щорічних обсягах перевезень

Як випливає з рис. 8, до 3-го року витрати залізниці є від'ємними, а після цього терміну за рахунок зняття обмеження швидкості спостерігається зростання ефекту в протязі тому, якщо б бар'єрне місце залишалось (швидкість 40 км/год по станції) і залізниця щорічно несла втрати від додаткових витрат електроенергії, а також витрат, пов'язаних з часом руху і на утримання колійної інфраструктури.

Враховуючи, що всі витрати залізниці, пов'язані з наявністю ділянок на яких встановлено обмеження швидкості, зростають пропорційно кількості поїздів, можна вважати, що економічний ефект буде пропорційний обсягам перевезень. У такому випадку, якщо прогноз росту вантажонапруженості змінюється за лінійним законом $G_t = G_o + \Delta G \cdot t$, можна спрогнозувати зростання величини економічного ефекту за виразом

$$C_t = k \cdot G_t, \quad (10)$$

де k – коефіцієнт пропорційності $k = \frac{C_o}{G_o}$.

Порівняльний аналіз виконаних розрахунків за точною методикою з використанням тягових розрахунків і за спрощеною, викладеною в даній роботі, показали що похибка в розрахунках знаходиться в допустимому діапазоні.

Висновки

1. При наявності обмежень швидкості приблизно з однаковими показниками (рівень швидкості, довжина, ухил поздовжнього про-

філю тощо) перевагу в плануванні робіт слід віддавати тим бар'єрним місцям, які розташовані на вантажонапружених напрямках. Це пояснюється тим, що ефект від зняття обмеження пропорційний кількості поїздів.

2. На напрямках суміщеного вантажного й пасажирського руху перевага при виконанні робіт повинна належати тим ділянкам, де більші розміри вантажних перевезень, так як ефект від зняття обмежень швидкості в середньому вдвічі більший для вантажного поїзда у порівнянні з пасажирським.

3. При наявності бар'єрних місць з різним рівнем обмеження швидкості й довжини перевагу слід віддавати при інших рівних умовах усуненню ділянок з рівнем обмеження 15 км/год, потім 25 і 40 км/год., так як ефект на 1 км/год зростання швидкості збільшується при підвищенні з 15 до 25 км/год в 2-2,5 рази у порівнянні з підвищенням швидкості з 25 до 40 км/год, та приблизно в 1,5 рази при підвищенні з 40 до 60 км/год у порівнянні з діапазоном швидкостей з 25 до 40 км/год.

4. При наявності ділянок обмеження швидкості різної довжини при інших рівних умовах слід віддавати перевагу тим, які мають більшу довжину ділянок. Так, при знятті обмеження довжиною 5000 м у порівнянні з 2000 м збільшується в середньому в 1.5...2,5 рази, причому більше значення відноситься до діапазону швидкостей 15-25 км/год, менше в діапазоні 40-60 км/год.

5. При наявності ділянок обмеження швидкості, що розташовані на різних ухилах поздовжнього профілю при інших рівних умовах слід віддавати перевагу тим, які розташовані на

ухилах $\pm 3\%$, тобто поїзд проходить ділянку в тяговому режимі. Якщо ділянка знаходиться на крутих підйомах, то ефект знижується, так як поїзд може не вийти на максимальну допустиму швидкість, на крутих спусках поїзд рухається в режимі регульовального гальмування і ефект також знижується.

6. Розроблена методика на рівні інженерно-го розрахунку дозволяє отримати попередні висновки щодо економічного ефекту від усунення обмеження швидкості з урахуванням необхідних вихідних даних

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Иоаннисян, А. И. Улучшение трассы существующих железных дорог. [Текст] / А. И. Иоаннисян. – М. : Транспорт, 1972. – 176 с.
2. Гавриленков, А. В. Оптимальная стратегия повышения скорости движения поездов [Текст] / А. В. Гавриленков, Г. Г. Иванов, Е. А. Макушкина // Межвуз. сб. науч. тр. – М. : Изд-во МИИТ, 1986. – Вып. 771. – С. 9–12.
3. Скутин, А. И. Определение времени хода поезда с учетом состояния пути [Текст] / А. И. Скутин // Межвуз. сб. науч. тр. – Д. : ДИИТ. – 1989. – С. 50–54.
4. Босов, А. А. Назначение этапности мероприятий в путевом хозяйстве по повышению скоростей движения поездов [Текст] / А. А. Босов, В. В. Рыбкин, Н. Б. Курган, В. И. Харлан // Вестник Белорусского Государственного Университета Транспорта / Науч.-производ. журнал «Наука и транспорт». – 2002, № 2 (5). – С. 32–

- 38.
5. Курган, М. Б. Розробка метода оптимальної перебудови ділянки залізниці для організації швидкісного руху поїздів [Текст] / М. Б. Курган // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2003. – Вип.1. – С. 66–73.
6. Босов, А. А. Применение функций множества в инженерных и экономических задачах [Текст] / А. А. Босов // Транспорт. Зб. наук. праць ДПТУ. Вип. 9 – Д., 2002.
7. Курган, М. Б. Вплив обмеження швидкості на енергетичні показники руху поїздів [Текст] / М. Б. Курган, О. С. Маркова // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 16. – С. 29–36.
8. Курган, М. Б. Втрати часу руху поїздів на ділянках обмеження швидкості [Текст] / М. Б. Курган, О. С. Маркова // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 18. – С. 54–61.
9. Курган, М. Б. Вплив пропущеного тоннажу та плану лінії на витрати при поточному утриманні колії [Текст] / М. Б. Курган, О. С. Чернишова // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. 2008. – Вип. 24. – С. 88–90.
10. Пропозиції ДП «Придніпровська залізниця» по організації швидкісного руху Київ–Дніпропетровськ. Дільниця Дніпропетровськ–Новомосковськ–Куми [Текст]. – Д., 2011. – 35 с.

Надійшла до редколегії 28.11.2011.

Прийнята до друку 30.11.2011.

А. А. БОСОВ, Н. Б. КУРГАН, Д. Н. КУРГАН, С. Ю. БАЙДАК

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТРАНЕНИЯ ОГРАНИЧЕНИЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПЕЗДОВ, СВЯЗАННЫХ ИЗ СОСТОЯНИЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Приведена методика, которая позволяет на уровне инженерных расчетов получить предварительные результаты экономической эффективности от устранения ограничений скорости движения поездов.

Ключевые слова: максимальная скорость, радиус кривой, ограничение скорости, эксплуатационные расходы, инвестиционные расходы, экономическая эффективность

A. A. BOSOV, M. B. KURGAN, D. M. KURGAN, S. Y. BAYDAK

ESTIMATION OF ECONOMIC EFFICIENCY FROM RESTRICTIONS ELIMINATION OF SPEED MOVEMENT OF TRAINS

The technique which allows to receive at level of engineering calculations preliminary results of economic efficiency from elimination of restrictions for speed movement of trains is resulted.

Keywords: maximum speed, curve radius, restriction of speed, working costs, investment expenses, economic efficiency

ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМІВ РОБІТ ДЛЯ ЗНЯТТЯ ОБМЕЖЕНЬ ШВИДКОСТІ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ПЛАНОМ ЛІНІЇ

Найбільша кількість обмежень пов'язане з параметрами і станом кривих ділянок колії. Для складних ділянок плану лінії розроблена методика визначення вартості перевлаштування кривих при введенні швидкісного руху. Встановлено закон зміни обсягів робіт залежно від методів перебудови кривої: розширення існуючого земляного полотна, присипка нового земляного полотна до існуючого або винесення земляного полотна на нову трасу.

Ключові слова: обмеження швидкості, перебудову плану, обсяги робіт, вартість перебудови кривої

1. Історія питання

Велика кількість обмежень швидкості на залізницях України пов'язана з параметрами і станом плану залізничної колії. При цьому вплив стану плану залізничної колії на швидкість визначається тим, до якого рівня несправності відносяться відхилення в стрілах або в підвищеннях у сусідніх точках колії. На наш погляд більш точно й правильно з точки зору безпеки руху поїздів було б визначати вплив стану кривих на швидкість, спираючись на реальну картину виміряних значень кривизни і підвищень, характеристики руху поїздів.

Доцільно визначати непогашені прискорення $\alpha_{\text{нп}}$, швидкість зростання прискорень ψ , швидкість підйому колеса по відводу підвищення зовнішньої рейки f_v та коливання екіпажу θ , виходячи з виміряних колієвимірювальним вагоном або іншими засобами (в тому числі вимірюванням плану способом стріл, а підвищень – за допомогою шаблону ЦУП) показників кривизни і підвищень в точках колії. Така технологія реалізована в рамках програми RWPlan [1]. На рис.1 представлено вигляд графіку допустимих швидкостей для виміряного стану плану колії.

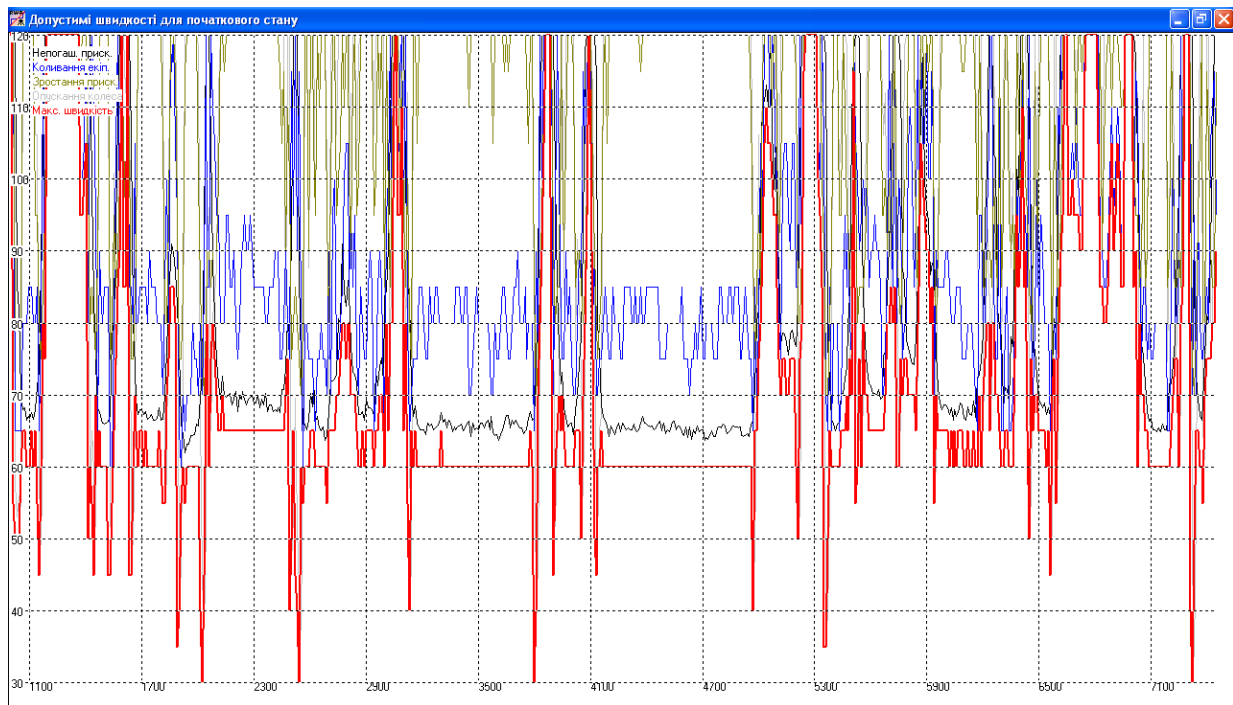


Рис. 1. Графіки допустимих швидкостей для існуючого стану плану: за показниками $\alpha_{\text{нп}}$, ψ , f_v , θ

Показники $\alpha_{\text{нп}}$, ψ , f_v , θ дозволяють, виходячи з потрібних швидкостей, більш точно визначати потребу в роботах з виправлення

плану і, відповідно, з усунення обмеження швидкості.

Обмеження швидкості по плану лінії за параметрами визначаються декількома норматив-

ними документами, основними з яких є ЦП-0138 та ЦП- 0236, ЦП-0020 [2-4]. На допустимі швидкості впливають радіус та підвищення в кругових кривих, довжини перехідних кривих та сполучення цих параметрів на складних ділянках плану.

В ЦП-0236 методика визначення допустимих швидкостей руху по сполученням кривих викладена дуже стисло. Тому при наявності складних сполучень кривих важко правильно визначити необхідний розрахунковий випадок, відповідні критерії та розрахункові формули й отримати вірний результат. Статистика підтверджує, що велика кількість сполучень кривих на залізницях України у ряді випадків приводить до недоцільного обмеження швидкостей руху або, навпаки, до їх завищення і, як наслідок, до погіршення безпеки та комфортабельності руху поїздів, швидкого розладу колії.

2. Мета роботи

Як показали дослідження, обмеження швидкості руху поїздів за радіусами кругових кривих виникає тільки на третині кривих. Набагато більше проблемних місць пов'язані з недостатньою довжиною перехідних кривих. Тому дуже важливим є розрахунок параметрів плану лінії з урахуванням всіх вимог і приведення його до геометрично правильного стану під час виконання ремонтів колії. Метою роботи є визна-

чення об'ємів робіт для зняття обмежень швидкості, пов'язаних з планом лінії.

3. Технологія виконання розрахунків

Зміна параметрів плану може відбуватися в невеликих межах. Але в такому випадку й підвищення швидкості буде відносно невеликим. Значного підвищення швидкості можна досягти при суттєвих змінах параметрів кривих з виносом траси на нове земляне полотно. Такі роботи вимагають великих витрат і, хоч зростання швидкості в окремо взятій кривій начебто буде великим, вигреш у часі руху поїздів буде відносно невеликим і практично ніколи не окупиться.

В п. 4.8 ЦП-0236 передбачається застосування однакової обмежуючої швидкості на відстані 5 км (в складних умовах 2 км для пасажирських та 2,5 км – для вантажних поїздів). Для визначення скорочення часу руху поїзда по ділянці довжиною 4 км за умови збільшенні швидкості на кривій в середині такої ділянки були виконані розрахунки при довжині дії обмеження 2 км для пасажирських поїздів і 2,5 км – для вантажних.

В табл. 1 наведена економія часу руху (с) при відміні обмеження швидкості V_n і встановленні нової швидкості V_p для пасажирського поїзда. На рис. 2 приведені скорочення часу руху при зміні швидкості на 10 та 20 км/год.

Таблиця 1

Економія часу руху при відміні обмеження швидкості

V_p , км/год	Економія часу руху (Δt , с) при швидкості V_n , км/год													
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
20	156	238	290	327	354	375	392	406	418	428	436	443	449	454
30		82	134	171	198	219	236	250	262	272	280	287	293	298
40			52	89	116	137	154	168	180	190	198	205	211	216
50				37	64	85	102	116	128	138	146	153	159	164
60					27	48	65	79	91	101	109	116	122	127
70						21	38	52	64	74	82	89	95	100
80							17	31	43	53	61	68	74	79
90								14	26	36	44	51	57	62
100									12	22	30	37	43	48
110										10	18	25	31	36
120											8	15	21	26
130												7	13	18
140													6	11
150														5

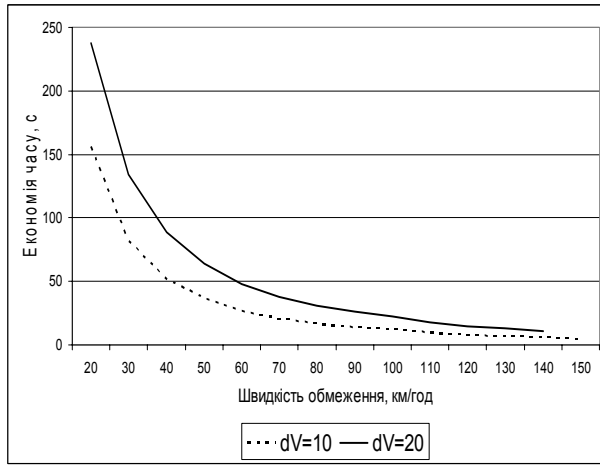


Рис. 2. Залежність економії часу від початкової швидкості обмеження

В табл. 2 показані час руху та витрати електроенергії пасажирського поїзда при проїзді по дослідній ділянці з різними швидкостями. Для прикладу розглядався пасажирський поїзд масою 1000 т з локомотивом ЧС7, який рухається по горизонтальній площадці.

Як впливає з табл. 2, суттєвий ефект в часі та у витратах електроенергії має місце тільки при невеликих швидкостях. При зростанні швидкості до 140 км/год й більше витрати електроенергії починають зростати.

Таблиця 2

Час руху та витрати електроенергії пасажирського поїзда при відміні обмеження

V , км/год	Час руху t та витрати електроенергії A при швидкості V_H							
	20	30	40	50	60	70	80	90
I	2	3	4	5	6	7	8	9
t , с	544	388	306	254	217	190	169	152
A , кВт·год	119	107	94	80	68	57	47	39

V , км/год	Час руху t та витрати електроенергії A при швидкості V_H							
	100	110	120	130	140	150	160	
I	10	11	12	13	14	15	16	
t , с	138	126	116	108	101	95	90	
A , кВт·год	34	30	27	27	33	43	54	

Для оцінки ефекту від зняття обмежень для вантажного руху був прийнятий поїзд масою 3500 т з локомотивом ВЛ10. В табл. 3 приведена економія часу руху при відміні обмеження швидкості V_H і встановлені нової швидкості V_H для вантажного поїзда.

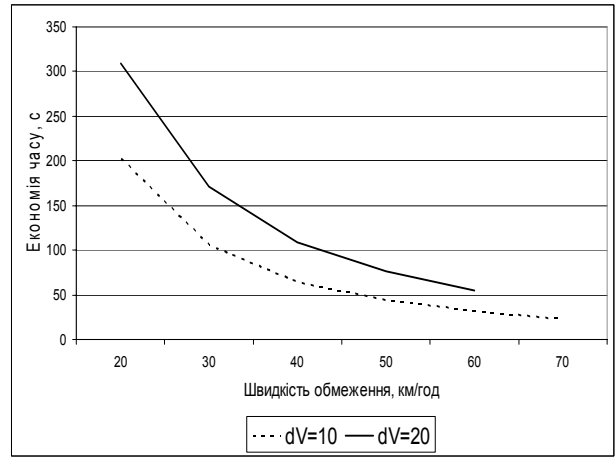


Рис. 3. Залежність економії часу від початкової швидкості обмеження

На рис. 3 приведені скорочення часу руху при зміні швидкості на 10 та на 20 км/год.

Таблиця 3

Економія часу при відміні обмеження швидкості

V_H , км/год	Економія часу Δt (с) при швидкості V_H (км/год)					
	30	40	50	60	70	80
20	203	309	374	418	450	473
30		106	171	215	247	270
40			65	109	141	164
50				44	76	99
60					32	55
70						23

В табл. 4 наведено час руху та витрати електроенергії вантажного поїзда при проїзді по дослідній ділянці з різними швидкостями. Аналіз результатів показав, що для вантажного поїзда для даної ділянки зняття обмежень призводить до зменшення витрат електроенергії.

Таблиця 4

Час руху t та витрати електроенергії A вантажного поїзда

V , км/год	20	30	40	50	60	70	80
t , с	653	450	344	279	235	203	180
A , кВт·год	126	121	118	117	110	108	100

Об'єми і вартість робіт для конкретних ділянок в залежності від встановленого рівня максимальної швидкості були визначені з викори-

станням програми RWPlan. Для попереднього аналізу можливостей підняття швидкості за рахунок рихтування кривих виконані наступні розрахунки. Розглядалися криві з радіусами 600, 800 та 1000 м з перехідними кривими від 20 до 60 м та довжиною кругової кривої 50, 500 та 1000 м.

В розрахунках були прийняті наступні нормативи: непогашене прискорення $\alpha_{\text{нп}}=0,7 \text{ м/с}^2$; швидкість зростання прискорень $\psi=0,6 \text{ м/с}^3$; швидкість підйому колеса по відводу підвищення зовнішньої рейки – у відповідності до таблиці 4.1 ЦП-0236 (для швидкості 160 км/год $f_v = 35 \text{ мм/с}$).

Для початкового стану цих кривих були визначені максимальні швидкості (V_{max} , км/год) пасажирських поїздів (табл. 5).

Таблиця 5

Швидкості руху пасажирського поїзда в залежності від параметрів кривих

R , м	600			800			1000		
L , м	20	40	60	20	40	60	20	40	60
V_{max} , км/год	77	90	96	85	101	108	90	111	118

Для оцінки ефективності збільшення швидкості в кривих ділянках колії розглядалися варіанти рихтування кривих на 60 мм (поточне утримання, середні ремонти), 100 мм (капітальний ремонт), 200 та 300 мм (капітальний ремонт з рихтуванням в межах земляного полотна), 5 та 10 м (винос траси в межах смуги відведення). Також розглядалося збільшення швидкості до 160 км/год з підрахунком величини зміщення осі траси.

Таблиця 6

Зміщення осі колії S та економія часу руху Δt при забезпеченні в кривих швидкості 160 км/год

R , м	600			800			1000		
L , м	20	40	60	20	40	60	20	40	60
Δt , с	71	65	60	69	54	43	65	37	23
S , м ($K = 50$)	2,2	3,5	5,0	1,1	1,7	2,4	0,6	0,9	1,2
S , м ($K = 500$)	115	124	133	54	58	66	29	31	33
S , м ($K = 1000$)	441	458	476	249	261	273	120	125	130

В табл. 6 приведені значення зміщення осі S (м) та економія часу (Δt , с), які потрібні для того, щоб забезпечити на кривій з відповідними параметрами швидкість руху 160 км/год.

Величини швидкостей (V , км/год) та

економії часу руху (Δt , с), яких можна досягнути при відповідних рихтуваннях наведені в табл. 7–9 для радіусів 600, 800 та 1000 м. Якщо рихтування кривої не давало ефекту, клітинки в таблиці не заповнювались.

Таблиця 7

Швидкості та економія часу руху при відповідних рихтуваннях кривих радіусом 600 м

R , м	600									
K , м	50			500			1000			
L , м	20	40	60	20	40	60	20	40	60	
$S = 60 \text{ мм}$	V км/год	90	94	98	91	96	98	91	95	99
	Δt , с	16	9	8	17	12	8	17	11	9
$S = 100 \text{ мм}$	V км/год	92	96	99	94	98	99	94	97	
	Δt , с	19	12	9	21	14	9	21	13	
$S = 200 \text{ мм}$	V км/год	97	99	101	98	99		98	98	
	Δt , с	25	16	12	26	16		26	14	
$S = 300 \text{ мм}$	V км/год	102	102	103	99			99		
	Δt , с	31	19	14	27				16	
$S = 5 \text{ м}$	V км/год				102	101	101	99		
	Δt , с				31	18	12	27		
$S = 10 \text{ м}$	V км/год				105	104	104	100	100	100
	Δt , с				34	22	15	29	17	10

Швидкості та економія часу руху при відповідних рихтуваннях кривих радіусом 800 м

$R, \text{ м}$		800								
$K, \text{ м}$		50			500			1000		
$L, \text{ м}$		20	40	60	20	40	60	20	40	60
$S = 60 \text{ мм}$	$V \text{ км/год}$	104	108	109	104	108	111	104	108	111
	$\Delta t, \text{ с}$	27	13	5	27	13	7	27	13	7
$S = 100 \text{ мм}$	$V \text{ км/год}$	107	110	111	108	110		107	111	
	$\Delta t, \text{ с}$	30	15	7	31	15		30	16	
$S = 200 \text{ мм}$	$V \text{ км/год}$	114	114	114	111	111		111		
	$\Delta t, \text{ с}$	37	20	10	34	16		34		
$S = 300 \text{ мм}$	$V \text{ км/год}$	120	118	116						
	$\Delta t, \text{ с}$	43	23	12						
$S = 5 \text{ м}$	$V \text{ км/год}$				116	116	115	112	112	112
	$\Delta t, \text{ с}$				39	22	11	35	18	8
$S = 10 \text{ м}$	$V \text{ км/год}$				121	120	120	113	113	113
	$\Delta t, \text{ с}$				44	25	15	36	19	9

Таблиця 9

Швидкості та економія часу руху при відповідних рихтуваннях кривих радіусом 1000 м

$R, \text{ м}$		1000								
$K, \text{ м}$		50			500			1000		
$L, \text{ м}$		20	40	60	20	40	60	20	40	60
$S = 60 \text{ мм}$	$V \text{ км/год}$	113	116	121	116	117	122	115	117	121
	$\Delta t, \text{ с}$	31	7		35	8		34	8	
$S = 100 \text{ мм}$	$V \text{ км/год}$	116	119	122	121	120		118	120	122
	$\Delta t, \text{ с}$	35	10		39	11		36	11	
$S = 200 \text{ мм}$	$V \text{ км/год}$	125	125	126	122	122		122	122	
	$\Delta t, \text{ с}$	43	15	3	40	12		40	12	
$S = 300 \text{ мм}$	$V \text{ км/год}$	133	130	130						
	$\Delta t, \text{ с}$	49	19	6						
$S = 5 \text{ м}$	$V \text{ км/год}$				129	129	128	124	124	124
	$\Delta t, \text{ с}$				46	18	5	42	14	2
$S = 10 \text{ м}$	$V \text{ км/год}$				136	135	134	125	125	125
	$\Delta t, \text{ с}$				52	23	9	43	15	2

Розрахунки достатньо переконливо показують, що намагання на деяких залізницях підвищувати швидкість до 160 км/год при зміщенні осі колії в межах смуги відведення не дають ніякого суттєвого ефекту у порівнянні з рихтуванням колії в межах основної площадки земляного полотна.

Дещо неочікуваний результат розрахунків полягає в тому, що виграш в часі при рихтуванні колії в межах земляного полотна при великих значеннях радіусу є більшим, порівняно з меншими радіусами.

Розрахунки достатньо наочно показують, що при проектуванні ремонтів колії можна досягнути суттєвого виграшу в часі руху тільки за рахунок виконання вимог ЦП-113 (пп. 2.3.2-2.3.4 виправлення кривих в плані з відновлен-

ням проектних радіусів), тобто встановлювати колію при капремонті в проектне положення.

При рихтуванні колії на відстань більшу за 60 мм будуть виникати додаткові обсяги робіт, які пов'язані з роботами по контактній мережі та досипці баласту. Такі додаткові обсяги достатньо просто визначаються при розрахунках перебудови плану лінії в програмі RWPlan.

Слід відзначити, що в багатьох випадках при визначенні нових параметрів плану під більшу швидкість були отримані рішення, при яких зменшувався радіус але збільшувалася довжина перехідної кривої. Значення радіусів кругових та довжин перехідних кривих, які були отримані при розрахунках, наведені в табл. 10–12.

Таблиця 10

**Проектні радіуси R_n та економія часу руху Δt при відповідних рихтуваннях S
(існуюча крива радіусом 600 м)**

$R, \text{ м}$		600								
$K, \text{ м}$		50			500			1000		
$L, \text{ м}$		20	40	60	20	40	60	20	40	60
$S=60$ мм	$R_n, \text{ м}$	577	566	604	599	599	600	600	600	600
	$\Delta t, \text{ с}$	40	56	60	39	53	60	38	50	65
$S=100$ мм	$R_n, \text{ м}$	603	587	619	598	598	600	599	600	
	$\Delta t, \text{ с}$	41	57	60	49	60	70	47	57	
$S=200$ мм	$R_n, \text{ м}$	655	615	650	597	600		599	600	
	$\Delta t, \text{ с}$	46	61	60	52	63		60	61	
$S=300$ мм	$R_n, \text{ м}$	685	647	681	600				600	
	$\Delta t, \text{ с}$	56	64	60	65				63	
$S=5 \text{ м}$	$R_n, \text{ м}$				647	631	631	600		
	$\Delta t, \text{ с}$				72	63	70	63		
$S=10 \text{ м}$	$R_n, \text{ м}$				694	678	678	615	615	615
	$\Delta t, \text{ с}$				72	72	70	63	63	65

Таблиця 11

**Проектні радіуси R_n та економія часу руху Δt при відповідних рихтуваннях S
(існуюча крива радіусом 800 м)**

$R, \text{ м}$		800								
$K, \text{ м}$		50			500			1000		
$L, \text{ м}$		20	40	60	20	40	60	20	40	60
$S=60$ мм	$R_n, \text{ м}$	790	785	794	798	797	799	799	800	800
	$\Delta t, \text{ с}$	42	56	68	42	57	70	42	54	63
$S=100$ мм	$R_n, \text{ м}$	818	793	797	796	797		799	800	
	$\Delta t, \text{ с}$	46	61	75	54	64		51	64	
$S=200$ мм	$R_n, \text{ м}$	897	864	847	796	797		799		
	$\Delta t, \text{ с}$	54	61	76	64	67		64		
$S=300$ мм	$R_n, \text{ м}$	1013	921	882						
	$\Delta t, \text{ с}$	54	64	76						
$S=5 \text{ м}$	$R_n, \text{ м}$				882	882	864	812	812	812
	$\Delta t, \text{ с}$				65	68	70	65	65	65
$S=10 \text{ м}$	$R_n, \text{ м}$				973	955	955	829	829	829
	$\Delta t, \text{ с}$				65	69	70	65	65	65

**Проектні радіуси R_n та економія часу руху Δt при відповідних рихтуваннях S
(існуюча крива радіусом 1000 м)**

$R, \text{ м}$		1000								
$K, \text{ м}$		50			500			1000		
$L, \text{ м}$		20	40	60	20	40	60	20	40	60
$S = 60 \text{ мм}$	$R_n, \text{ м}$	1022	1018	997	998	998	996	999	999	999
	$\Delta t, \text{ с}$	41	51	72	46	58	76	46	58	72
$S = 100 \text{ мм}$	$R_n, \text{ м}$	1092	1024	1033	993	995		999	999	999
	$\Delta t, \text{ с}$	40	60	69	62	69		95	68	76
$S = 200 \text{ мм}$	$R_n, \text{ м}$	1223	1106	1086	995	994		998	999	
	$\Delta t, \text{ с}$	49	67	74	65	77		68	76	
$S = 300 \text{ мм}$	$R_n, \text{ м}$	1386	1206	1163						
	$\Delta t, \text{ с}$	52	68	77						
$S = 5 \text{ м}$	$R_n, \text{ м}$				1128	1128	1108	1030	1030	1030
	$\Delta t, \text{ с}$				68	78	78	69	77	77
$S = 10 \text{ м}$	$R_n, \text{ м}$				1271	1250	1229	1049	1049	1049
	$\Delta t, \text{ с}$				67	79	79	69	78	78

Висновки

1. Проведений аналіз кривих підтвердив необхідність розробки методики щодо перебудови кривих і визначення їхньої вартості при підвищенні швидкостей.

2. При проектуванні ремонтів колії можна досягнути суттєвого виграшу в часі руху тільки за рахунок укладання колії в межах земляного полотна в нове проектне положення.

3. Підвищення швидкості до 160 км/год при зміщенні осі колії в межах смуги відведення не дають суттєвого ефекту у порівнянні з рихтуванням колії в межах основної площадки земляного полотна. Витрати на перебудову кривих в цьому випадку окупаються за межами нормативного терміну або взагалі не окупаються.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

- [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://brailsys.com>
- Інструкція по устрою та утриманню колії залізниць України. ЦП/0138 [Текст] / Е. І. Даніленко [та ін.]. – К. : Транспорт України, 2006 – 248 с.
- Правила визначення підвищення зовнішньої рейки і встановлення допустимих швидкостей в кривих ділянках колії. ЦП/0236 [Текст] / М. Б. Курган [та ін.] : Затв. : Наказ Укрзалізниці від 14.12.2010 № 778-Ц. – К., 2010. – 52 с.
- Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Залізничі колії 1520 мм. (ДВН В.2.3-19-2008) [Текст]. – К. : Мін-во регіонального розвитку та будівництва України, 2008. – 142 с.
- Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України. ЦП/0113 [Текст]. – К., 2004. – 32 с.

Надійшла до редколегії 11.01.2012.

Прийнята до друку 12.12.2012.

И. П. КОРЖЕНЕВИЧ, Н. Б. КУРГАН, Н. П. ХМЕЛЕВСКАЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ РАБОТ ДЛЯ СНЯТИЯ ОГРАНИЧЕНИЙ СКОРОСТИ, СВЯЗАННЫХ С ПЛАНОМ ЛИНИИ

Наибольшее количество ограничений связано с параметрами и состоянием кривых участков пути. Для сложных участков плана линии разработана методика определения стоимости переустройства кривых при введении скоростного движения. Установлен закон изменения объемов работ в зависимости от методов переустройства кривой: расширение существующего земляного полотна, присыпка нового земляного полотна к существующему или вынос земляного полотна на новую трассу.

Ключевые слова: ограничение скорости, переустройство плана, объемы работ, стоимость переустройства кривой

I. P. KORZHENEVICH, M. B. KURGAN, N. P. KHMELEVS'KA

DETERMINATION OF THE WORK SCOPE FOR REMOVAL OF SPEED RESTRICTIONS RELATED TO THE TRACK PLAN

The greatest number of restrictions is related to the parameters and condition of curvilinear track sections. The technique for determination of cost of reorganization of curves at introduction of high-speed traffic for difficult sections of the track plan is developed. The law of work scope change depending on methods of the curve reorganization is established: expanding an existing track bed, adding a new track bed to existing one or shifting a track bed to a new route.

Keywords: speed restriction, plan reorganization, work scope, cost of curve reorganization

ВПЛИВ ДОВЖИНИ ПРЯМОЇ ВСТАВКИ НА БЕЗПЕКУ РУХУ ВАГОНІВ СУМІЖНИМИ ПЕРЕВОДАМИ, УКЛАДЕНИМИ ЗА ДРУГОЮ СХЕМОЮ

Наведено результати експериментального дослідження впливу довжини прямої вставки між суміжними стрілочними переводами, укладеними за другою схемою, на безпеку руху вагонів (за критерієм стійкості колеса від сходу з рейок).

Ключові слова: стрілочний перевід, пряма вставка, вагон, безпека руху

На сьогоднішній день значна кількість наймасовіших стрілочних переводів типу Р65 марок 1/11 та 1/9 на головних та приймально-відправних коліях Укрзалізниці експлуатується з порушенням вимог «Інструкції з улаштування та утримання колії залізниць України» [1] у частині, що стосується довжини прямої вставки між ними. З різних причин ці порушення тривалий час не усуваються і, найімовірніше, усунуті не будуть, що робить актуальним дослідження впливу зменшення довжини прямої вставки (включаючи також випадок її відсутності) на безпеку руху вагонів такими переводами.

У роботі [2] викладено результати експериментального дослідження впливу прямої вставки на безпеку руху вагонів суміжними переводами марки 1/11 типу Р65 на залізобетонних брусах, укладеними за першою схемою. У цій статті наведено результати натурного випробування, метою якого було дослідження впливу довжини прямої вставки на безпеку руху вагонів такими самими переводами, але укладеними за другою схемою.

У натурних умовах оцінити безпеку руху вагона можна за допомогою датчиків, які встановлюються на колії або рухомому складі. У першому випадку визначаються вертикальні та горизонтальні сили, що діють на рейку, у другому – вертикальні та рамні сили, що діють на буксу колісної пари. Рух вважається безпечним, коли відношення між цими величинами відповідає деякому граничному значенню [3, 4].

Для оцінки безпеки руху вагонів стрілочними переводами «коліїний» спосіб визначення сил не підходить: конструкція стрілки не дозволяє забезпечити працездатність тензодатчика, наклеєного на неробочу грань головки гостряка в межах горизонтального стругання (на кафедрі «Колія та колійне господарство» ДІТУ горизонтальна сила визначається за методом др. техн. наук О. П. Єршкова [5]), а вертикальне

його стругання та солідарна робота разом з рамною рейкою не дають змоги виконати тарування приладів, які визначають вертикальну силу. Також слід зауважити, що застосування цього способу потребує наклеювання 5 тензодатчиків у кожному перерізі рейки на відстані 10...20 см один від одного. Така технологія проведення дослідження дуже витратна та суттєво збільшує його тривалість. Останнім часом для дослідження взаємодії колії та рухомого складу почали застосовувати тензометричну колісну пару, яка підкочується під вагон, але дозволяє одержувати відношення між горизонтальною та вертикальною силами, що діють на рейку [6]. Використання тензометричних колісних пар дає змогу оцінити безпеку руху вагона по всій довжині переводу, але на сьогоднішній день для вітчизняних дослідників практично неможливе через дуже високу вартість цієї виміральної системи.

Методика визначення можливості викочування гребеня колеса на рейку, що використовується під час дослідження ходових якостей рухомого складу [4], позбавлена недоліків, перерахованих вище, що й зумовило її застосування в роботі.

Польова частина досліджень проводилася ГНДЛ «Вагони» ДІТУ з 12 до 15 травня 2008 року на переводах № 12 і № 14 ст. Запоріжжя-Вантажне Придніпровської залізниці одночасно з дослідженнями [2]. Через це методика виконання роботи, характеристики апаратури, технологія обробки одержаних результатів ідентичні наведеним у [2] і в цій статті детально не описуються.

Дослідні переводи розташовані на головній колії (рис. 1), тип Р65, марка 1/11, проект 1740, бруси залізобетонні, пряма вставка між ними відсутня. По прямому напрямку переводів для пасажирських поїздів встановлена максимальна швидкість 100 км/год, для вантажних – 80 км/год; по боковому – 40 км/год для обох

категорій поїздів. Рух поїздів з бокового напрямку одного переводу на боковий напрямок іншого відсутній, рух відбувається в основному по прямих напрямках переводів із швидкостями, близькими до встановлених, по бокових виконується тільки маневрова робота.

На початок випробувань по дослідних переводах було пропущено близько 140 млн т вантажу брутто, але завдяки особливостям їх експлуатації та якісному утриманню металевих частин їх вертикальний та горизонтальний знос не перевищував 1...2 мм. Баластний шар та залізобетонні бруси, стан стрілочних переводів і прилеглих колій за рівнем та положенням у плані загалом відповідали вимогам [1]. Обміри дослідних переводів та переводів № 10 і № 16 разом з колією між ними, виконані після закінчення випробувань за технологією, аналогічною наведеній в [7], підтвердили цей висновок.

До складу дослідного поїзда входили завантажений чотирирівнісний піввагон на візках моделі 18-100 з пружними ковзунами (маса 88,5 т, щебінь), порожній чотирирівнісний піввагон на візках моделі 18-100 (20,7 т), пасажирський вагон на візках КВЗ-ЦНИИ (вагон-лабораторія ГНДЛ «Вагони») та два електровози серії ВЛ11 (один у голові поїзда, другий – у хвості). Поїздки здійснювалися із швидкостями 5, 15, 25 і 40 км/год у режимі вибігу (по 3-4 поїздки з кожною швидкістю). Процеси, що реєструвалися, наведені на рис. 2.

Вплив довжини прямої вставки на безпеку руху вагонів суміжними переводами визначався шляхом порівняння результатів, одержаних за її крайні значення ($d=0$ і $d=\infty$), з допустимими величинами. Цикл $d=0$ (дослідний поїзд рухається по бокових напрямках обох суміжних переводів) – дослідний, цикл $d=\infty$ (рух тільки по боковому напрямку дослідного переводу) – контрольний. Дані, одержані за циклу $d=\infty$, по-

трібні для оцінки стану дослідних переводів і вагонів з позиції їх придатності для досліджень. Для підвищення надійності результатів випробувань проведено два експерименти (дослідний поїзд рухався з переводу № 12 на перевід № 14 та, після розвороту, навпаки).

Розрахунок коефіцієнта запасу стійкості виконано відповідно до [4]. Перед розрахунком процеси, що вимірювались (крім прискорень букс), були профільтовані за допомогою програмного забезпечення ГНДЛ «Вагони», після чого частоти їх складових не перевищували 20 Гц.

За початок та кінець реалізації прийнято передній стик рамної рейки дослідного переводу та найближчий до нього кінець відхилення контррейки (довжина 28,8 м). Відповідно до кількості значень в одній реалізації за граничне значення коефіцієнта запасу стійкості проти сходу прийнято для пасажирського вагона 1,7, для вантажного – 1,5 [4].

Залежності коефіцієнта запасу стійкості проти сходу під час викочування на рейку(гостряк) дослідного переводу від швидкості для колеса, що набігає, наведені на рис. 3 і 4. Тут чорним кольором показано дані, одержані за циклом $d=0$, сірим – $d=\infty$, кружечками позначені величини, отримані для дослідного переводу № 12, трикутниками – № 14, горизонтальна лінія вказує допустиму величину. На рис. 5-7 зображені оригінальні реалізації коефіцієнта запасу стійкості по довжині переводу, одержані для різних вагонів під час руху із швидкістю 40 км/год (відібрані найбільш несприятливі випадки відповідно до даних рис. 3 і 4: завантажений піввагон та другий візок порожнього піввагона – перевід № 14, у решті випадків – перевід № 12). Значення сірого та чорного кольорів тут таке саме, як і на рис. 3.

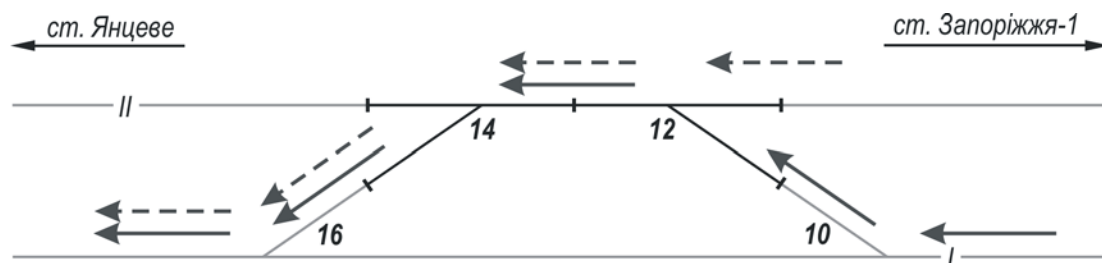
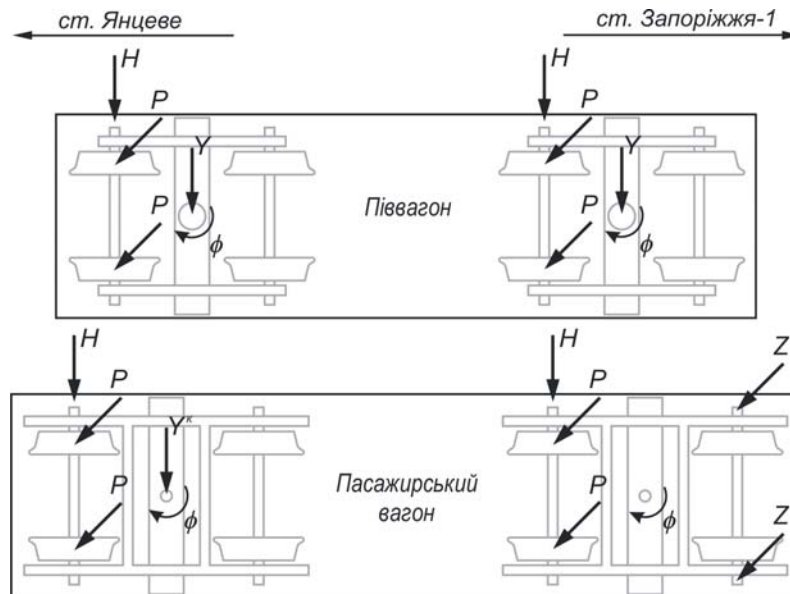


Рис. 1. Фрагмент схеми станції Запоріжжя-Вантажне (суцільними стрілками зображено маршрут руху поїзда під час випробувань переводу № 14 за циклом $d=0$, пунктирною – $d=\infty$)



Умовні позначення:

- P – коефіцієнт вертикальної динаміки в першому ступені підвішування;
- H – рамна сила;
- Y – горизонтальне прискорення підп'ятника піввагона;
- Y^* – горизонтальне прискорення кузова пасажирського вагона над шворневою балкою на рівні підлоги;
- ϕ – кут повороту візків відносно кузова;
- Z – вертикальне прискорення букс

Рис. 2. Процеси, що вимірювалися під час досліджень

Аналіз цих даних дає змогу стверджувати:

- безпека руху дослідних вагонів по боковому напрямку кожного з дослідних переводів за умови прямування як по одиночному (цикл досліджень $d=\infty$) гарантується, що підтверджує справний стан дослідних переводів і вагонів та їх придатність для проведення досліджень;

- коефіцієнт запасу стійкості, зареєстрований за циклу $d=0$, більший за допустиму величину в усіх досліджених випадках. Це дозволяє зробити попередній висновок, що конструкції переводу типу Р65 марки 1/11 проекту 1740, піввагонів на візках 18-100 та пасажирського вагона на візках КВЗ-ЦНИИ гарантують неможливість викочування колеса на рейку під час прямування по бокових напрямках суміжних переводів, укладених за другою схемою, навіть без прямої вставки, тобто вплив прямої вставки в даному випадку відсутній;

- для всіх досліджених вагонів тенденція щодо зменшення коефіцієнта запасу стійкості із збільшенням швидкості руху виражена не так яскраво, як для переводів, укладених за першою схемою [2];

- аналогічно [2] найкраще залежності коефіцієнта запасу від довжини переводу збігаються для пасажирського вагона, гірше – для завантаженого і зовсім погано – для порожнього піввагона. Для пасажирського вагона реалі-

зації практично однакові, для завантаженого – довжина ділянки незбігу не перевищує 14 м (рахуючи від переднього стику рамної рейки). Також слід зазначити, що одержані за різних швидкостей руху дослідного поїзда залежності коефіцієнта запасу стійкості по довжині переводу дуже подібні між собою (незалежно від циклу дослідження).

Висновки

1. Результати виконаних досліджень дозволяють стверджувати, що конструкції переводу типу Р65 марки 1/11 проекту 1740, піввагонів на візках моделі 18-100 та пасажирського вагона на візках моделі КВЗ-ЦНИИ гарантують неможливість викочування колеса на рейку під час прямування по бокових напрямках суміжних переводів, укладених за другою схемою. Таким чином, довжина прямої вставки між стрілочними переводами зазначеного проекту на безпеку руху вагонів наведеної вище конструкції за цим критерієм не впливає.

2. Для вагонів, що входили до складу дослідного поїзда, рух по боковому напрямку стрілочного переводу проекту 1740 характеризується слабкою тенденцією щодо зменшення коефіцієнта запасу стійкості проти сходу із збільшенням швидкості.

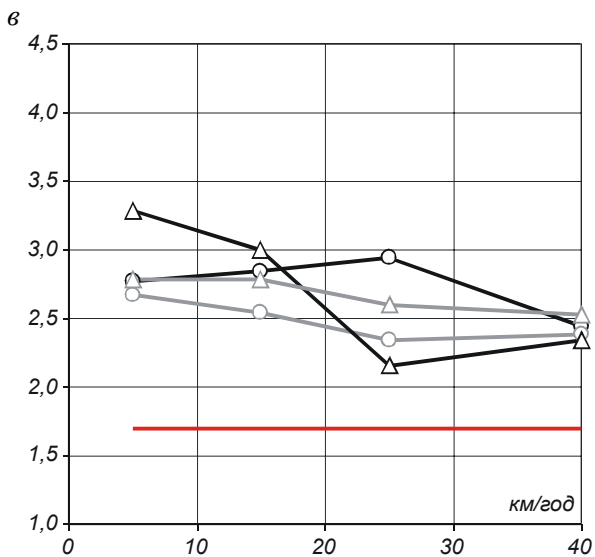
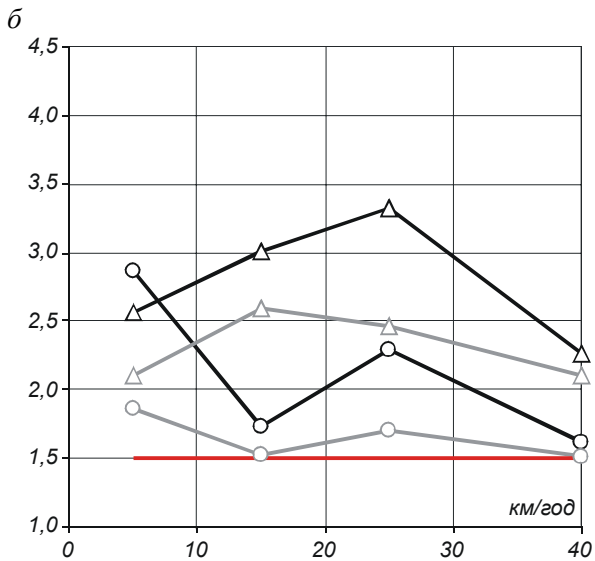
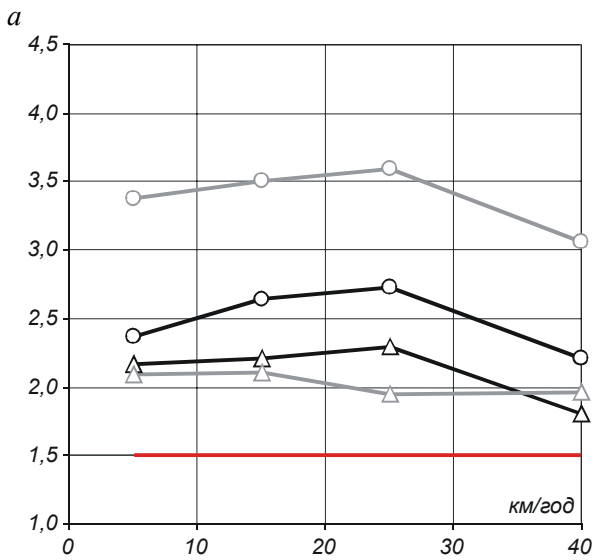


Рис. 3. Залежність коефіцієнта запасу стійкості від швидкості для різних типів вагонів (перший візок):
a – завантажений піввагон, *б* – порожній піввагон,
в – пасажирський вагон

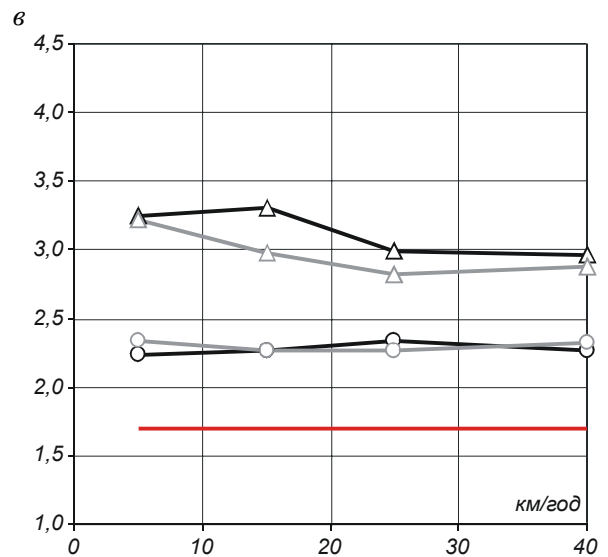
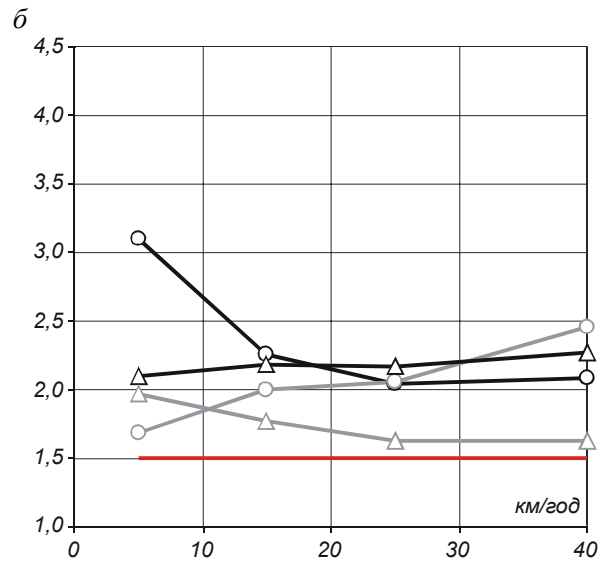
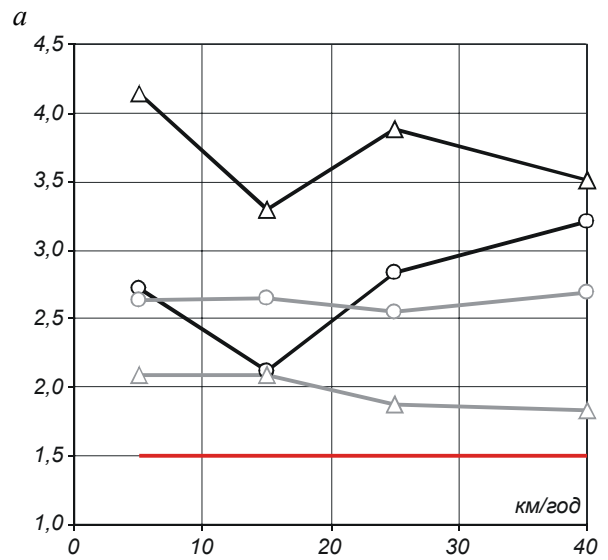


Рис. 4. Залежність коефіцієнта запасу стійкості від швидкості для різних типів вагонів (другий візок):
a – завантажений піввагон, *б* – порожній піввагон,
в – пасажирський вагон

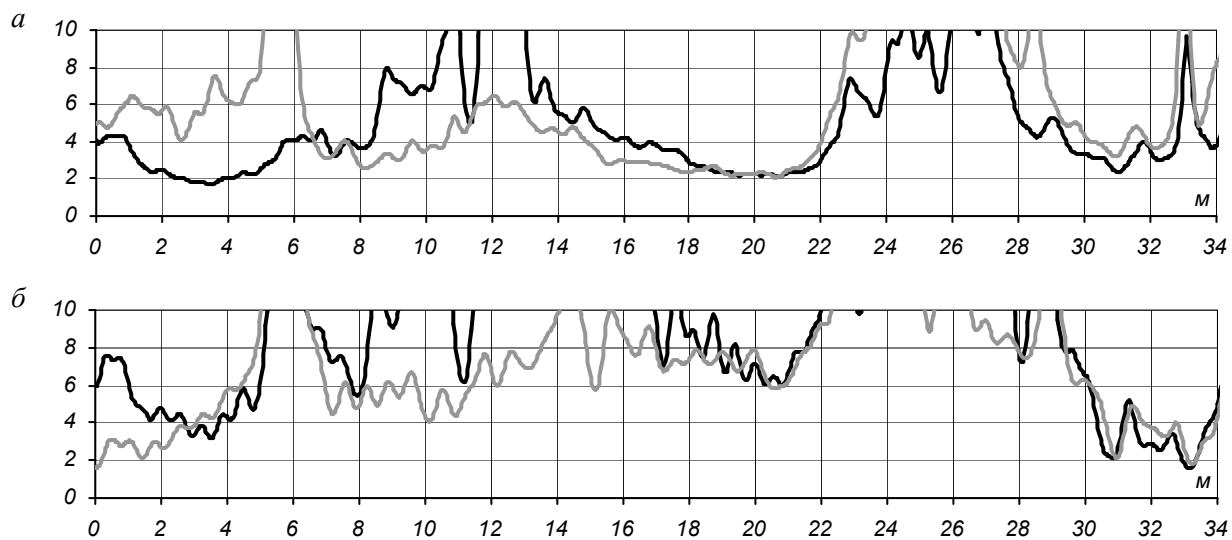


Рис. 5. Коефіцієнти запасу стійкості завантаженого піввагона : a – перший візок, b – другий візок

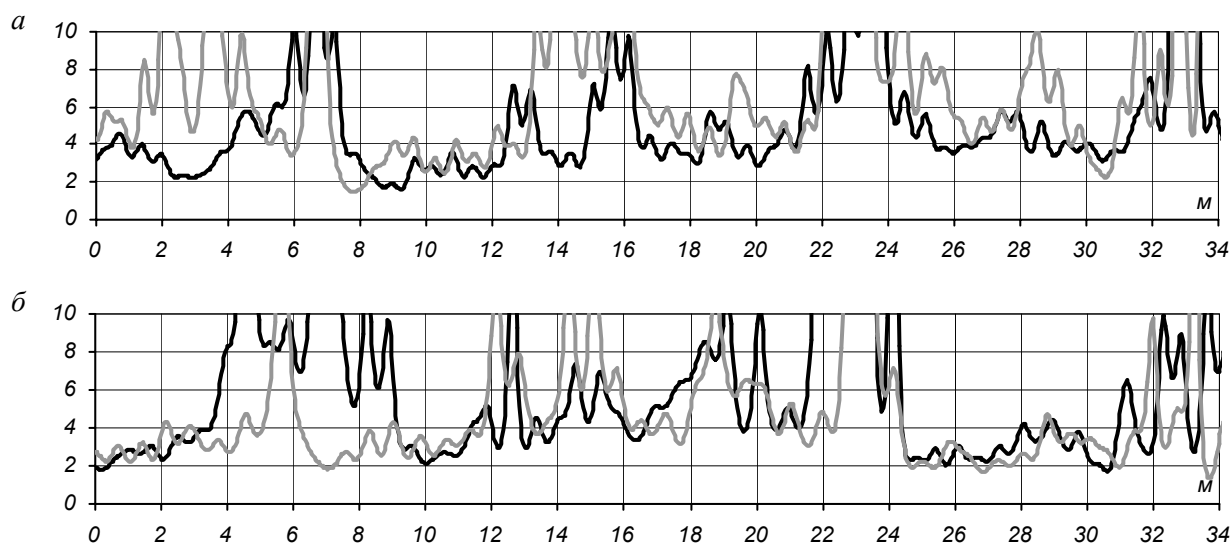


Рис. 6. Коефіцієнти запасу стійкості порожнього піввагона: a – перший візок, b – другий візок

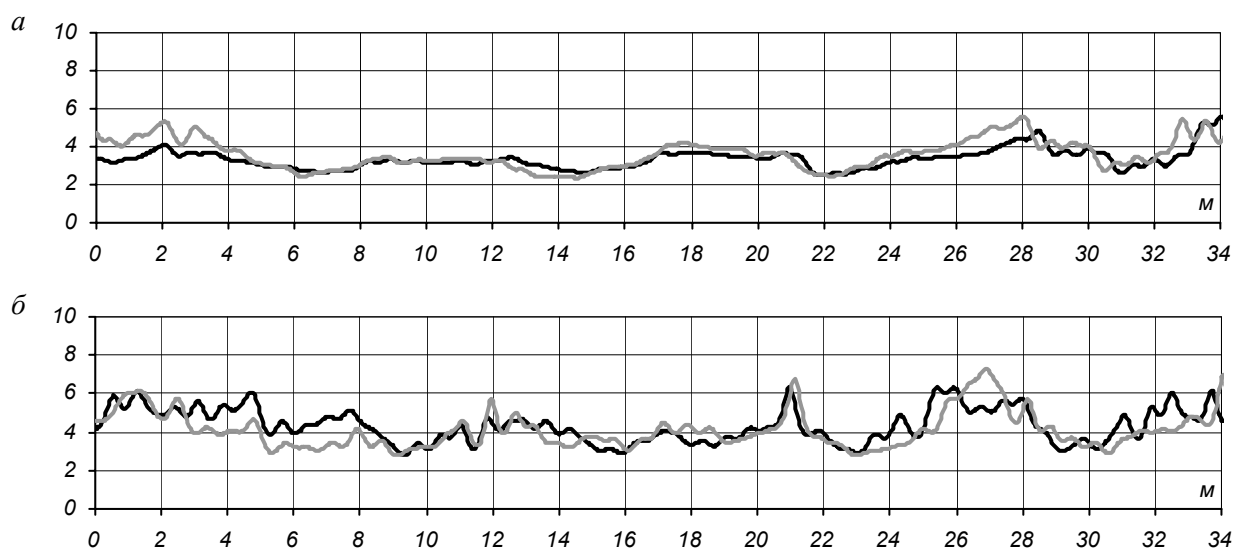


Рис. 7. Коефіцієнти запасу стійкості пасажирського вагона: a – перший візок, b – другий візок

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України. ЦП-0138 [Текст]: Затв.: Наказ Укрзалізниці від 22.12.05 № 427-Ц. – К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2006. – 336 с.
2. Мойсеєнко, К. В. Експериментальне дослідження впливу довжини прямої вставки на безпеку руху вагонів суміжними переводами, укладеними за першою схемою [Текст] / К. В. Мойсеєнко, О. В. Шатунов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2012. – Вип. 40. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2012. – С. 102–108.
3. Лысюк, В. С. Причины и механизм схода колес с рельса. Проблема износа колес и рельсов [Текст] / В. С. Лысюк. – М.: Транспорт, 1997. – 188 с.
4. РД 24.050.37–90 Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества [Текст]. – М.: ВНИИВ, 1990. – 49 с.
5. Ершков, О. П. Исследование жесткости железнодорожного пути и ее влияние на работу рельсов в кривых участках [Текст] / О. П. Ершков // Тр. ВНИИЖТ. – М.: Трансжелдориздат, 1963. – Вып. 264. – С. 39–98.
6. Цюренко, В. Н. Экспериментальное кольцо ВНИИЖТ – уникальный полигон для проведения натуральных испытаний вагонов [Текст] / В. Н. Цюренко // Вестн. ВНИИЖТ. – 2002. – № 4. – С. 12–14.
7. Курган, М. Б. Положения суміжних стрілочних переводів у плані й поздовжньому профілі [Текст] / М. Б. Курган, Т. А. Сенченко, К. В. Мойсеєнко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 26. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2009. – С. 75–82.

Надійшла до редколегії 09.12.2011.
Прийнята до друку 12.12.2011.

К. В. МОЙСЕЕНКО, А. В. ШАТУНОВ

ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ ПРЯМОЙ ВСТАВКИ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ВАГОНОВ ПО СМЕЖНЫМ ПЕРЕВОДАМ, УЛОЖЕННЫМ ПО ВТОРОЙ СХЕМЕ

Приведены результаты экспериментального исследования влияния длины прямой вставки между смежными стрелочными переводами, уложенными по второй схеме, на безопасность движения вагонов (по критерию устойчивости колеса от схода с рельсов).

Ключевые слова: стрелочный перевод, прямая вставка, вагон, безопасность движения

K. V. MOYSEYENKO, O. V. SHATUNOV

INFLUENCE OF LENGTH OF DIRECT INSERT ON SAFETY OF MOTION OF CARS ON CONTIGUOUS SWITCHES LAID ACCORDING TO THE SECOND SCHEME

Results of an experimental research of influence of length of a direct insert between adjacent switches, laid according to the second scheme, on traffic safety of cars (by a criterion of derailment resistance).

Keywords: switch, direct insert, car, traffic safety

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЗДОВЖНЬОГО ПРОФІЛЮ ЖОРСТКИХ ХРЕСТОВИН НА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БРУСАХ

У даній роботі досліджено вплив поздовжнього профілю жорстких хрестовин типу Р65 марки 1/11 на залізобетонних брусах на взаємодію колії та рухомого складу в зоні нерівностей на поверхні кочення.

Ключові слова: поздовжній профіль жорстких хрестовин типу Р65 марки 1/11, залізобетонний брус, взаємодія колії та рухомого складу, зона нерівностей на поверхні кочення

Стрілочні переводи, являються невід'ємною частиною залізничної колії. Конструкція стрілочного перевodu сприймає більші, в порівнянні зі звичайною колією, навантаження від рухомого складу. Одним із найбільш відповідальних елементів стрілочного перевodu є хрестовина на яку діють великі динамічні сили, що викликано її поздовжнім та поперечним профілями.

Великий внесок у розвиток питань пов'язаних з покращенням взаємодії колії та рухомого складу в межах хрестовини внесли видатні вчені колійники С. В. Амелін, В. Ф. Яковлев, М. П. Смирнов, Е. І. Даніленко, М. С. Нікеров, Б. Е. Глюзберг, М. М. Путря, В. В. Рибкін, Г. І. Іващенко, Р. С. Ліповський, І. І. Семенов, В. І. Абросімов, Л. М. Фролов, М. І. Тітаренко. Результати досліджень зазначених вчених засвідчили, що найбільший вплив на взаємодію колії та рухомого складу в межах хрестовини оказує її поздовжній профіль. Тому до поздовжнього профілю хрестовини висувається ряд вимог:

- 1) плавність перекочування коліс рухомого складу з вусовика на осердя в зоні розриву рейкової нитки;
- 2) плавний перехід коліс рухомого складу з хрестовин на рейкові нитки, що приймають;
- 3) забезпечення безпеки руху при встановлених швидкостях на протязі всього періоду експлуатації;
- 4) мінімальні динамічні сили при русі рухомого складу у зоні хрестовини.

Аналіз стану вилучених з експлуатації хрестовин [5] показав, що найбільший відсоток відмов хрестовин здійснюється з причин викришування та зносу осердя хрестовин й вусовиків. А саме, до 50 % від загальної кількості вилучених хрестовин становлять дефекти зносу осердя і вусовиків, 30 % – викришування осердя та вусовиків, 20 % – інші дефекти. Крім того результати зазначеного аналізу вказують на невідповідність чинного проектного поздовж-

нього профілю (ГОСТ 28370-89) експлуатаційним умовам, оскільки середнє напрацювання хрестовин на всіх дослідних напрямках Укрзалізниці не досягає гарантійного терміну експлуатації. У більшості випадків напрацювання хрестовин не досягає терміну напрацювання на відмову практично вдвічі.

Метою даної роботи є удосконалення діючого проектного поздовжнього профілю хрестовини (ГОСТ 28370-89) з метою подовження терміну служби хрестовин у колії, а також зменшенню кількості дефектів у хрестовинах.

Навесні 2010 р. було проведено експлуатаційні дослідження поздовжнього профілю хрестовин ГОСТ 28370-89 на станції Дніпропетровськ по головних та станційних коліях, типу Р65 марки 1/11, укладених на залізобетонних брусах, по парній та непарній коліях. Вимірювання проводилось, як по прямому так і по боковому напрямках хрестовин. Станція Дніпропетровськ була обрана у якості дослідної ділянки, оскільки знаходиться в інтенсивних експлуатаційних умовах: вантажонапруженість парної колії 40...50 млн т-км/км, непарної – 60...70 млн т-км/км.

Методика вимірювання була наступною. На хрестовині мітками визначалися характерні перетини: горло хрестовини, математичний центр, перерізи 12, 20, 30, 35, 40, 50 та 60 мм. При цьому вимірювання поздовжнього профілю здійснювалось по п'яти точках: по дві точки на вусовиках та одна точка по середині. Вимірювання поздовжнього профілю здійснювалось модернізованою лінійкою А. К. Янковського. На даній лінійці встановлений бігунок із шкалою 20 мм. Бігунок та одна із опор лінійки є рухомими відносно поверхні катання осердя.

Для аналізу зміни профілю хрестовин у залежності від пропущеного тоннажу всі профілі розбивалися на декілька груп. Поділ на групи здійснювався таким чином, щоб в одну групу попали переводи із різницею пропущеного тоннажу не більше 15 млн т.

По отриманих середньостатистичних поздовжніх профілях, згідно аналітичного методу розрахунку [3] отримано вертикальні траєкторії руху по хрестовині за наступними залежностями:

$$\begin{cases} \eta(x) = \Pi_B(x) - W\{y(x)\delta\} \text{ при } x < x' \\ \eta(x) = \Pi_r(x) - W\{\delta\} \text{ при } x > x' \end{cases} \quad (1)$$

де x' – абсциса точки переходу колеса із вусовика на осердя;

$\eta(x)$ – траєкторія перекочування колеса по хрестовині у вертикальній площині;

$\Pi_B(x)$ – фактичний середньостатистичний поздовжній профіль вусовиків;

$\Pi_r(x)$ – фактичний середньостатистичний поздовжній профіль сердечника;

W – поперечний профіль бандажа колеса, за вимірами Л. Г. Крисанова [1];

δ – величина зазору між робочою граню колеса та робочою граню вусовика (сердечника). У даних розрахунках приймалася нульова величина зазору.

Для вибору характерних нерівностей при середньому ступеню зносу та максимально допустимому, експериментальний матеріал був згрупований у дві великі групи (40...55 млн т та 60...75 млн т). Тип нерівності визначався на основі класифікації запропонованої проф. Яковлевим В.Ф. [2]. Результати наведені на рис. 1 та 2.

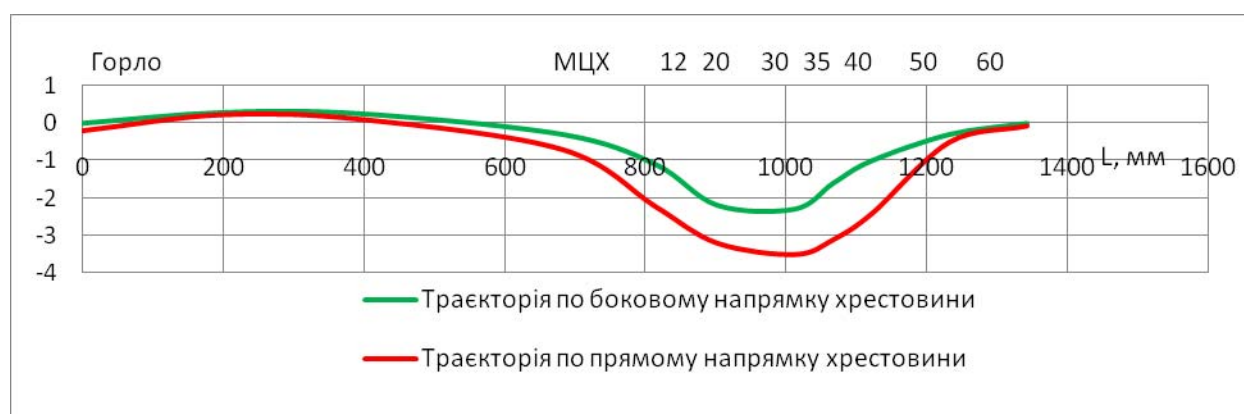


Рис. 1. Середньостатистичні траєкторії руху, після пропуску 40...55 млн т

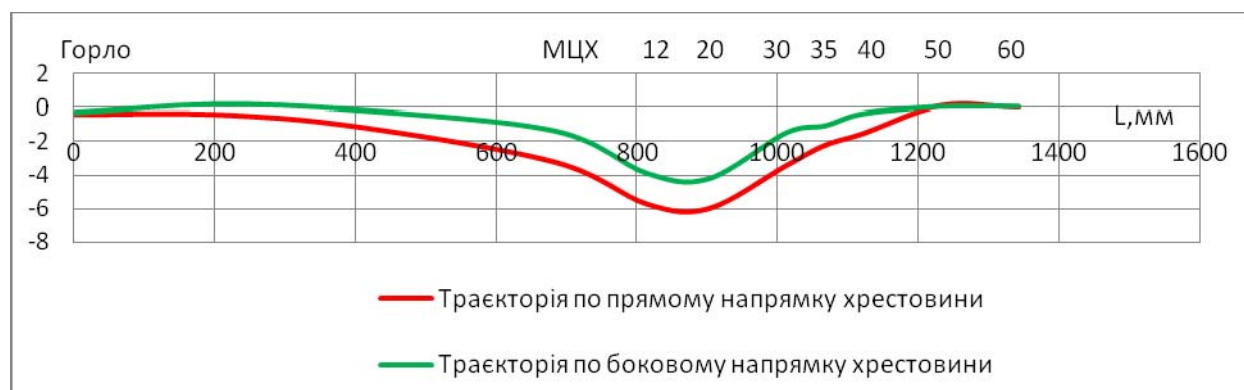


Рис. 2. Середньостатистичні траєкторії руху, після пропуску 60...75 млн т.

Після пропуску 40...55 млн т (що відповідає середньому ступеню зносу) траєкторія має вигляд бугра від горла до перетину розміщеного на відстані 400 мм від горла. Помічаються гострі впадини в зоні перекочування колеса з вусовика на осердя, які характеризуються значним сумарним ухилом. В подальшому при збільшенні пропущеного тоннажу збільшується кількість синусоподібних нерівностей. При близькому до максимального зносу (пропущено

80...95 млн т) збільшується відсоток траєкторій, які мають значний сумарний ухил нерівності.

Іноколи спостерігається перехід синусоподібних нерівностей на хвилеподібні.

Ухил на виході із нерівності при збільшенні пропущеного тоннажу збільшується (тим і пояснюється перехід від типу бугор до типу синусоподібної), разом із тим збільшується глибина

нерівності, а висота бугра у свою чергу зменшується.

Глибина нерівності змінюється несуттєво (2...4 мм після пропуску 50...65 млн т і 5...6 мм при пропущеному тоннажі 60...75 млн т).

У якості розрахункової схеми для визначення додаткових динамічних сил, що діють на

хрестовину при проходженні колесом рухомого складу нерівності, прийнята схема з одним ступенем вільності, яка наведена на рис. 3. Використання подібного типу розрахункових схем детально обґрунтовано у [4].

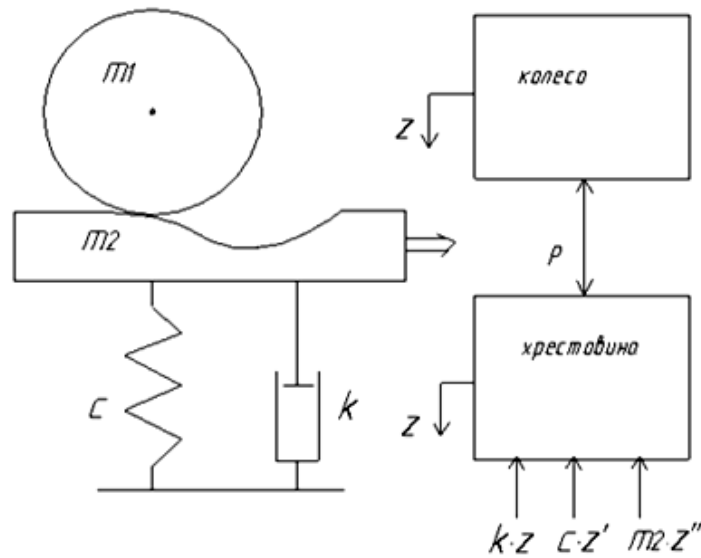


Рис. 3. Розрахункова схема для визначення динамічних сил

Математична модель взаємодії колії та рухомого складу в межах хрестовини складається з маси колеса та маси хрестовини, а також жорсткості c та в'язкості k основи, які характеризують її амортизаційні та дисипативні властивості. Програмна реалізація наведеної математичної моделі виконана у програмному забезпеченні Scilab 5.2.0.

Нерівність на хрестовині вводилась до математичної моделі за допомогою кубічного сплайна. При цьому вводилися характерні абсциси нерівності (горло, МЦХ, перетини 12, 20, 30, 35, 40, 50, 60 мм) відповідно їм задавалися ординати.

Для подальших розрахунків моделі за основу бралися вихідні дані із робіт [2, 3, 4]. Маса колеса пасажирського вагона із візками типу КВЗ-ЦНИИ згідно [3] приймалась 850 кг, приведена маса колії 1258 кг відповідно. Жорсткість основи хрестовини $c = 1.47 \cdot 10^5$ кН/м, коефіцієнт в'язкого тертя основи хрестовини $k = 127,5$ кН·с/м.

Одним з основних факторів, який буде визначати термін служби хрестовин є величина ухилу нерівності на хрестовині у вертикальній площині. Розрахунок величини динамічної добавки вертикальних сил зображений на рис. 4

та 5. Із збільшенням величини пропущеного тоннажу збільшується величина сил, що обумовлено збільшенням ухилу нерівності в процесі експлуатації.

Аналіз результатів розрахунку додаткових вертикальних динамічних сил взаємодії колії та рухомого складу в межах хрестовини показав, що застосування типового поздовжнього профілю для жорстких хрестовин на залізобетонних брусах приводить до збільшення динамічних сил взаємодії. На нашу думку однією з основних причин зазначених вище недоліків є взаємне положення вусовика та осердя хрестовини для типового поздовжнього профілю, що призводить до значних початкових ухилів траєкторії руху коліс рухомого складу по хрестовині.

Наші пропозиції щодо удосконалення типового поздовжнього профілю хрестовини полягають в наступному. Точку падіння поздовжнього профілю вусовиків на нуль, потрібно здійснювати у перерізі 60 мм, а у перерізі 20 мм висоту вусовика понизити до 4,0 мм проти 6,7 мм (рис. 6–7). Вертикальні траєкторії руху (рис. 8), які виникають при поздовжньому профілі по ГОСТу 28370-89 мають більш круті уклони, ніж у запропонованого профілю.

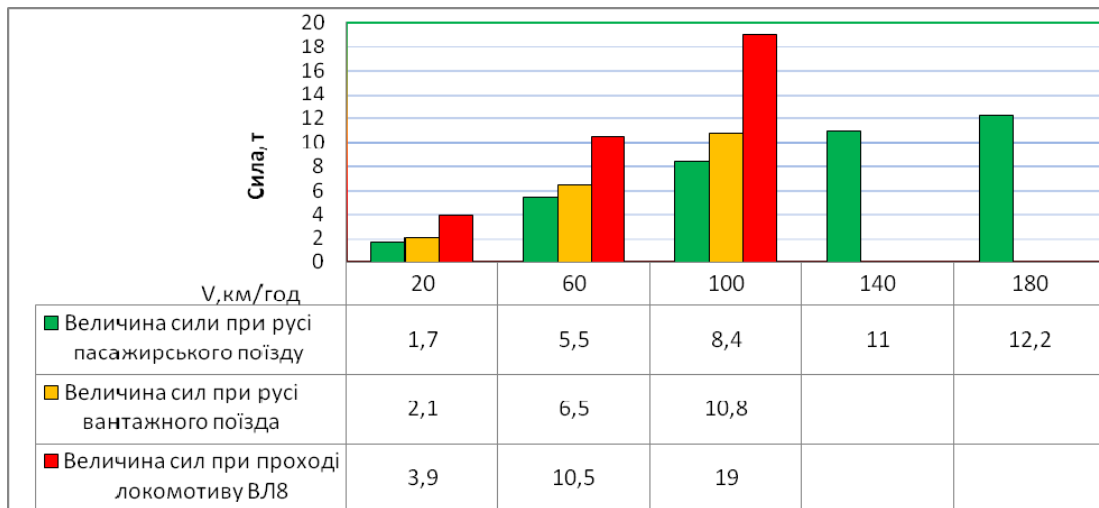


Рис. 4. Динамічна добавка вертикальних сил по профілю після пропуску 40-55 млн т

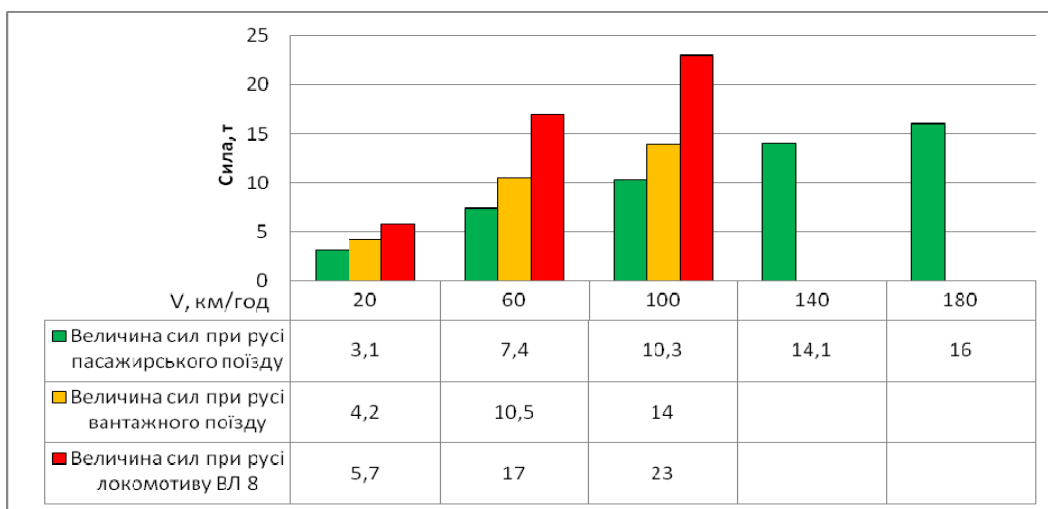


Рис. 5. Динамічна добавка вертикальних сил по профілю після пропуску 60-75 млн т

Для перевірки наших пропозицій було проаналізовано динамічні сили, що виникають при використанні типового поздовжнього профілю хрестовини та запропонованого авторами даної

роботи. Параметри колії та рухомого складу при моделюванні приймалися однаковими для обох варіантів поздовжнього профілю хрестовини.

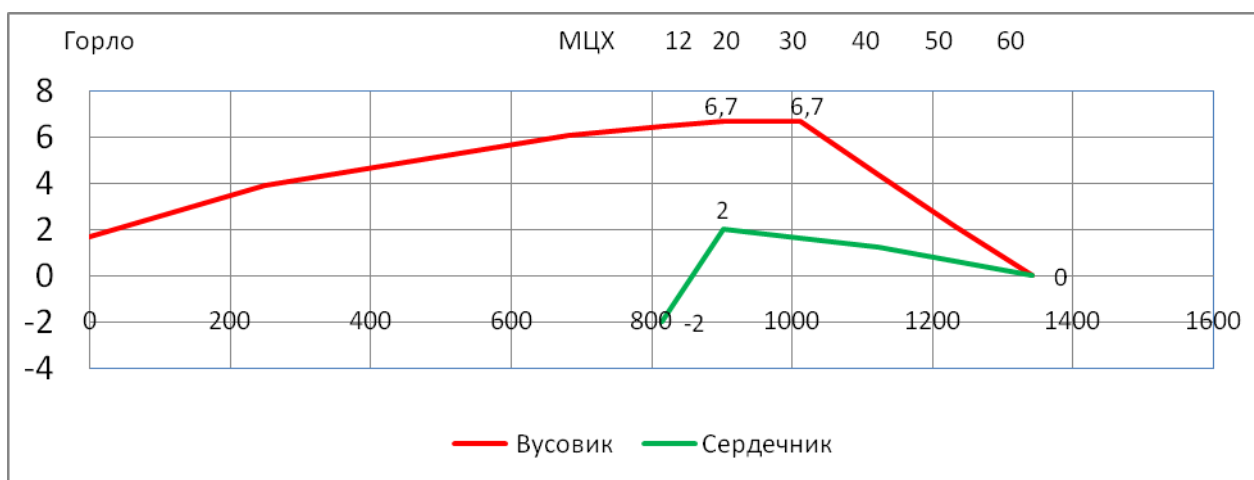


Рис. 6. Типовий профіль ГОСТ 28370-89 марки 1/11

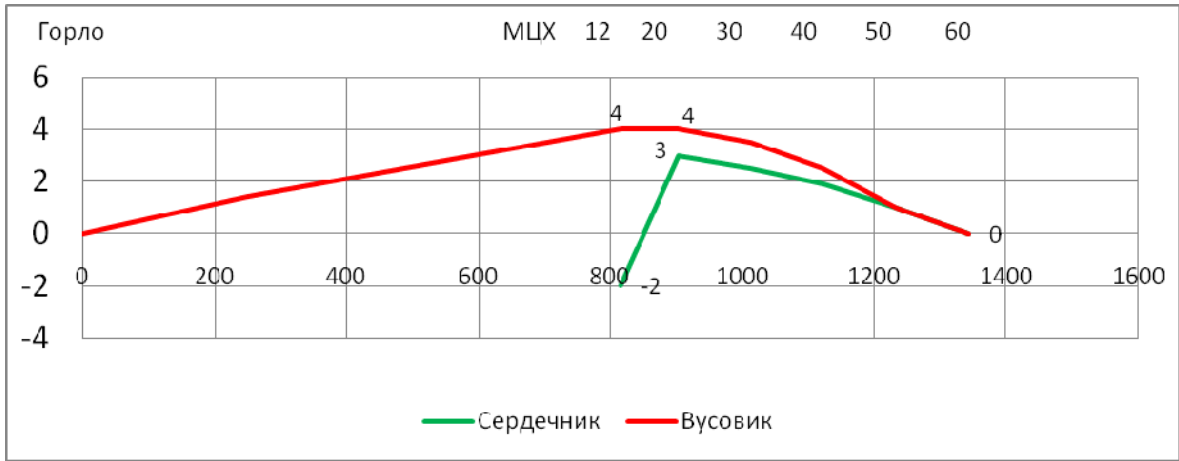


Рис. 7. Запропонований профіль хрестовини

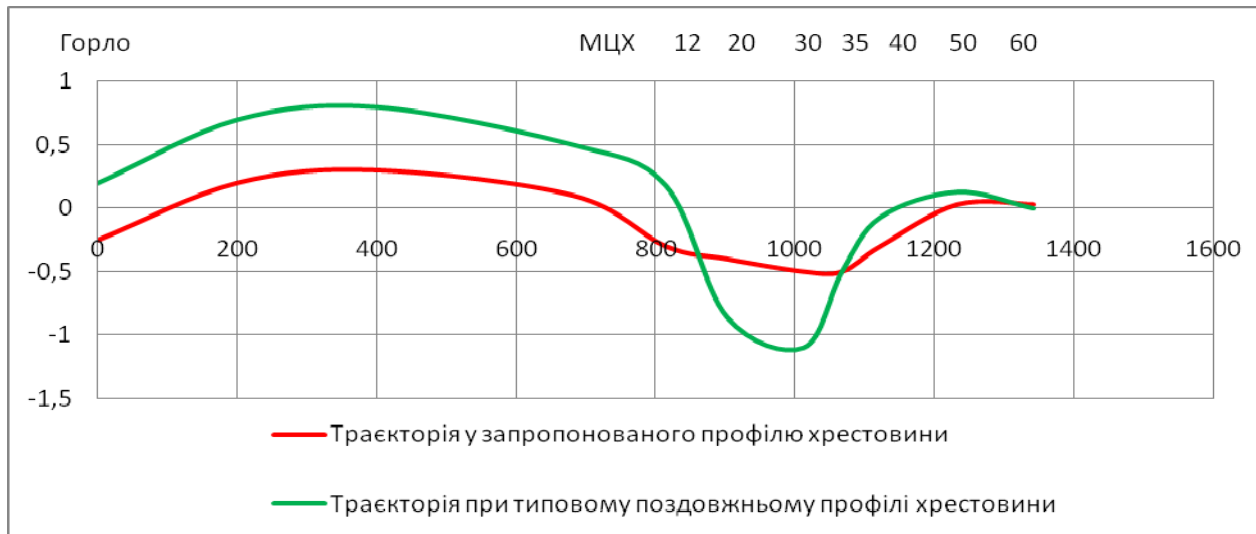


Рис. 8. Траєкторії руху

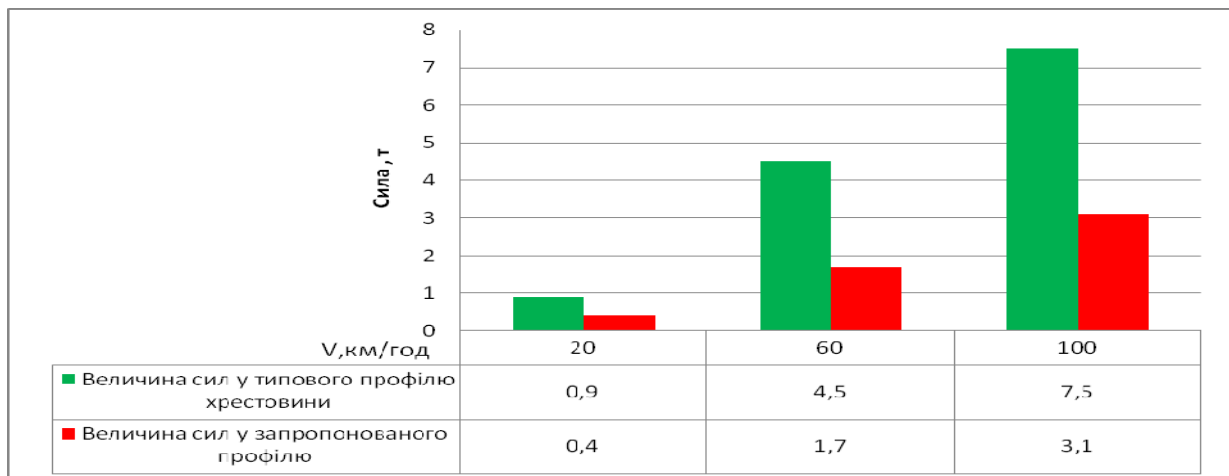


Рис. 9. Динамічна добавка вертикальних сил

Результати розрахунку, наведені на рис. 9, свідчать, що величина динамічних вертикальних сил у запропонованого профілю у 2,5 рази є меншою, ніж у типового профілю ГОСТ 28370-89. У зв'язку із меншою величи-

ною динамічних сил даний профіль може збільшити термін служби хрестовин у колії, що дасть змогу зменшити витрати колійного господарства на ремонт та поточне утримання хрестовин стрілочних переводів.

БИБЛИОГРАФИЧНИЙ СПИСОК

1. Крысанов, Л. Г. Эксплуатационные характеристики колесных пар грузовых вагонов [Текст] / Л. Г. Крысанов // Вестник ВНИИЖТ. – 1972. – № 3. – С. 34–39.
2. Совершенствование ведения стрелочного хозяйства [Текст] / С. В. Амелин [и др.]; под ред. С. В. Амелина. – М.: Транспорт, 1983. – 238 с.
3. Амелин, С. В. Геометрические неровности рельсовых нитей [Текст] / С. В. Амелин, В. Ф. Яковлев, И. И. Семенов // Труды ЛИИЖТа. – 1964. – № 222. – С. 43–64.
4. Клименко, В. Н. Исследование динамических сил взаимодействия крестовин и тележки четырехосного вагона [Текст] / В. Н. Клименко, А. М. Микитенко // Труды ДИИТа. – Л., 1968. – № 98. – С. 34–40.
5. Дослідження й аналіз експлуатаційної стійкості елементів стрілочних переводів за 2009 рік [Текст] : звіт про НДР. – ДИИТ, КГНДЛ. – 2009. – 47 с.

Надійшла до редколегії 05.10.2011.

Прийнята до друку 14.10.2011.

А. М. ОРЛОВСКИЙ, К. Л. КАЛЕНИК, В. В. КОВАЛЬЧУК

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ЖЕСТКИХ КРЕСТОВИН НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БРУСЬЯХ

В данной работе исследовано влияние продольного профиля жестких крестовин типа Р65 марки 1/11 на железобетонных брусьях на взаимодействие пути и подвижного состава в зоне неровностей на поверхности катания.

Ключевые слова: продольный профиль жестких крестовин типа Р65 марки 1/11, железобетонный брус, взаимодействие пути и подвижного состава, зона неровностей на поверхности катания

A. M. ORLOVS'KYI, K. L. KALENYK, V. V. KOVALCHUK

INVESTIGATION OF LONGITUDINAL PROFILE OF RIGID FROGS ON REINFORCED CONCRETE SLEEPERS

In the paper the effect of longitudinal profile of rigid frogs of type R65 mark 1/11 on reinforced concrete sleepers on the interaction in the 'wheel-rail' system in the zone of rolling surface irregularities is investigated.

Keywords: longitudinal profile of rigid frogs of type R65 mark 1/11, reinforced concrete sleeper, interaction in the 'wheel-rail' system, zone of rolling surface irregularities

Е. М. ФРИШМАН (Иерусалимский технологический колледж, Израиль),
М. И. УМАНОВ (ДИИТ)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЕРТИКАЛЬНЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СТАТИЧЕСКИХ СИЛ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПУТИ И ЭКИПАЖА С МАГНИТНЫМ ПОДВЕШИВАНИЕМ

В работе анализируется взаимосвязь вертикальных и боковых сил взаимодействия, действующих в системе магнитной подвески, содержащей постоянные магниты с прямоугольной формой сечения при постоянном значении вектора намагниченности по объёму. Установлено, что увеличение ширины магнитной полосы (пути и экипажа) приводит к снижению подъемной силы и эффективности магнитной подвески и к увеличению показателя боковой устойчивости.

Ключевые слова: магнитное подвешивание, подъемная сила, эффективность магнитной подвески, постоянный магнит, вертикальные и горизонтальные статические силы

В настоящей работе анализируются взаимосвязь вертикальных и боковых сил взаимодействия, действующие в системе магнитной опоры горизонтального типа (магнитной подвески горизонтального типа – МПГ), содержащей постоянные магниты, отличающиеся высокой стабильностью вектора намагниченности \vec{J} по всему объёму ($\vec{J} = \text{const}$) и обладающие прямоугольной формой сечения. Схема анализируемой системы магнитной опоры изображена на рис. 1 (поперечное сечение магнитных систем).

Для оценки работоспособности схемы МПГ, приведенной на рис. 1, вводится показатель эффективности μ_{eff} , определяемый как отношение вертикальной силы взаимодействия f_z (Н/м) единицы длины системы к весу mg (Н/м) экипажных магнитов $1a$ и $1b$:

$$\mu_{\text{eff}} = f_z / mg. \quad (1)$$

Кроме этого, показателя вводится также показатель устойчивости, равный отношению вертикальной силы к боковой при заданных параметрах магнитной системы подвешивания (физических и геометрических):

$$\gamma = f_z / f_y. \quad (2)$$

Эту же величину можно определить как показатель разгрузки. Действительно, система подвешивания на постоянных магнитах требует установки стабилизирующего в горизонтальной плоскости устройства. В частности, для этой цели могут быть использованы колеса 1 (ролики), как показано на рис. 1. Эти колеса, в отличие от колес рельсового транспорта, «несут» существенно меньшие сосредоточенные нагрузки. Т.е., имеет место «разгрузка» колес при

использовании магнитной опоры со всеми вытекающими отсюда положительными последствиями при определенных условиях эксплуатации транспортной системы с МПГ. Ясно, что при нулевом горизонтальном смещении экипажа в направлении оси OY боковая сила равна нулю. При этом равновесие экипажа является неустойчивым. Из всего вышесказанного становится понятным смысл термина «показатель разгрузки». Чем выше значение γ , тем рациональней используется система подвешивания.

Магнитные полосы пути 2 и экипажа 3 устанавливаются на неферромагнитной основе 4. Направление вектора намагниченности \vec{J} магнитов 2 и 3 обозначены на рисунке стрелкой (рис. 1).

В плоскости YOX система опоры в соответствии с рис. 1 имеет вид, представленный на рис. 2.

На рис. 3 приведена схема опоры, содержащая n магнитных полос, установленных на пути и на экипаже. Боковое смещение магнитных полос экипажа относительно путевых равно \tilde{y} .

Размеры поперечного сечения магнитных полос значительно меньше их длины, т.е.

$$a \ll l \text{ и } b \ll l. \quad (3)$$

Магниты 3 экипажа связаны жестко посредством базы 4-1, изготовленной из неферромагнитного материала. Аналогично магниты пути закреплены на неферромагнитной жёсткой базе 4-2 (возможность использования ферромагнитной основы в настоящей работе не рассматривается).

Основной рабочий зазор – δ . Расстояние между соседними магнитными полосами равно c .

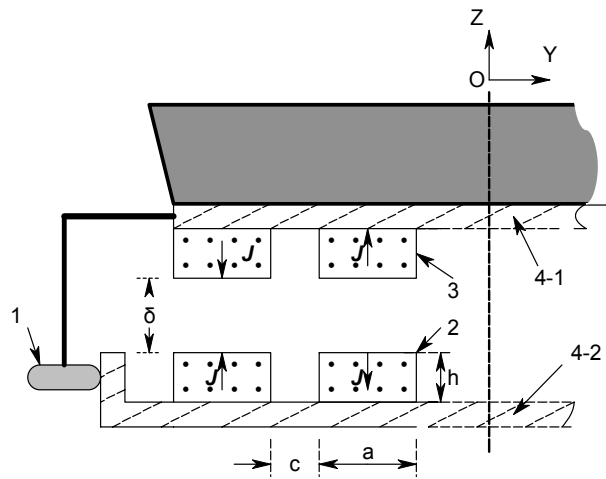


Рис. 1. Схема подвески экипажа

магнитные полосы пути или экипажа

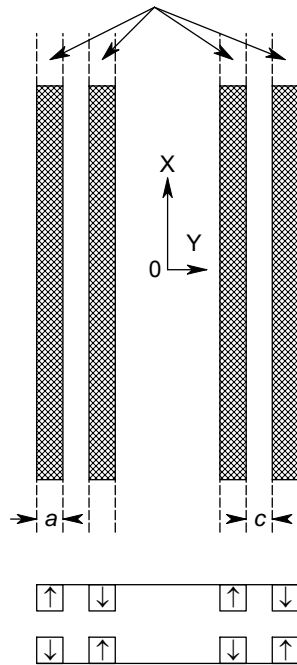


Рис. 2

n магнитных полос

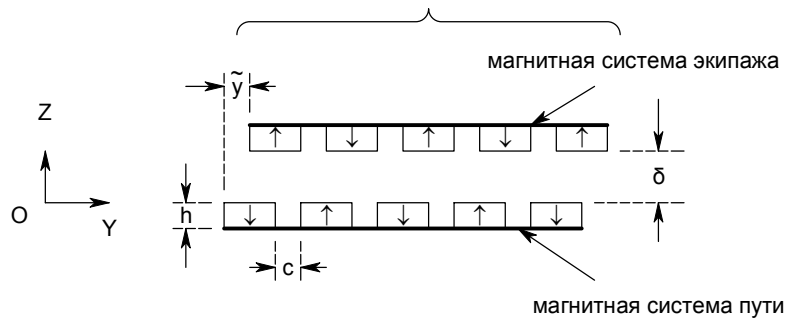


Рис. 3. Схема подвески

Направления вектора намагниченности \vec{J} магнитов 2 и 3 обозначены на рис. 1–3 стрелкой.

Для оценки сил вертикального и горизонтального взаимодействия рассматриваемых магнитных систем можно воспользоваться выражением для потенциальной энергии, которой обладает постоянный магнит, находящийся во внешнем магнитном поле [1]:

$$E_p = \mu_0 \iiint_V \vec{J} \cdot \vec{H} \cdot dV, \quad (4)$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Г/м;

\vec{J} – вектор намагниченности магнита пути или экипажа;

$\vec{H}(y, z)$ – вектор напряженности внешнего магнитного поля, создаваемого путевым магнитом. Интегрирование производится по объёму экипажного магнита, обладающего постоянной намагниченностью \vec{J} . Для одной пары взаимодействующих магнитных полос:

$$E_p = \mu_0 J \int_0^b dx \int_{\bar{y}}^{\bar{y}+a} dy \int_{\delta}^{\delta+h} H_z(y, z) dz. \quad (5)$$

Выражения для сил вертикального или бокового взаимодействия пути и экипажа могут быть получены на основании известной формулы $\vec{f} = -\vec{\nabla} E_p$, что для вертикальной и горизонтальной составляющих силы \vec{f} даёт:

$$\vec{f}_z = -\bar{z} \frac{\partial E_p}{\partial z}; \quad \vec{f}_y = -\bar{y} \frac{\partial E_p}{\partial y}. \quad (6)$$

Напряженность магнитного поля $\vec{H}(y, z)$ в (4) может быть найдена с помощью понятия фиктивного магнитного заряда. На рис.4 приведена расчётная схема для определения $\vec{H}(y, z)$. Каждый магнит (или, учитывая соотношения (3), каждая магнитная полоса), изображенный на рис. 1 или 2 и имеющий прямоугольную форму сечения, может быть представлен двумя «заряженными» гранями с поверхностной плотностью магнитного заряда $\sigma = \pm \mu_0 J$ [2].

На основании данных работ [2] и [3], базирующихся на понятии фиктивного магнитного заряда, потенциал двумерного поля, создаваемого «заряженной» гранью в произвольной точке $M(y, z)$ (рис. 5) можно записать в виде:

$$\varphi(y, z) = -\frac{\sigma}{4\pi \cdot \mu_0} \int_0^a \ln [z^2 + (y-u)^2] du. \quad (7)$$

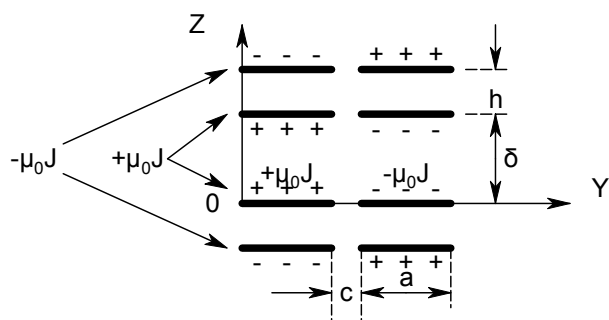


Рис. 4. Расчётная схема для двух пар магнитных полос

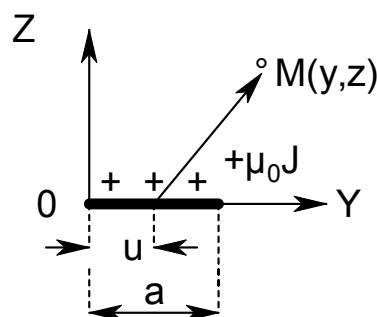


Рис. 5. «Заряженная» грань магнитной полосы

Составляющие напряженности магнитного поля, создаваемого одной полюсной гранью, определяются на основании выражений:

$$H_{z1}(y, z) = -\frac{\partial \varphi(y, z)}{\partial z}; \quad H_{y1}(y, z) = -\frac{\partial \varphi(y, z)}{\partial y}. \quad (8)$$

После подстановки (7) в (8) получим выражения для напряженностей магнитного поля в точке $M(y, z)$:

$$H_{z1}(y, z) = \frac{\sigma}{2\pi\mu_0} (\operatorname{arctg} \frac{y}{z} - \operatorname{arctg} \frac{y-a}{z}); \quad (9)$$

$$H_{y1}(y, z) = \frac{\sigma}{2\pi\mu_0} \left[\ln(y^2 + z^2) - \ln((a-y)^2 + z^2) \right]. \quad (10)$$

Напряженность магнитного поля, создаваемого отдельным магнитом (магнитной полосой) в произвольной точке $M(y, z)$ определится в результате суперпозиции магнитных полей двух «заряженных» граней магнитной полосы:

$$H_z(y, z) = \frac{J}{2\pi} (\operatorname{arctg} \frac{y}{z} + \operatorname{arctg} \frac{y-a}{z+h} -$$

$$-\arctg \frac{y}{z+h} - \arctg \frac{y-a}{z}. \quad (11)$$

В случае взаимодействия двух и более магнитных полос потенциальная энергия системы определяется в результате суммирования энергий:

$$E_{P0} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n E_{Pij}, \quad (12)$$

где E_{Pij} – потенциальная энергия взаимодействия каждого i -го магнита пути с каждым j -м магнитом экипажа.

Таким образом, в случае установки n магнитных полос в пути и на экипаже вертикальная и боковая силы взаимодействия в расчете на единицу длины одной магнитной полосы экипажа определяются из следующих выражений:

$$f_z = -\frac{1}{b \cdot n} \cdot \frac{\partial}{\partial z} \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n E_{Pij} \right); \quad (13)$$

$$f_y = -\frac{1}{b \cdot n} \cdot \frac{\partial}{\partial \tilde{y}} \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n E_{Pij} \right). \quad (14)$$

В случае установки по одной полосе с каждой стороны пути и экипажа выражение для боковой силы запишется в виде:

$$f_{z,n} = 2n \sum_{j=0}^2 \frac{(-1)^j}{j!(2-j)!} f_z(\tilde{y}, \delta + h \cdot j) + 4 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=0}^2 \frac{(-1)^{i+j} (n-1)}{j!(2-j)!} f_z[i(a+c) + \tilde{y}, \delta + j \cdot h]; \quad (17)$$

$$f_{y,n} = 2n \sum_{j=0}^2 \frac{(-1)^j}{j!(2-j)!} f_y(\tilde{y}, \delta + h \cdot j) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=0}^2 \frac{(-1)^{i+j} (n-1)}{j!(2-j)!} \{ f_y[i(a+c) + \tilde{y}, \delta + j \cdot h] - f_y[i(a+c) - \tilde{y}, \delta + j \cdot h] \}. \quad (18)$$

В выражениях (17) и (18):

$$f_z(t,s) = \frac{\mu_0 \cdot J^2}{2\pi} \cdot \left\{ (t+a) \cdot \arctg \frac{t+a}{s} - 2t \cdot \arctg \frac{t}{s} + (t-a) \cdot \arctg \frac{t-a}{s} + \frac{s}{2} \cdot \ln \frac{(s^2 + t^2)^2}{[s^2 + (t-a)^2][s^2 + (t+a)^2]} \right\}; \quad (19)$$

$$f_y(t,s) = \frac{\mu_0 \cdot J^2}{2\pi} \cdot \left\{ 2s \cdot \arctg \frac{t+a}{s} - 2 \arctg \frac{t}{s} + \arctg \frac{t-a}{s} + (t+a) \cdot \ln[(t+a)^2 + s^2] - 2t \cdot \ln(t^2 + s^2) + (t-a) \cdot \ln[(t-a)^2 + s^2] \right\}. \quad (20)$$

$$f_{y2} = \frac{2M}{2} \int_{\delta}^{\delta+h} H_z(y,z) \Big|_{\tilde{y}}^{\tilde{y}+a} dz. \quad (15)$$

а в случае установки двух пар с каждой стороны относительно оси симметрии (см. рис. 2):

$$f_{y2} = \frac{2M}{2} \int_{\delta}^{\delta+h} H_z(y,z) \Big|_{\tilde{y}}^{\tilde{y}+a} dz - \frac{M}{2} \int_{\delta}^{\delta+h} H_z(y,z) \Big|_{\tilde{y}}^{\tilde{y}+2a+c} dz + \frac{M}{2} \int_{\delta}^{\delta+h} H_z(y,z) \Big|_{a+c-\tilde{y}}^{-\tilde{y}+2a+c} dz \quad (16)$$

В выражениях (15) и (16):

$$M = \mu_0 J.$$

Для n магнитных полос, уложенных с чередованием полярностей вертикальная и боковая (дестабилизирующая) силы соответственно могут быть записаны так:

В свою очередь, $f_z(t,s)$ и $f_y(t,s)$ – это силы взаимодействия «заряженных» граней, см. рис. 6.

В табл. 1 приведены результаты расчетов боковой силы f_y при $\tilde{y}=1$ мм в зависимости от ширины магнитной полосы a . В этой же таблице представлены значения отношений f_z/f_y и f_z/mg . Расчеты осуществлены при $n=3$.

В табл. 2 приведены результаты расчетов боковой силы при двух значениях относительного бокового смещения магнитных систем пути и экипажа. Из анализа полученных данных можно прийти к следующим **выводам**:

1. Увеличение ширины магнитной полосы приводит к снижению удельной вертикальной силы f_z отталкивания (подъемной силы).

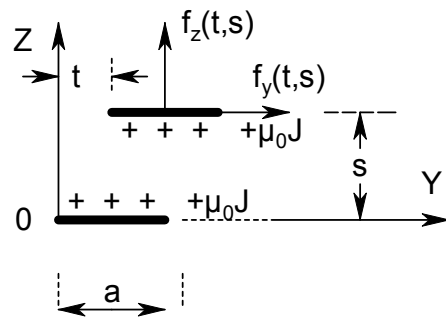


Рис. 6. К взаимодействию «заряженных» граней

Таблица 1

Зависимость боковой силы от ширины магнитной полосы
($n=3, \tilde{y}=1$ мм, $c=15$ мм, $a=1,2h$)

$\delta, \text{мм}$	$a, \text{мм}$	$h, \text{мм}$	$f_z, \text{Н/м}$	$f_y, \text{Н/м}$	$\gamma = f_z / f_y$	$\mu_{eff} = f_z / mg$
1	2	3	4	5	6	7
5	10	8,3	55,7	9,5	5,9	14,5
	20	16,7	203	20,0	9,7	13,2
	30	25	388	29,8	13,0	11,2
	40	33,3	590	37	16,0	9,6
	50	41,7	804	43	18,7	8,4
	60	50	1024	48	21,2	7,4
	70	58,3	1249	53	23,7	6,6
7,5	10	8,3	37	5,6	6,6	-
	20	16,7	158	15,2	10,4	9,7
	30	25	322	23,3	13,8	10,3
	40	33,3	507	30,0	16,9	9,3
	50	41,7	706	36,0	19,8	8,3
	60	50	914	41,0	22,5	7,4
	70	58,3	1127	45,0	25,0	6,6
10	10	8,3	26	3,6	7,2	6,7
	20	16,7	125	11,5	10,9	8,2
	30	25	270	18,8	14,3	7,8
	40	33,3	439	25,0	17,5	7,1
	50	41,7	623	31,0	20,4	6,5
	60	50	819	35,0	23,0	5,9
	70	58,3	1022	39,4	26,0	5,4

Зависимость боковой силы от расстояния между полосами
($n=3, \delta=7,5$ мм)

\tilde{y} , мм	c , мм	a_1 , мм	h_1 , мм	f_{y1} , Н/м	a_2 , мм	h_2 , мм	f_{y2} , Н/м	f_z / f_{y1}	f_z / f_{y2}
1	5	20	16,7	19,4	60	50	47,7	8,43	19,3
	10	20	16,7	23,2	60	50	52,3	9,24	20,0
	15	20	16,7	15,2	60	50	40,7	10,44	22,5
2	5	20	16,7	38,4	60	50	95,1	4,25	9,7
	10	20	16,7	45,8	60	50	103,2	4,68	10,1
	15	20	16,7	30,0	60	50	81,5	5,27	11,3

2. Эффективность магнитной подвески μ_{eff} снижается с увеличением ширины a магнитной полосы (пути и экипажа).

Показатель устойчивости $\gamma = f_z / f_y$ возрастает (боковая устойчивость улучшается) с ростом ширины магнитной полосы a . Можно сказать, что отношение вертикальной силы взаимодействия магнитных систем к боковой силе (при заданной величине бокового смещения магнитной системы экипажа) заметно возрастает с ростом ширины магнитной полосы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Rao, N. N. Elements of Engineering Electromagnetics [Text] / N. N. Rao. – Prentice-Hall Inc, 2000.

2. Baran, W. Berechnung von Anziehungs- und Haftkräften für Magnet emit Feinpolteilung [Text] / W. Baran // Techn. Mitt. Krupp Forsch. – Ber., 1963. – N 21. – S. 72–83.

3. Фришман, Е. М. Определение вертикальной и боковой сил взаимодействия пути и экипажа магнитном подвесе в случае чередования полярностей полюсных граней магнитных полос [Текст] / Е. М. Фришман. – Деп. рук. № 1885. – Оpubл. в указателе ВИНТИ «Деп. рукописи». – 1982. – № 9. – С. 74.

Поступила в редколлегию 14.12.2011.

Принята к печати 20.12.2011.

Є. М. ФРИШМАН, М. Й. УМАНОВ

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВЕРТИКАЛЬНИХ ТА ГОРИЗОНТАЛЬНИХ СТАТИЧНИХ СИЛ ВЗАЄМОДІЇ КОЛІЙ І ЕКІПАЖУ З МАГНІТНИМ ПІДВІШУВАННЯМ

У статті аналізується взаємозв'язок вертикальних та бічних сил взаємодії, що діють у системі магнітної підвіски, яка має постійні магніти прямокутної форми перерізу із постійним значенням вектора намагнічування в усьому об'ємі. Встановлено, що збільшення ширини магнітної смуги (колії та екіпажу) веде до зниження підйомної сили та ефективності магнітної підвіски та до збільшення показника бічної стійкості.

Ключові слова: магнітне підвішування, підйомна сила, ефективність магнітної підвіски, постійний магніт, вертикальні та горизонтальні статичні сили

E. M. FRISHMAN, M. I. UMANOV

COMPARATIVE ANALYSIS OF VERTICAL AND HORIZONTAL STATIC INTERACTION FORCES BETWEEN TRACK AND MAGNETIC SUSPENSION VEHICLE

In the article an analysis of interrelation of vertical and lateral interaction forces acting in the magnetic suspension system having permanent magnets of rectangular cross section with the constant (throughout the magnet volume) value of magnetization vector is performed. It is found that the increase in the magnetic bend width (for track and vehicle) leads to improving the lateral stability index as well as reducing the elevating power and the magnetic suspension efficiency.

Keywords: magnetic suspension, elevating power, magnetic suspension efficiency, permanent magnet, vertical and horizontal static forces

ІМОВІРНІСНИЙ РОЗРАХУНОК ЗАЛІЗНИЧНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ШПАЛ

В статті представлено результати імовірнісного розрахунку залізничних залізобетонних шпал типу СБЗ-0 та СБЗ-1 та характеристики їх надійності.

Ключові слова: шпала, розрахунок, залізобетон, конструкція, надійність шпал

Вступ

Відповідно до загальної тенденції розвитку залізничного транспорту України, що включає підвищення швидкостей руху пасажирських поїздів, постала задача оцінки надійності конструкції залізобетонних шпал.

Об'єктом дослідження даної статті є визначення надійності конструкції залізобетонних шпал.

Предметом дослідження даної статті стали залізничні залізобетонні шпали типу СБЗ-0 та СБЗ-1.

Результати досліджень

Імовірнісний розрахунок залізобетонних шпал на міцність перерізів, нормальних до подовжньої осі.

Для імовірнісного розрахунку залізобетонних елементів, що згинаються, по міцності перерізів, нормальних до подовжньої осі, використовувався чисельно-аналітичний метод чисельної лінеаризації.

Розрахунок виконується з урахуванням передумови, що закони розподілів визначальних параметрів і функції міцності підпорядковуються нормальному закону розподілення (Гаусса).

Алгоритм імовірнісного розрахунку залізобетонних елементів, що згинаються, за міцністю нормальних до подовжньої осі перерізів наведено на рис. 1.

Порядок розрахунку є наступним:

– Вводяться початкові вихідні дані: математичні очікування геометричних характеристик поперечного перерізу \bar{g}_i , характеристик міцності арматури \bar{R}_s і бетону \bar{R}_b ; середні квадратичні відхилення геометричних параметрів поперечного перерізу елементу σ_{R_b} , характеристик міцності арматури σ_{R_s} і бетону σ_{R_b} ;

– Обчислюється математичне очікування міцності елементу, що згинається, \bar{M} за діючими нормами, при середніх значеннях змінних параметрів

$$\bar{y} = y(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_i, \dots, \bar{x}_n); \quad (1)$$

– Обчислюються частинні похідні $\frac{\partial M}{\partial x_i}$ функції несучої спроможності, за кожним змінним параметром x_i .

При цьому частинні похідні замінюються їх кінцево-різницевою формою:

$$\frac{\partial M}{\partial x_i} = \left[M(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_{i-1}, \bar{x}_i + h(x_i), \bar{x}_{i+1}, \dots, \bar{x}_n) - M(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_{i-1}, \bar{x}_i - h(x_i), \bar{x}_{i+1}, \dots, \bar{x}_n) \right] / 2h(x_i), \quad (2)$$

де $h(x_i) = 3\sigma_{x_i}$,

σ_{x_i} – середнє квадратичне відхилення параметра x_i ;

– Визначається середнє квадратичне відхилення функції несучої спроможності елементу σ_M :

$$\sigma_M = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial M}{\partial x_i} \right)^2 \sigma_{x_i}^2}; \quad (3)$$

– Обчислюється міцність залізобетонних згинальних елементів, по перерізах, нормальних до подовжньої осі, із забезпеченістю 0,99865 і 0,95. За умови розподілу міцності залізобетонних елементів за нормальним законом:

$$M_{0,99865} = \bar{M} - 3\sigma_M, \quad (4) \quad M_{0,95} = \bar{M} - 1,64\sigma_M, \quad (5)$$

де $M_{0,99865}$ та $M_{0,95}$ – відповідно, міцність по перерізах, нормальних до подовжньої осі елементу з забезпеченістю 0,99865 і 0,95,

\bar{M} – математичне очікування міцності по перерізах, нормальних до подовжньої осі залізобетонного елемента,

σ_M – середнє квадратичне відхилення міцності по перерізах, нормальних до подовжньої осі залізобетонного елемента.

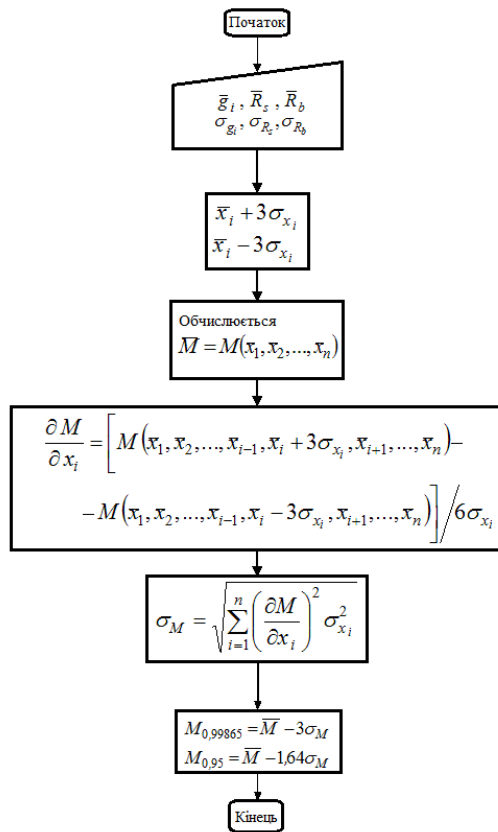


Рис. 1. Алгоритм імовірнісного розрахунку залізобетонних елементів

Змінні параметри міцності перерізів шпал.

Характеристики міцності бетону. Прийнята в [1] формула для нормативної призматичної міцності бетонів на пористих заповнювачів та важких бетонів має вид:

$$R_{bn} = R_n (0,77 - 0,001\bar{R}) \geq 0,72R_n, \quad (6)$$

тобто коефіцієнт призматичної міцності є таким:

$$k_{n,n} = 0,77 - 0,001\bar{R} \geq 0,72. \quad (7)$$

Насправді, згідно з [2] середнє значення коефіцієнтів призматичної міцності вище наведених і рівні приблизно:

$$\bar{k}_{n,n} = 0,83 - 0,001\bar{R} \geq 0,78. \quad (8)$$

Коефіцієнт варіації значень коефіцієнта призматичної міцності прийнятий рівним [2]:

$$v_{k_{n,n}} = 0,1. \quad (9)$$

За відомих коефіцієнтів варіації кубкової міцності і коефіцієнта призматичної міцності можна визначити коефіцієнт призматичної міцності бетону:

$$v_{R_b} = \sqrt{v_R^2 + v_{k_{n,n}}^2}. \quad (10)$$

Середнє значення призматичної міцності бетону визначалося за формулою:

$$\bar{R}_b = \bar{R} \cdot \bar{k}_{n,n}. \quad (11)$$

Середнє квадратичне відхилення і математичне очікування міцності бетону на розтяг при нормованій змінності визначається таким чином:

$$\sigma_{R_{bt}} = (R_{btm} - R_{bt}) / 1,36; \quad (12)$$

$$\bar{R}_{bt} = R_{btm} + 1,64\sigma_{R_{bt}}, \quad (13)$$

де $\sigma_{R_{bt}}$ – середнє квадратичне відхилення опору бетону,

$\bar{R}_{bt}, R_{btm}, R_{bt}$ – відповідно, середнє, нормативне та розрахункове значення опору бетону на стиск.

Характеристики попереднього напруження арматури.

При механічному способі натягу величина допустимих відхилень попереднього натягу не нормується. Однак, в нормах [1] є вказівка, що при проектуванні заздалегідь напружених конструкцій з механічним способом натягу натягом арматури виходять з того, що відхилення зусиль можуть знаходитись в межах $\pm 10\%$. Отже, якщо проектом не вказується величина відхилення, то прийматимемо при механічному способі натягу:

$$p = 0,1\sigma_{sp}, \quad (14)$$

де σ_{sp} – величина попереднього напруження.

При оцінці надійності змінність величини попередньої напруги враховується за допомогою допустимої величини відхилення p , приймаючи його значення рівним трьом стандартним відхиленням – трьом середньоквадратичним відхиленням, отже:

$$S_{\sigma_{sp}} = \frac{p}{3}. \quad (15)$$

Характеристики перерізів.

Ширина поля допуску геометричних параметрів (від номінального або середнього зна-

чення) рівна трьом середньоквадратичним відхиленням. Відповідно проектну величину середньоквадратичного відхилення геометричного параметра x_i можна визначити за формулою:

$$S_{x_i} = \frac{\delta_{x_i}}{3}, \quad (16)$$

де S_{x_i} – середньоквадратичне відхилення геометричного параметру x_i ,

δ_{x_i} – допустима межа відхилення параметру x_i .

Проектна та фактична змінність параметрів.

Розглянуті параметри перерізів шпал, що впливають на їхню міцність наведені в табл. 1.

Проектні (нормативні) значення приймалися у відповідності з [1, 3 та 4], при цьому враховувалась нормована змінність. Фактичні параметри прийнято на основі статистичної обробки даних журналів випробовувань контрольних зразків бетону (за період 6 місяців) та типових випробовувань зразків шпал типу СБЗ-0 у кількості 120 шт. на ЗАТ «Запорізький завод залізобетонних шпал». Для менш поширеного типу шпал СБЗ-1 не виконувався збір фактичних параметрів, тому в роботі розглянуто лише нормативні.

Таблиця 1

Змінні параметри перерізів шпал

№ з/п	Параметр	Позн.	Тип шпали		Середнє значення (математ. очікування)	Коеф. варіації	Допустиме відх.
1	Міцність бетону на стиск (призматична)	\bar{R}_b , МПа			$\frac{37}{39,5}$	$\frac{0,168}{0,112}$	
2	Міцність бетону на розтяг	\bar{R}_{bt} , МПа			2,94	0,175	
3	Опір арматури розтягуванню	\bar{R}_s , МПа			1774	0,108	
4	Площа перерізу поперечно напруженої арматури	A_{sp} , см ²			$\frac{3,106}{3,092}$	$\frac{0,015}{0,009}$	±0,141
5	Товщина захисного шару бетону над верхнім рядом арматури (в середньому перерізі)	a , мм	СБЗ-0		$\frac{25}{27,1}$	$\frac{0,08}{0,074}$	-5+7
			СБЗ-1		40	0,05	-5+7
6	Початкове зусилля попереднього напруження	N_0 , кН			358	0,033	±10 %
7	Ширина підшви шпали в розрахунковому перерізі	b , мм	СБЗ-0	Під-рейк.	$\frac{274}{274,3}$	$\frac{0,006}{0,012}$	-5+10
				Сер.	250	0,007	-5+10
			СБЗ-1	Під-рейк.	270	0,006	-5+10
				Сер.	235	0,007	-5+10
8	Висота шпали в розрахунковому перерізі	h , мм	СБЗ-0	Під-рейк.	$\frac{218}{219,6}$	$\frac{0,005}{0,01}$	-3+8
				Сер.	$\frac{145}{147}$	$\frac{0,007}{0,011}$	-3+8
			СБЗ-1	Під-рейк.	203	0,005	-3+8
				Сер.	145	0,007	-3+8

Примітка: в чисельнику – проектне значення, в знаменнику – фактичне.

Розрахунок витривалості та тріщиностійкості перерізів шпал.

Результати розрахунку граничних значень згинаючих моментів в перерізах шпал при розрахунку на витривалість для стиснутого бетону (M_c), розтягнутої арматури (M_a) та за умови

стійкості бетону проти появи тріщин (M_{crc}), визначених за нормами проектування ($M_{розр}$) або методом числової лінеаризації з визначеною забезпеченістю ($M_{0,99865}$, $M_{0,95}$), наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Результати розрахунку граничних значень згинаючих моментів

Розрахунок	Граничні згинаючі моменти											
	<u>Шпала СБЗ-0</u>											
	Підрейковий переріз						Середній переріз					
	M_c	M_c	M_a	M_a	M_{crc}	M_{crc}	M_c	M_c	M_a	M_a	M_{crc}	M_{crc}
$M_{0,99865}$		$\frac{18,02}{26,86}$		$\frac{80,8}{80}$		$\frac{16,2}{16,7}$		$\frac{9,17}{14,25}$		$\frac{27,7}{28}$		$\frac{9,4}{9,14}$
$M_{0,95}$	$\frac{39,55}{43,06}$	$\frac{27,8}{34,2}$	$\frac{130,3}{129,8}$	$\frac{103,2}{102,6}$	$\frac{19,56}{20,47}$	$\frac{17,7}{18,45}$	$\frac{20,12}{22,11}$	$\frac{14,13}{17,8}$	$\frac{42,73}{43,54}$	$\frac{34,53}{25,1}$	$\frac{11,59}{11,49}$	$\frac{10,4}{10,2}$
$M_{розр}$		$\frac{22,89}{30,14}$		$\frac{69,5}{70,25}$		$\frac{17,6}{18,77}$		$\frac{11,52}{15,26}$		$\frac{25}{25,15}$		$\frac{10,67}{10,67}$
	<u>Шпала СБЗ-1</u>											
	Підрейковий переріз						Середній переріз					
	M_c	M_c	M_a	M_a	M_{crc}	M_{crc}	M_c	M_c	M_a	M_a	M_{crc}	M_{crc}
	$M_{0,99865}$		17,3		54		16,8		6,9		36,5	
$M_{0,95}$	36,4	25,94	92,5	71,5	20	$\frac{18,2}{4}$	17,7	11,8	57,4	46	7,42	6,3
$M_{розр}$		20,4		51,3		$\frac{18,0}{4}$		8,9		32		6,65

Примітка: в чисельнику – значення підрейкових моментів при нормативних значеннях параметрів перерізу та їх змінності, в знаменнику – значення граничних моментів при фактичних значеннях параметрів перерізу та їх змінності.

Визначення вагомості параметрів за величиною впливу на математичне очікування функції властивостей шпал.

Ранжирування параметрів виконується в наступній послідовності:

а) розраховується середнє значення функції властивості при значеннях параметрів, рівних середньому значенню $x_i = \bar{x}_i$:

$$\bar{Y}_i = a_1 \bar{x}_1 + a_2 \bar{x}_2 + \dots + a_i \bar{x}_i + \dots + a_n \bar{x}_n + b; \quad (17)$$

б) i -му параметру надається приріст $\pm 3\sigma_i$ та визначається його нове значення:

$$x_{i,n} = \bar{x}_i \pm 3\sigma_i, \quad (18)$$

де σ_i – середнє квадратичне відхилення i -ого параметру,

\bar{x}_i – середнє значення цього параметру.

Знак (\pm) визначається значенням при коефіцієнтах рівняння (2) та приймається з такою

умовою, що при цьому значенні функції властивості змінюються в несприятливий бік (наприклад, для міцності – зменшується, а для прогину та ширини розкриття тріщин – збільшується);

в) обчислюються значення функції властивості при цьому значенні i -го фактора (параметру):

$$\bar{Y}_{i,n} = a_1 \bar{x}_1 + a_2 \bar{x}_2 + \dots + a_i \bar{x}_{i,n} + \dots + a_n \bar{x}_n + b; \quad (19)$$

г) отримане в результаті розрахунку значення функції властивості відносяться к середньому значенню та визначається відносна різниця:

$$r_i = 1 - Y_{i,n} / \bar{Y}_i; \quad (20)$$

д) така операція виконується з усіма параметрами, що входять до залежності (2);

е) обчислюється питома вага конкретного фактору в даній моделі (вагомість):

$$R_i = r_i / \sum_{i=1}^{i=n} r_i. \quad (21)$$

Результати розрахунків вагомості параметрів наведені на рис. 2–4.

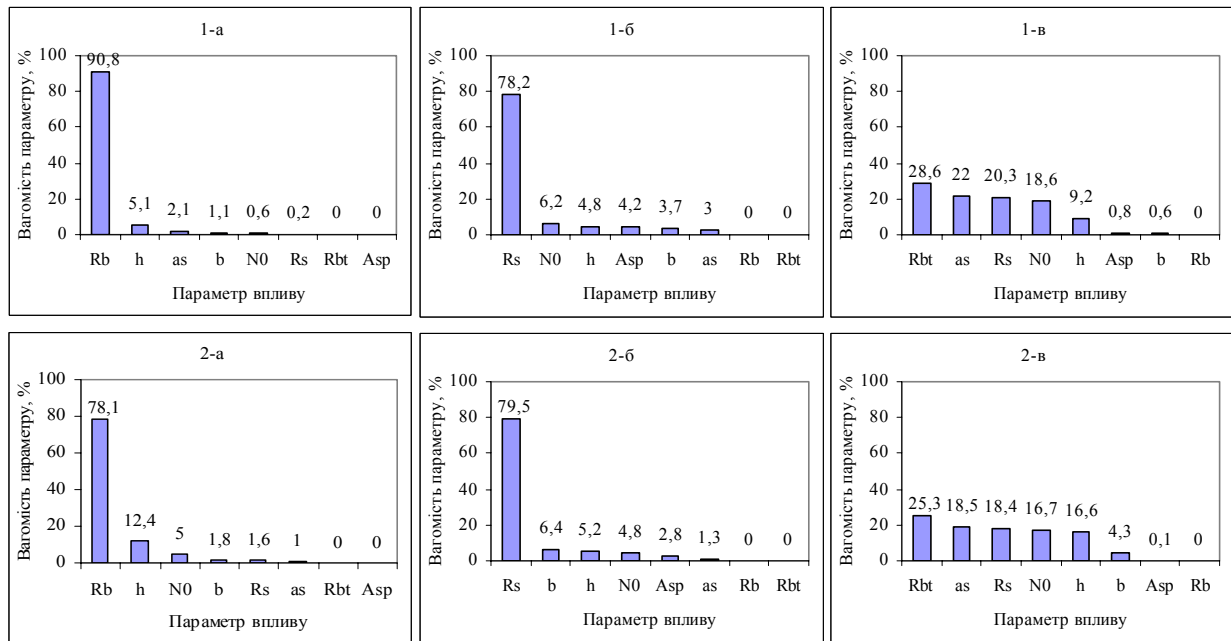


Рис. 2. Діаграми вагомості параметрів впливу в підрейковому перерізі шпала СБЗ-0 за величиною впливу на математичне очікування функції властивостей шпал: 1-а – на витривалість для стиснутого бетону (нормативні значення зміни параметрів); 1-б – на витривалість для розтягнутої арматури (нормативні значення зміни параметрів); 1-в – на стійкість проти появи тріщин (нормативні значення зміни параметрів); 2-а, 2-б, 2-в – відповідні діаграми для фактично-вимірних значень зміни параметрів

Оцінка надійності конструкції шпал.

Для оцінки надійності залізобетонних шпал типу СБЗ визначались значення функції безпеки перерізів шпал при визначенні витривалості та тріщиностійкості по методиці діючих норм і по методиці імовірнісного розрахунку методом численної лінеаризації.

Математичне очікування міцності елементів (\bar{M}) є її найбільш імовірнісним значенням, тому його можна розглядати як дослідну міцність, отриману при випробуваннях конструкції. Тоді відношення математичного очікування міцності до будь-якого іншого значення – до розрахункової міцності (обчисленої за нормами проектування) або міцності з визначеною за-

безпеченістю (обчислений імовірнісним методом) буде виражати собою функцію безпеки:

$$f_i = \bar{M} / M_i, \quad (22)$$

де \bar{M} – математичне очікування міцності;

M_i – розрахункова міцність (обчислена за нормами проектування) або міцність з визначеною забезпеченістю (обчислена імовірнісним методом).

Результати оцінки надійності конструкцій з використанням функції безпеки наведені в табл. 3.

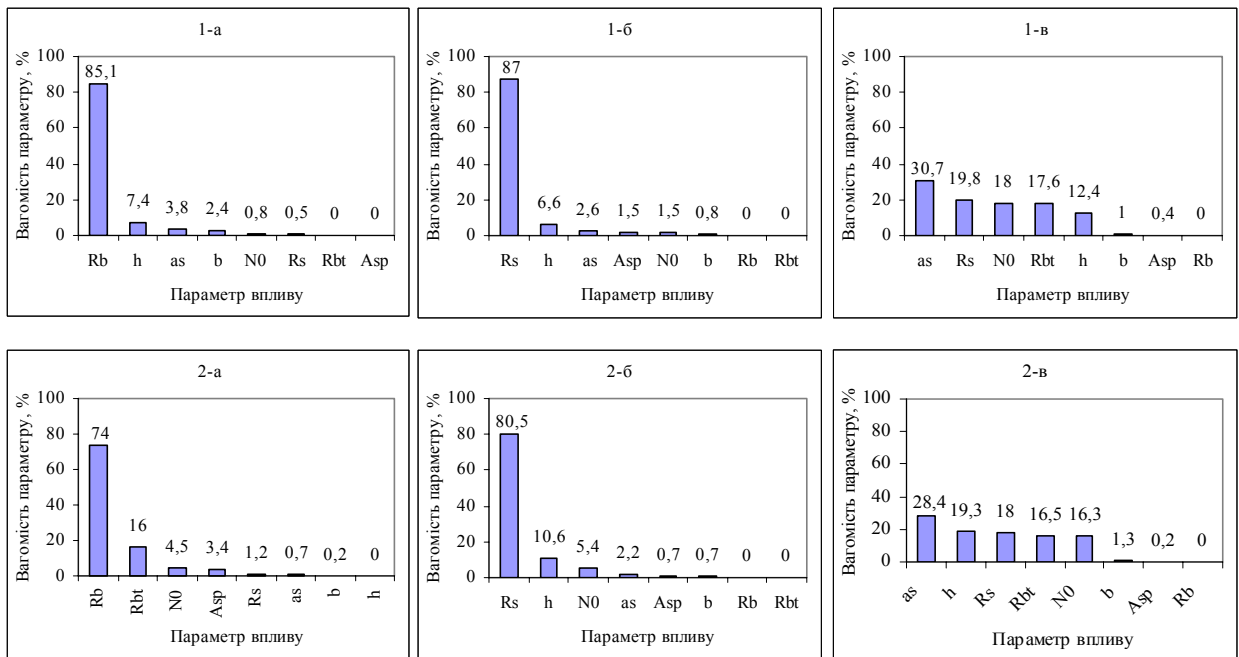


Рис. 3. Діаграми вагомості параметрів впливу в середньому перерізі шпала СБ3-0 за величиною впливу на математичне очікування функції властивостей шпал: 1-а – на витривалість для стиснутого бетону (нормативні значення зміни параметрів); 1-б – на витривалість для розтягнутої арматури (нормативні значення зміни параметрів); 1-в – на стійкість проти появи тріщин (нормативні значення зміни параметрів); 2-а, 2-б, 2-в – відповідні діаграми для фактично-вимірних значень зміни параметрів

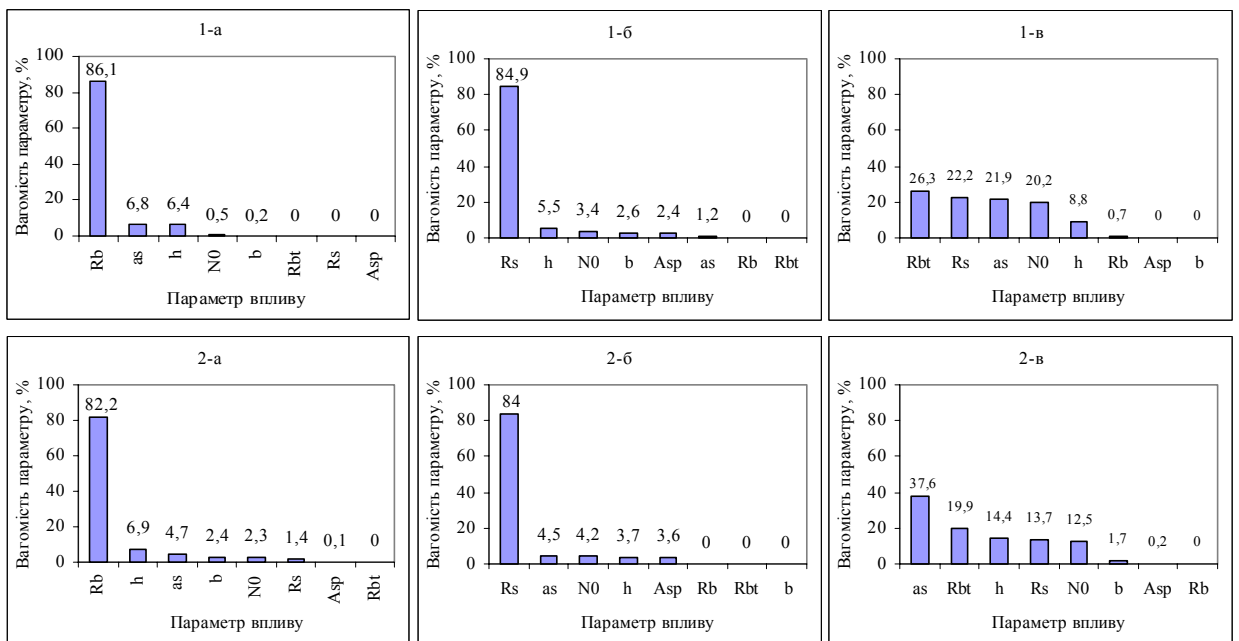


Рис. 4. Діаграми вагомості параметрів впливу в перерізах шпала СБ3-1 за величиною впливу на математичне очікування функції властивостей шпал (нормативні значення зміни параметрів): 1-а – підрейковий переріз, на витривалість для стиснутого бетону; 1-б – підрейковий переріз, на витривалість для розтягнутої арматури; 1-в – підрейковий переріз, на стійкість проти появи тріщин; 2-а, 2-б, 2-в – відповідні показники для середнього перерізу

Дані свідчать, що при врахуванні нормованої змінності визначальних параметрів забезпеченість міцності згинальних залізобетонних

елементів при $\xi/\xi_R < 0,2$ знижена ($f_n < f_{0,99865}$), тобто менша 0,99865.

Також обчислювалось відношення $k = M_{0,99865} / M_{розр}$ ($k = M_{0,95} / M_{розр}$), що характеризує зайві запаси ($k > 1$) або недостатню забезпеченість розрахункової витривалості в порівнянні з забезпеченістю 0,99865 або тріщи-

ностійкістю в порівнянні з забезпеченістю 0,95 (Коефіцієнт запасу міцності $M_{розр}$).

Коефіцієнти запасу розрахункових значень граничних згинаючих моментів по міцності і тріщиностійкості наведені в табл. 4.

Таблиця 3

Значення функції безпеки шпал по згинаючим моментам

Тип расчета	<u>Шпала СБЗ-0</u>					
	Підрейковий переріз			Середній переріз		
	f_c	f_a	f_{crc}	f_c	f_a	f_{crc}
$M_{0,99865}$	$\frac{2,2}{1,6}$	$\frac{1,61}{1,62}$	$\frac{1,21}{1,23}$	$\frac{2,19}{1,55}$	$\frac{1,54}{1,56}$	$\frac{1,23}{1,26}$
$M_{0,95}$	$\frac{1,42}{1,26}$	$\frac{1,26}{1,27}$	$\frac{1,11}{1,11}$	$\frac{1,42}{1,24}$	$\frac{1,24}{1,73}$	$\frac{1,11}{1,13}$
$M_{розр}$	$\frac{1,73}{1,43}$	$\frac{1,88}{1,85}$	$\frac{1,11}{1,09}$	$\frac{1,75}{1,45}$	$\frac{1,71}{1,73}$	$\frac{1,09}{1,08}$
	<u>Шпала СБЗ-1</u>					
	Підрейковий переріз			Середній переріз		
	f_c	f_a	f_{crc}	f_c	f_a	f_{crc}
$M_{0,99865}$	2,1	1,71	1,19	2,57	1,57	1,37
$M_{0,95}$	1,4	1,29	1,1	1,5	1,25	1,18
$M_{розр}$	1,78	1,8	1,11	1,99	1,79	1,12

Примітка: $f_c = \bar{M}_c / M_c$, $f_a = \bar{M}_a / M_a$, $f_{crc} = \bar{M}_{crc} / M_{crc}$.

Таблиця 4

Коефіцієнти запасу розрахункових значень граничних згинаючих моментів за міцністю та тріщиностійкістю

Тип расчета	<u>Шпала СБЗ-0</u>					
	Підрейковий переріз			Середній переріз		
	f_c	f_a	f_{crc}	f_c	f_a	f_{crc}
$M_{0,99865}$	$\frac{0,787}{0,89}$	$\frac{1,163}{1,139}$	-	$\frac{0,796}{0,934}$	$\frac{1,108}{1,113}$	-
$M_{0,95}$	-	-	$\frac{1,006}{0,983}$	-	-	$\frac{0,975}{0,956}$
	<u>Шпала СБЗ-1</u>					
	f_c	f_a	f_{crc}	f_c	f_a	f_{crc}
	$M_{0,99865}$	0,848	1,053	-	0,775	1,141
$M_{0,95}$	-	-	1,011	-	-	0,947

Характеристики безпеки показників (витри-
валості та тріщиностійкості) перерізів шпал
отриманих при розрахунку за нормативними
документами порівняльно до результатів роз-
рахунку імовірнісним методом:

$$\gamma = \frac{\bar{M} - M_{розр}}{\sigma} \quad (23)$$

Імовірність руйнування (відказу):

$$V = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{\gamma^2 - 1}{\gamma^3} \exp \frac{-\gamma^2}{2} \quad (24)$$

Імовірність не руйнування:

$$P = 1 - V \quad (25)$$

Результати оцінки надійності конструкції
шпал (при нормативних значеннях параметрів)
занесені до табл. 5.

Таблиця 5

Результати оцінки надійності конструкції шпал (при граничних значеннях згинаючих моментів)

Тип шпал	Переріз	Показник	\bar{M}	σ	$M_{розр}$	γ	$[\gamma]$	V	P		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
СБЗ-0	Підрейковий	M_c	н	39,55	7,18	22,89	2,32	3	0,00948	0,99052	
			ф	43,06	5,4	30,14	2,39		0,00786	0,99214	
		M_a	н	130,3	16,5	69,5	3,68		0,00011	0,99989	
			ф	129,8	16,6	70,25	3,59		0,00016	0,99984	
		M_{crc}	н	19,56	1,117	17,6	1,75		1,64	0,03293	0,96707
			ф	20,47	1,23	18,77	1,38			0,05292	0,94708
	Середній	M_c	н	20,12	3,65	11,52	2,36	3	0,00865	0,99135	
			ф	22,11	2,62	15,26	2,61		0,00427	0,99573	
		M_a	н	42,73	5	25	3,55		0,00019	0,99981	
			ф	43,54	5,17	25,15	3,56		0,00018	0,99982	
		M_{crc}	н	11,59	0,73	10,67	1,26		1,64	0,05299	0,94701
			ф	11,49	0,785	10,67	1,04			0,01849	0,98151
СБЗ-1	Підрейковий	M_c	36,4	6,38	20,4	2,51	3	0,00576	0,99424		
		M_a	92,5	12,82	51,3	3,21		0,00064	0,99936		
		M_{crc}	20	1,07	18,04	1,83	1,64	0,02856	0,97144		
	Середній	M_c	17,7	3,59	8,9	2,45	3	0,00673	0,99327		
		M_a	57,4	6,96	32	3,65		0,00013	0,99987		
		M_{crc}	7,42	0,673	6,65	1,14	1,64	0,04278	0,95722		

Проаналізувавши матеріали докторської дис-
сертації професора Рибкіна В. В., зокрема – за-
кони розподілення осьових навантажень ваго-
нів на теренах СНД, математичним шляхом бу-
ло визначено найбільше осьове навантаження із
заданим рівнем імовірності 0,994 [5] від рухо-

мого складу, що дорівнювало 262, 32 кН/вісь.
Для цього навантаження за методиками, що
наведені в [5, 6] були розраховані навантажен-
ня і виконаний розрахунок залізничних залізо-
бетонних шпал за методом кінцевих елементів.
В результаті розрахунку були отримані значен-

ня згинаючих моментів що виникають в шпалі при вищезазначеному рівні навантаження.

Характеристики безпеки показників (витривалості та тріщиностійкості) перерізів шпал отриманих при розрахунку за фактичними значеннями згинаючих моментів до результатів

розрахунку імовірнісним методом наведені в табл. 6.

$$\gamma = \frac{\bar{M} - M_{\phi}}{\sigma} \quad (26)$$

Таблиця 6

Результати оцінки надійності конструкції шпал (при фактичних значеннях параметрів)

Тип шпал	Переріз	Показник	\bar{M}	σ	M_{ϕ}	γ	$[\gamma]$	V	P
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
СБЗ-0	Підрейковий	M_c	39,55	7,18	13,44	3,64	3	0,00014	0,99986
		M_a	130,3	16,5	13,44	7,08		0,00000	1,00000
		M_{crc}	19,56	1,117	13,44	5,48	1,64	0,00000	1,00000
	Середній	M_c	20,12	3,65	6,1	3,84	3	0,00006	0,99994
		M_a	42,73	5	6,1	7,33		0,00000	1,00000
		M_{crc}	11,59	0,73	6,1	7,52	1,64	0,00000	1,00000
СБЗ-1	Підрейковий	M_c	36,4	6,38	13,44	3,60	3	0,00016	0,99984
		M_a	92,5	12,82	13,44	6,17		0,00000	1,00000
		M_{crc}	20	1,07	13,44	6,13	1,64	0,00000	1,00000
	Середній	M_c	17,7	3,59	6,1	3,23	3	0,00060	0,99940
		M_a	57,4	6,96	6,1	7,37		0,00000	1,00000
		M_{crc}	7,42	0,673	6,1	1,96	1,64	0,02199	0,97801

Висновки

1, Для забезпечення надійності шпал необхідно контролювати всі параметри факторів впливу, а особливу увагу необхідно приділяти найбільш вагомим з них: міцності бетону на стиск та розтяг, висоті та ширині перерізів шпал, товщині захисного шару бетону над арматурою в середньому перерізі шпал.

2. Шпал типу СБЗ-0 та СБЗ-1 при досягненні граничних значень згинаючого моменту в їх перерізах та нормативних параметрах змінності факторів впливу мають недостатній рівень забезпечення надійності за параметрами витривалості для стиснутого бетону і тріщиностійкості шпал, але, згідно статистичних даних,

досягнення таких рівнів навантажень на залізницях України не спостерігається.

3. Шпал типу СБЗ-0 та СБЗ-1 при фактично вимірних значеннях змінності параметрів факторів впливу та максимальному навантаженні з рівнем імовірності 0,994, є надійними з точки зору всіх розглянутих в статті параметрів.

4. Враховуючи те, що при навантаженнях, що фактично виникають від існуючого рухомого складу, шпал типу СБЗ-0 та СБЗ-1 мають суттєві запаси надійності – доцільна подальша робота зі зміни конструкції шпал з метою покращення характеристик найбільш вагомого фактору впливу – фізико-механічних характеристик бетону шпал та його однорідності.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции [Текст]. – М., 1989. – 79 с.
2. Гвоздев, А. А. Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций [Текст] / А. А. Гвоздев. – М.: Стройиздат, 1978. – 210 с.
3. ДСТУ Б В.2.6-57:2008. Конструкції будинків і споруд. Шпали залізобетонні попередньо напружені для залізниць колії 1520 мм. Технічні умови [Текст]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 28 с.
4. ТУ У 26.6-30268559-174:2006. Технічні умови. Шпали залізобетонні попередньо напружені колії 1520 мм типу СБЗ для рейок типу Р65 і Р50 [Електрон. ресурс]. – Д.: НКТБ ЦП УЗ. – CD, 804 КБ.
5. ЦП-0117. Правила розрахунків верхньої будови колії на міцність і стійкість [Текст]. – К.: Транспорт України, 2006. – 168 с.
6. Железобетонные шпалы для рельсового пути [Текст] / А. Ф. Золотарский [и др.]. – М.: Транспорт, 1980. – 270 с.

Надійшла до редколегії 06.12.2011.

Прийнята до друку 15.12.2011.

Н. В. САВИЦКИЙ, П. А. ПШИНЬКО, А. Н. ЗИНКЕВИЧ

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛ

В статье представлены результаты вероятностного расчета железнодорожных железобетонных шпал типа СБЗ-0, СБЗ-1 и их характеристики надежности.

Ключевые слова: шпала, расчет, железобетон, конструкция, надежность шпал

N. V. SAVITSKIY, P. A. PSHIN'KO, A. N. ZINKEVICH

PROBABILISTIC CALCULATION OF RAILROAD REINFORCED-CONCRETE TIES

The article presents the results of probabilistic calculation of railroad reinforced-concrete ties SB3-0, SB3-1 and their reliability characteristics.

Keywords: railway tie, calculation, reinforced concrete, construction, reliability of railroad ties

ЗАДАЧИ АЭРОДИНАМИКИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ МЕТРОПОЛИТЕНА

Анализ аварийных режимов работы систем тоннельной вентиляции, применяемых в метрополитенах, показал, что они не обеспечивают устойчивое движение газоздушных потоков при пожаре в подвижном составе и его остановке в тоннеле, а также отсутствует методическое обеспечение расчетов устойчивости газоздушных потоков при пожарах в тоннелях. Существующая технология оценки устойчивости вентиляционных потоков, применяемая на угольных шахтах и в автодорожных тоннелях, не позволяет учесть особенности пожаров в метрополитенах.

Ключевые слова: метрополитен, пожаробезопасность, аварийные режимы работы систем тоннельной вентиляции, задачи аэродинамики, устойчивое движение газоздушных потоков

Введение

Анализ особенностей пожаров и аварийных режимов вентиляции в метрополитене показывает, что при возникновении пожара в метрополитене основную опасность представляют опасные факторы пожара (ОФП), воздействие которых может полностью или частично блокировать пути эвакуации пассажиров, к тому же, затрудняют работу пожарных подразделений по спасению пассажиров и тушению пожара. Поиск новых путей решения, связанных с локализацией и тушением пожара, а также создание незадымляемой зоной на пути эвакуации пассажиров и в местах, где предполагается работа пожарных подразделений является актуальной задачей [1].

Целью данной статьи является анализ имеющихся в литературе результатов исследований по вопросам пожаробезопасности метрополитена и формулировка на основе проведенного анализа основных задач по выработке рациональных мероприятий по борьбе с чрезвычайными ситуациями и обеспечению безопасности людей при возникновении пожара в метрополитене.

Изложение основного материала

Одним из основных элементов пожарной безопасности метрополитенов является обеспечение безопасности людей. Их спасение и успешная ликвидация пожаров во многом зависят от правильного выбора и своевременного применения аварийного режима вентиляции. При пожаре в тоннеле или на станции метрополитена существует возможность быстрого распространения продуктов горения и возникновение угрозы для жизни сразу нескольких тысяч людей. В этой связи особого внимания заслуживают наиболее опасные ситуации, когда поезд с

горящим вагоном останавливается в тоннеле и необходимо решать задачи, связанные с обеспечением безопасной эвакуации пассажиров.

Распространение ОФП по тоннелю происходит за очень короткое время – вследствие движения вентиляционных потоков. Для того чтоб создать более комфортные условия для работы пожарных подразделений, обеспечить безопасность эвакуирующимся пассажирам необходимо повысить эффективность аварийных режимов, а этого можно добиться путем применения вентиляционных перемычек. Перемычка диаметром 6м пригодна для перекрытия тоннелей метрополитена. Эксплуатационные параметры: время установки – 2...3 мин., минимальная скорость движения воздуха, при которой перемычка функционирует – 0,5 м/с, вес – 20 кг. Однако, для того чтобы парашютная перемычка перекрыла сечение, необходимо, чтобы сила, действующая на нее, превосходила собственный вес в 1,5...2 раза [2]. Следовательно, в перегонных тоннелях метрополитена, ее можно применять, где скорость движения воздуха составляет 2,5...3,0 м/с. В качестве пассивного способа регулирования воздушных потоков представляют собой воздушные завесы, создаваемые вентиляторами.

Одним из основных элементов обеспечения пожарной безопасности подземных сооружений является система дымоудаления. Главным показателем ее работы при пожарах является обеспечение свежего воздуха на маршрутах эвакуации пассажиров, маршрутах движения пожарных подразделений и подразделений Министерства чрезвычайных ситуаций (МЧС). Это в полной мере относится ко всем тоннелям, включая и тоннели метрополитенов [3].

В большинстве метрополитенов используется реверсивная система вентиляции. Она составляет основу системы тоннельной вентиля-

ции метрополитенов, на которую возложены функции удаления дыма и нагретых пожарных газов. В настоящее время выбор режимов работы вентиляторов при пожарах в метрополитенах Украины регламентирует инструкция 4095 [4]. В ней предусматриваются различные варианты включения вентиляторов, в зависимости от места возникновения пожара.

Основным этапом выбора аварийного режима проветривания пожарного объекта является оценка величины тепловой депрессии пожара [2]. Тепловая депрессия пожара рассматривается как приращение статического давления вдоль выработки за счет уменьшения плотности (веса) воздуха в результате его нагревания. Эта депрессия воздействует на объем газоздушного потока в целом, и рассматривается как дополнительный источник тяги от нижнего конца выработки к верхнему (по высотным отметкам). Оценка устойчивости проветривания тоннелей метрополитена при пожарах сводится к определению критических параметров тоннелей в аварийных режимах работы системы тоннельной вентиляции и сопоставлении их величин с расчетными величинами тепловой депрессии пожара.

При возникновении пожара на станции основной опасностью является поступление продуктов горения в эскалаторные ходки, переходы и вестибюли. При этом продукты горения могут полностью или частично блокировать пути эвакуации пассажиров, в то же время, затрудняя доступ на станцию пожарным подразделениям. Частичное решение этой задачи обеспечивается на станциях, у входов на эскалаторы, установкой противодымных барьеров. В этой связи, достаточно актуальным является решение задачи по обеспечению устойчивого нисходящего движения потока воздуха по эскалаторным ходкам. Этот вопрос представляет собой интерес не только с точки зрения обеспечения безопасной эвакуации пассажиров, но и с точки зрения эффективности ликвидации пожаров, так как быстрое начало тушения уменьшает материальные затраты на тушение и убытки метрополитена.

В нормальных условиях, нисходящее движение воздуха по эскалаторному ходу должно обеспечиваться работой системы тоннельной вентиляции «на вытяжку», когда вентиляторы, расположенные у станций и на ближайшем перегоне забирают воздух из тоннелей и «выдают» его на поверхность. Однако такой режим проветривания ходка эскалатора не всегда возможен, прежде всего, из-за наличия естествен-

ной тяги, которая формируется за счет разности температур, в вентиляционном контуре, включающем эскалаторные ходки и вентиляционные шахты. Эта тяга возникает из-за разности высотных отметок тоннелей и поверхности земли. Разница высотных отметок определяет глубину заложения станции. Таким образом, нисходящему движению воздуха по эскалаторному ходу препятствует действие естественной тяги. В теплое время года температура воздуха, поступающего с поверхности, как правило, выше, чем в вентиляционной шахте, а зимой для этой цели воздух нагревают калориферные установки. В нормальных условиях работы метрополитена направлению движения в эскалаторных ходках, как правило, не придают большого значения. Тем более что под действием поршневого эффекта движущихся поездов оно может изменяться. При возникновении пожара на станции, при остановке поездов, при восходящем движении воздуха в эскалаторных ходках, существует угроза поступления в него нагретых продуктов горения и возникновения тепловой депрессии. На станциях глубокого заложения это практически невозможно.

Вышеприведенное показывает, что задача обеспечения устойчивого нисходящего движения воздуха по эскалаторным ходкам, сводится к тому, чтобы, с одной стороны предупредить быстрое поступление нагретых продуктов горения в эти ходки, а с другой стороны, обеспечить оперативный перевод в режим «вытяжки». Количество вентиляторов, необходимых для преодоления действия естественной тяги и обеспечения нисходящего движения воздуха в эскалаторных ходках, для каждой станции лучше всего определять экспериментально. Однако точные расчеты здесь затруднены из-за отсутствия информации о высотных отметках, но даже приблизительные оценки показывают, что в вентиляционных контурах с двухступенчатыми эскалаторными ходками естественная тяга, для холодного время года, может составить 50 Па и более. Преодолеть противодействие такой естественной тяги только за счет работы системы тоннельной вентиляции, очень сложно. Интересным решением является использование подвижного состава в качестве своеобразных регуляторов, повышающих влияние вентиляторов на режим проветривания эскалаторных ходков.

Исследованиям вопросов дымоудаления и работы системы тоннельной вентиляции метрополитенов посвящены работы Цодикова В. Я. [5, 6], Беляцкого В. П., Виноградова Ю. И.,

Бондарева В. Ф., Рыжова А. М., Махина В. С. и др. [2]. Вместе с тем, необходимо отметить, что рассматривая вопросы дымоудаления в комплексе с вопросами устойчивости газоздушных потоков в тоннелях метрополитена, авторы работы [2] ориентируются на методики, разработанные для угольной отрасли. Все элементы (этапы) технологии выбора и оценки эффективности аварийных вентиляционных режимов, разработанные для угольной отрасли, почти в полной мере, применимы для метрополитенов. Однако, основная сложность состоит в отсутствии методического обеспечения применения этой технологии для метрополитенов.

Здесь нельзя провести аналогию и с автодорожными тоннелями.

Многие работники метрополитенов, пожарных служб и ученые вообще придерживаются того мнения, что:

- в системах метрополитенов или вовсе нет независимой системы воздушных потоков, или
- система потоков полностью обуславливается характеристиками ветра в наружной зоне у порталов тоннелей или
- движение воздуха «в глубине тоннеля» управляется только движением поездов.

Эти допущения оказались неверными. Если оценка распространения вредных веществ в простых транспортных тоннелях может быть произведена относительно легко, то этого нельзя утверждать в отношении тоннельных сооружений метрополитенов. Железнодорожные или автодорожные тоннели из одной или двух труб, как правило, имеют мало поперечных соединений, а оба противоположных портала являются главными отверстиями. Метрополитен, напротив, представляет собой сложную сетевую систему с многочисленными вертикальными и горизонтальными поперечными соединениями. Система воздушных потоков в такой сети тоннелей и станций, в отличие от простых тоннелей с их двумя возможными направлениями воздушных потоков, имеет большую возможность варьирования; это влияет и на определение возможных путей проведения спасательных работ и на направление вывода людей из опасного пространства. В случае пожара или террористического акта состояние этой системы потоков оказывает существенное влияние на распространение дыма, химических и биологических веществ внутри системы метрополитена и в прилегающих к ней зон на поверхности земли. То обстоятельство, что распространение дыма и других ядовитых веществ зависит только от характеристик рассматриваемых потоков,

то есть от воздухообмена между станцией и тоннелем, а также между метрополитеном и внешней атмосферой указывает на необходимость увеличения исследований в этой области с целью предотвращения катастроф или обеспечения эффективного устранения их последствий.

Следует констатировать и тот факт, что обзор зарубежных исследований в области распространения воздушных потоков в подземных сооружениях метрополитена [7] показывает, что в отношении динамики воздушных потоков в подземных тоннельных системах речь идет о чрезвычайно сложной структуре, обуславливаемой воздействиями многочисленных факторов. В ходе выполненных до сих пор исследований было установлено, что речь может идти не о простом, непрерывном, равномерно сформированном движении воздуха, а о системе потоков высокой сложности, отличающихся чрезвычайно разнообразным варьированием в пространстве и времени. А также было доказано наличие в тоннелях основного и фоновых воздушных потоков, не зависящих от движения поездов и работы вентиляционных устройств. Поэтому необходимо проведение ряда научных исследований.

Следует указать и на то, что каждая система метрополитена из-за строительных, геологических и других особенностей имеет свою собственную динамику воздушных потоков, которая должна специально изучаться для выбора оптимальных действий при чрезвычайных ситуациях.

Выводы

Для выработки рациональных мероприятий по борьбе с чрезвычайными ситуациями в метрополитене необходимо решить следующие задачи:

1. Провести теоретические исследования особенностей теплопереноса при пожаре в тоннеле метрополитена и разработать методику расчета тепловых факторов пожара.
2. Исследовать особенности определения критических параметров газоздушных потоков в тоннелях метрополитена и разработать методику их расчета.
3. Исследовать особенности вентиляционной сети линии и разработать для нее схемы вентиляции и вентиляционных соединений.
4. Определить аэродинамические параметры вентиляционной сети линии метрополитена.

5. Исследовать особенности формирования аварийных вентиляционных режимов в условиях линии метрополитена.

6. Разработать методику оценки устойчивости вентиляционных потоков при пожаре в вагоне и остановки поезда в тоннеле метрополитена.

7. Разработать математические модели и исследовать аварийные ситуации с целью выработки рациональных мероприятий по борьбе с чрезвычайными ситуациями в метрополитене (локализация пожара, борьба с распространением ядовитых газов и т.д.).

8. Разработать программное обеспечение (информационную систему) для ускорения ввода в действие аварийной вентиляции метрополитена.

9. Разработать аварийные режимы работы тоннельной вентиляции для линии метрополитена.

10. Введение аварийного режима должно сопровождаться выполнением ряда организационно-технических решений:

- дополнительно повысить эффективность аварийных режимов можно путем применения вентиляционных перемычек, устанавливаемых пожарными после возникновения пожара;

- целесообразна установка воздушных завес, создаваемых вентилятором со щелевым раздаточным устройством;

- для предупреждения поступления нагретых продуктов горения в эскалаторные ходки на станциях глубокого заложения необходимо оборудовать противодымные барьеры входов на эскалаторы и включить на вытяжку ближайшие к станции вентиляторные установки;

- в тех случаях, когда работа вентиляторных установок метрополитена не обеспечивает ус-

тойчивое нисходящее движение воздуха по эскалаторным ходкам, для повышения устойчивости следует предусматривать использование пустых составов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Косар, А. М. Розробка метода і технічних засобів забезпечення безпеки людей при пожежах у метрополітені [Текст] / А. М. Косар. – Макіївка, 2002. – 28 с.
2. Розробити аварійні режими вентиляції Салтівської лінії Харківського метрополітену на випадок пожеж та інформаційне забезпечення задіяння аварійної вентиляції [Текст] : отчет о НИР / НИИГД, Донецк, 2001. – 535 с.
3. Власов, С. Н. Аварийные ситуации при строительстве и эксплуатации транспортных тоннелей и метрополитенов [Текст] / С. Н. Власов, Л. В. Маковский, В. Е. Меркин. – М.: ТИМР, 1997. – 183 с.
4. СНиП II-40-80. Метрополитены [Текст]. Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1981. – № 2. – С. 71–73.
5. Цодиков, В. Я. Вентиляция и теплоснабжение метрополитенов [Текст] / В. Я. Цодиков. – М.: Недра, 1975. – 313 с.
6. Цодиков, В. Я. Взаимодействие системы тоннельной вентиляции и поршневого эффекта движущихся в метрополитене поездов [Текст] / В. Я. Цодиков // Транспортное строительство. – 1974. – № 5. – С. 47–49.
7. Андросюк, В. Н. Система воздушных потоков в метрополитенах, ее роль в предупреждении и ликвидации последствий катастроф [Текст] / В. Н. Андросюк // Сб. обзорной информации «Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях». – М., 2002. – Вып. № 5. – С. 84–89.

Поступила в редколлегию 24.11.2011.

Принята к печати 07.12.2011.

С. А. ГРЯЗНОВА, Н. В. ХВОРОСТ

ЗАДАЧІ АЕРОДИНАМІКИ ІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖОБЕЗПЕКИ МЕТРОПОЛІТЕНА

Аналіз аварійних режимів роботи систем тунельної вентиляції, що застосовуються в метрополітенах показав, що вони не забезпечують сталий рух газоповітряних потоків при пожежі в рухомому складі та його зупинці в тунелі, а також відсутнє методичне забезпечення розрахунків стійкості газоповітряних потоків при пожежах в тунелях. Існуюча технологія оцінки стійкості вентиляційних потоків, що застосовується на вугільних шахтах і в автодорожніх тунелях не дозволяє врахувати особливості пожеж в метрополітенах.

Ключові слова: метрополітен, пожежна безпека, аварійні режими роботи систем тунельної вентиляції, задачі аеродинаміки, сталий рух газоповітряних потоків

AERODYNAMIC PROBLEMS ON PROVIDING FIRE SAFETY IN SUBWAY

Analysis of the emergency operation modes of tunnel ventilation systems used in subways has shown that these modes do not provide the steady gas-air flows in case of fire in the rolling stock and its stop in the tunnel; and there is no methodological support for calculations of stability of gas-air flows in tunnel fires. The existing technology for assessing the stability of ventilation flows applied in coal mines and road tunnels can not account for the peculiarities of fires in subways.

Keywords: subway, fire safety, emergency operation modes of tunnel ventilation systems, aerodynamic problems, steady motion of gas-air flows

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В МОДИФИЦИРОВАННЫХ БЕТОНАХ

В работе исследованы этапы структурообразования в модифицированных бетонах, влияние технологических особенностей производства на морфологию структурных составляющих цементных кристаллогидратов, показаны пути разработки новых составов бетонов с повышенными физико-механическими характеристиками.

Ключевые слова: модифицированные бетоны, цемент, структурообразование, морфология кристаллогидратов, физико-механические характеристики

Развитие мировой строительной индустрии, совершенствование известных и создание новых строительных материалов способствует возникновению новых практических задач решаемых только благодаря использованию научных методик инженерного материаловедения. Существенного повышения свойств самых распространённых строительных материалов на цементной основе достигают путем изменения минералогического и фракционного состава цемента, с помощью технологических приёмов повышая его активность и дисперсность. Однако современные технологии проектирования составов бетонов не объясняют механизмы влияния известных факторов на структурообразование цементного камня. Управление физико-механическими свойствами осуществляются методами контроля механических и физических характеристик бетонов без анализа их физической основы.

Основной задачей данной работы является управление свойствами строительных материалов на основе цементов на базе исследования структурообразования и влияния модификаторов на морфологию и химический состав структурных составляющих бетонов, микро- и макроструктуру.

Материалом исследований служили бетоны и строительные растворы на основе цементов М400 и М500 Криворожского и Балаклейского заводов с заполнителями: щебень фракции 5÷20 мм, песок с модулем крупности 1,2÷1,6. В качестве модификаторов использовались комплексные химические добавки ПЛКП производства ЧП «Логия», г. Днепропетровск, Украина.

Исследование структурообразования на различных стадиях твердения бетонов проводили с помощью разработанной методики включающей фиксирование структуры на ранних стадиях гидратации цемента, изучение кристаллообразования с помощью электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа.

Применение химических и минеральных добавок в бетоны и строительные растворы прочно вошло в культуру современного строительного производства. Указанные добавки значительно (в подавляющем большинстве более чем на 50 %) повышают технологические и физико-химические свойства этих материалов. Быстрое развитие мировых технологий привносит на рынок стройматериалов новые гиперпластификаторы и искусственные заполнители (фибра, микрокремнезем, тонкомолотые золы ТЭЦ и т. п.). Наиболее технологичными и рентабельными являются комплексные химические добавки.

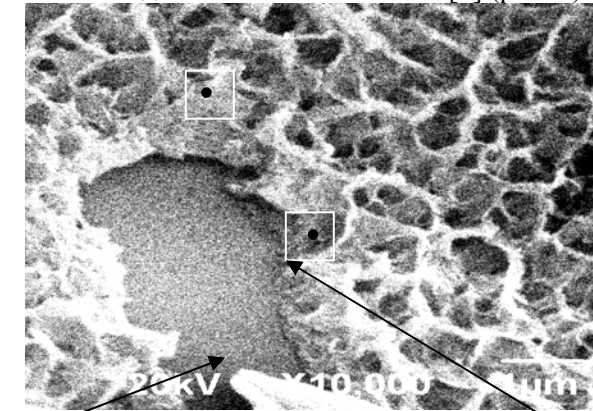
Конструирование композиций химических добавок эмпирическим методом без учета влияния их на дисперсность, морфологию и размеры структурных составляющих, адсорбционные процессы не позволяет эффективно управлять физико-механическими свойствами бетонов.

Исследование влияния модификаторов ПЛКП на структурообразование в бетонах осуществлялось поэтапно, начиная с изучения характеристик составных частей композиций, а затем проводилось исследование комплексной добавки.

В качестве основных компонентов добавок ПЛКП используются электролит из смеси солей роданида, тиосульфата и сульфата натрия, суперпластификаторов С-3 и амкироза, наиболее широко используемого гиперпластификатора поликарбоксилата.

Реологические и физико-механические свойства бетонной смеси в значительной степени зависят от вида, крупности и формы песка и щебня, плотности их упаковки в единице объема. Чем тоньше цементная прослойка между указанными заполнителями, тем выше эксплуатационные характеристики бетона. Использование тонкодисперсных минеральных добавок в сочетании с приёмами расчета фракционного состава щебня разномодульного пес-

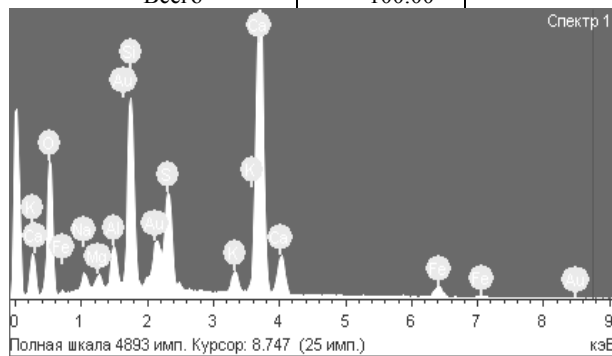
ка позволяет достигать толщин растворных прослоек соизмеримых с размерами диффузных слоев жидкости вокруг частиц. При этом структура указанных слоев в бетоне на ранних стадиях твердения представляет собой гелевые кристаллогидраты, обладающие высокой вязкостью и адгезией к заполнителям [1] (рис. 1).



Диффузионный слой кристаллогидратов
Поверхность заполнителя

$a \times 10\ 000$

Химический элемент, K α	Массовый %	Атомный %
O	54.89	72.46
Na	1.58	1.45
Mg	0.89	0.77
Al	1.93	1.51
Si	8.27	6.22
S	5.86	3.86
K	1.42	0.77
Ca	23.12	12.18
Fe	2.05	0.78
Всего	100.00	

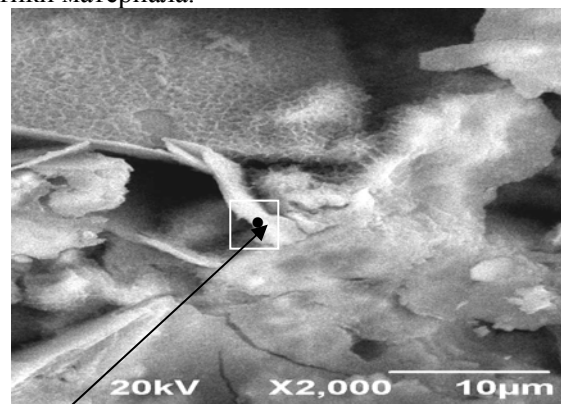


b

Рис. 1. Микроструктура (а) и химический состав (б) бетона модифицированного противоморозной добавкой ПЛКП (7 суток твердения)

При размере частицы заполнителя в диаметре более 100 мкм (см. рис. 1, а, 2, а), толщина диффузного слоя кристаллогидратов достаточно велика и составляет порядка 1 мкм (рис. 1, а). Микроструктура слоя неоднородна. Её дисперсность увеличивается по направлению к поверхности частицы песка (заполнителя). Так, например, у поверхности частицы средний диаметр пор гелевых кристаллогидратов не превышает 100 нм, а на расстоянии 1 мкм диаметр пор уве-

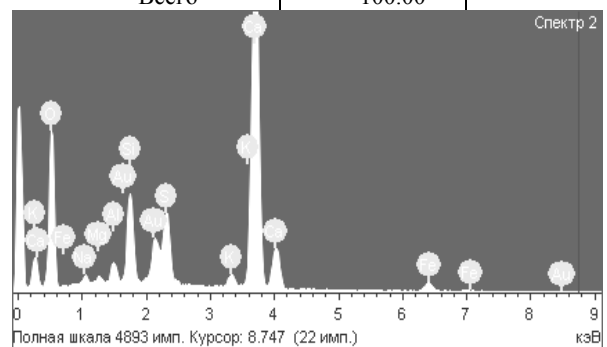
личивается на порядок и составляет в среднем 1 мкм. В мелкодисперсном диффузном слое кристаллогидратов содержится в два раза большее количество натрия, магния, алюминия кремния и калия (рис. 1) относительно концентрации этих элементов в крупных пластинчатых кристаллах модифицированного этtringита (рис. 2). Поэтому, в этом слое преобладает гетерополярная, электрвалентная ионная связь. Элементы с большими валентностями (способностями атома соединяться с точно определённым числом атомов других элементов), например, алюминий, кремний и малыми радиусами ионов, например натрий, калий, магний увеличивают силы взаимодействия между противоположно заряженными ионами, а, следовательно, твердость, термостойкость и другие характеристики материала.



Спектр модифицированного этtringита

$a \times 2\ 000$

Химический элемент, K α	Массовый %	Атомный %
O	61.74	78.71
Na	0.77	0.69
Mg	0.41	0.35
Al	1.01	0.76
Si	3.88	2.82
S	4.06	2.58
K	0.83	0.43
Ca	25.71	13.08
Fe	1.59	0.58
Всего	100.00	



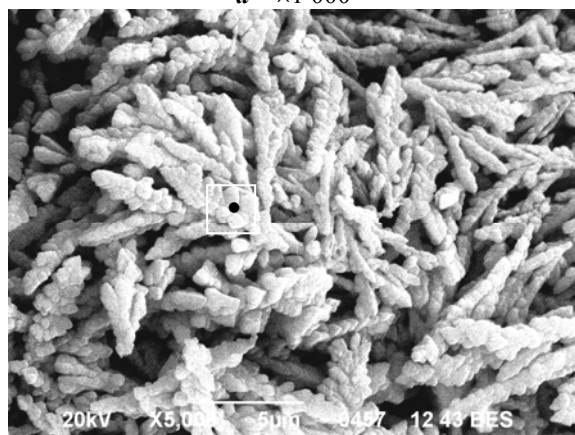
b

Рис. 2. Микроструктура (а) и химический состав (б) бетона модифицированного противоморозной добавкой ПЛКП (7 суток твердения)

Наличие избыточных воды затворения и цемента при использовании современных гиперпластификаторов и тонкодисперсных минеральных добавок инициирует формирование грубой дендритной структуры искусственного камня (рис.3, а, б), которая снижает физико-механические характеристики бетонов и увеличивает количество гидратной составляющей в структуре цементного камня (рис. 3 - 4).



а ×1 000



б ×5 000

Рис. 3. Микроструктура цементного кристаллогидрата на ранних стадиях твердения (3 сутки)

При использовании современных средств влияния на технологические и физико-механические свойства бетонов необходимо учитывать то обстоятельство, что чем мощнее средство, тем строже должна выполняться технологическая дисциплина в строительном производстве. Таким образом, применение гиперпластификаторов требует точного соблюдения заданного водоцементного соотношения.

Однако, способом огрубления структуры цементного камня при увеличении водоцементного соотношения возможно досконально исследовать морфологию и химический состав кристаллов цементного камня, образующегося при использовании различных цементов, добавок и заполнителей.

Элемент, Kα	Массовый %	Атомный %
O	61.15	79.37
Na	1.46	1.32
Mg	0.41	0.35
Al	1.88	1.44
Si	5.53	4.09
K	0.32	0.17
Ca	16.29	8.44
Fe	12.96	4.82
Всего	100.00	

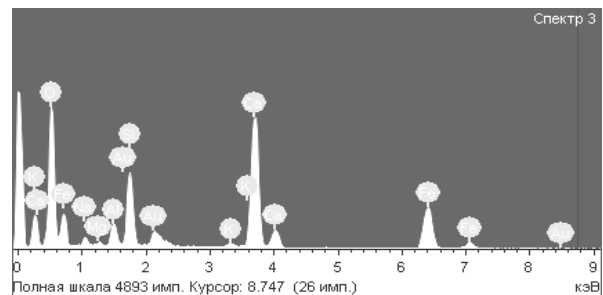


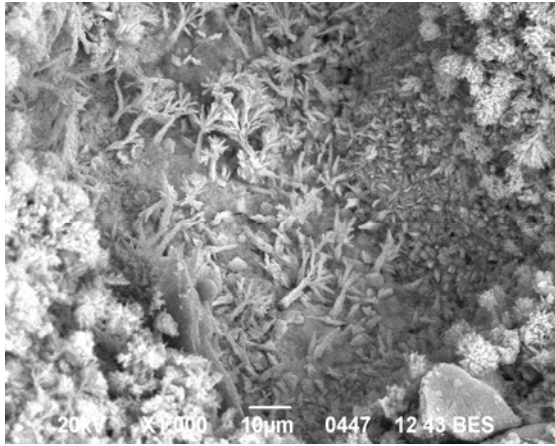
Рис. 4. Химический состав цементного кристаллогидрата на ранних стадиях твердения (3 сутки)

Так, например, модификатор поликарбоксилатного типа формирует дендритные кристаллы особой формы (рис. 5, а, б), наличие которых или их фрагментов в структуре цементного камня идентифицирует использование данного гиперпластификатора.

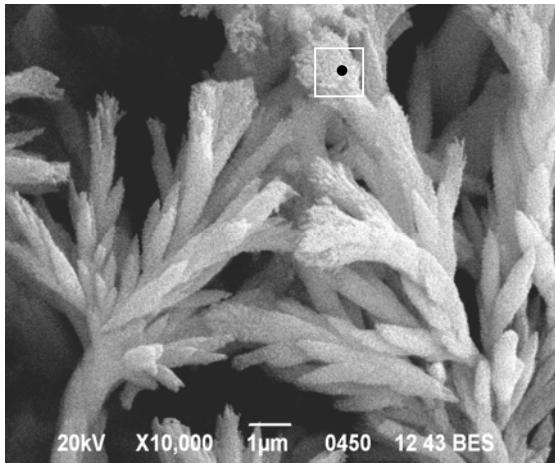
Химический состав этtringита в бетоне с добавкой поликарбоксилата представляет собой модифицированный железом, алюминием, натрием, магнием, калием гидрат двух кальциевого силиката (рис. 6). При разложении указанного кристалла наблюдаются его морфологические особенности, а именно разветвление длинномерных волокон кальцинированных гидратов модифицированных кремнием, алюминием и железом (рис. 5, б).

Применение поликарбоксилатов при изготовлении бетонных смесей связано не только с трудностями строжайшего соблюдения технологической дисциплины, но и высокой ценой данного продукта, а также с совместимостью данного гиперпластификатора с сырьевыми материалами бетонной смеси. Наиболее благополучными в этом отношении являются компоненты комплексных добавок, производимых на территории СНГ: С-3, амкироз, электролиты солей. Применение каждой из этих добавок в отдельности не позволяет получать комплекс физико-механических характеристик бетонов сопоставимый с таковым при использовании гиперпластификаторов. Однако комплекс ком-

понентов в добавке обеспечивает бетону заданные высокие свойства.



a ×1 000



б ×10 000

Рис. 5. Микроструктура цементных кристаллогидратов, модифицированных полиакрилатом

Элемент, Кα	Массовый %	Атомный %
O	59.87	78.15
Al	0.72	0.56
Si	3.87	2.88
Ca	34.81	18.14
Fe	0.73	0.27
Всего	100.00	

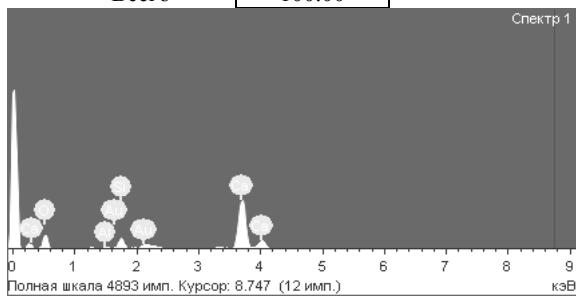
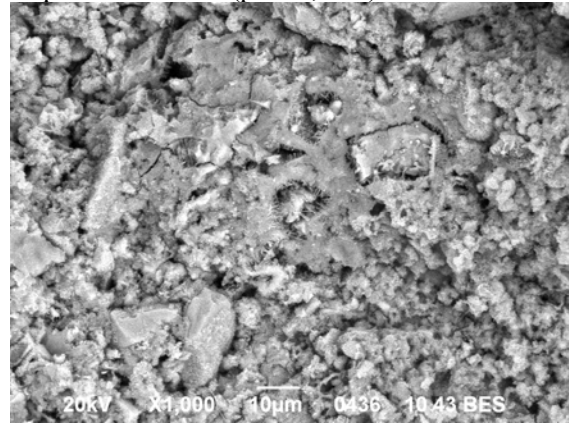


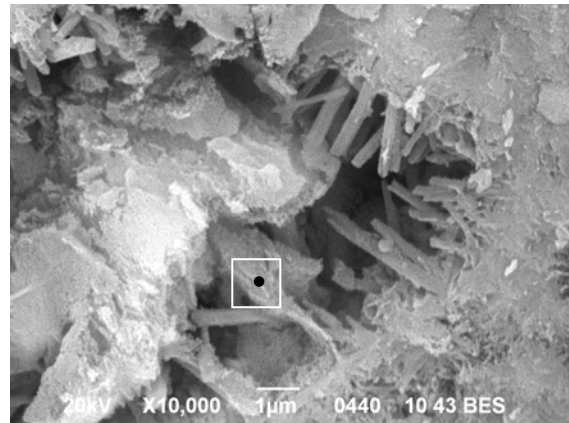
Рис. 6. Химический состав цементных кристаллогидратов, модифицированных полиакрилатом

Добавка С-3 позволяет снизить водоцементное отношение при заданной пластичности, за счет этого повысить прочность бетона на сжатие, однако, формирующаяся при этом грубая пластинчатая структура цементного камня не

способствует значительному повышению морозостойкости, водонепроницаемости, прочности материала на изгиб (рис. 7, а, б).



a ×1 000



б ×10 000

Рис. 7. Микроструктура цементных кристаллогидратов, модифицированных добавкой С-3

Элемент, Кα	Массовый %	Атомный %
O	58.99	77.13
Mg	0.79	0.68
Al	2.42	1.88
Si	3.80	2.83
S	3.21	2.10
K	0.26	0.14
Ca	25.80	13.46
Ti	0.30	0.13
Fe	4.43	1.66
Всего	100.00	

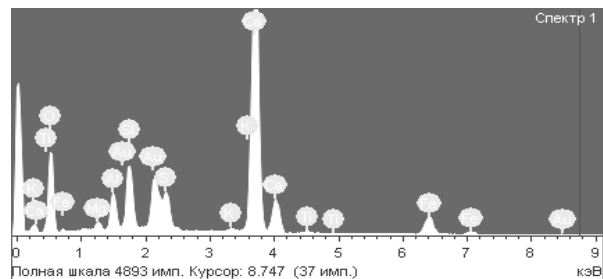


Рис. 8. Химический состав цементного камня модифицированного добавкой С-3

Использование в качестве модификатора смеси электролита солей роданида, тиосульфата

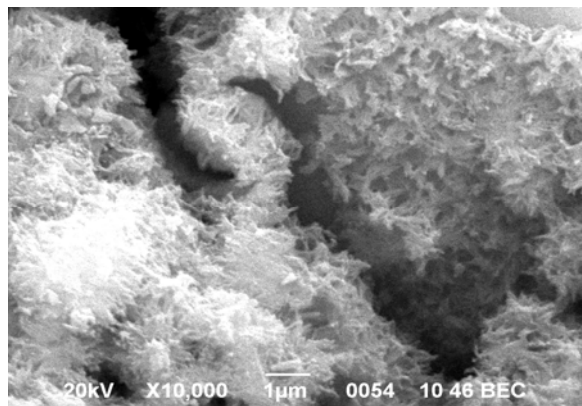
и сульфата натрия и пластификатора амкироза позволяет значительно измельчить и диспергировать структурные составляющие, изменить морфологию цементного камня по типу нитевидных или игольчатых кристаллов, содержащих меньшее количество гидрат ионов (рис. 8, 9) и имеющих прочность по данным авторов [2] в два раза более высокую, чем у пластинчатых кристаллов. Кроме того, значительное измельчение структурных составляющих до диаметров порядка 100 нм, приводит к совершенствованию внутренней структуры кристаллов (уменьшению в них количества дефектов), что приближает их механические характеристики к таковым у идеального кристалла.

Как видно из рисунков 7-9, игольчатые кристаллы относительно пластинчатых содержат в 1,84 раза больше атомных процента кальция и в 1,6 раз больше кремния. Повышение в 1,3 раза количества атомарного кислорода указывает на относительно большее количество гидрат-ионов в пластинчатых кристаллах. Особенности формирования игольчатых структур способствуют ускоренному получению заданной прочности, повышая структурную однородность цементного камня.

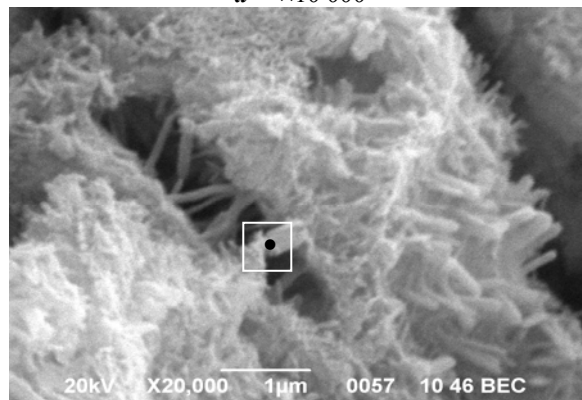
Совместное использование электролита, амкироза и добавки С-3 позволяет аккумулировать преимущества отдельных добавок при устранении недостатков каждой из них. Так, например, формирование структуры кристаллов пластинчатой и нитевидной формы с толщинами или диаметрами порядка 100 нм (рис. 9, б) обеспечивает высокие механические характеристики бетону, сопоставимые с полученными при использовании гиперпластификатора поликарбоксилат.

Указанный комплекс модификаторов значительно упрощает технологию, так как расширяет, относительно гиперпластификаторов, интервал оптимальных значений физико-механических характеристик от концентрации добавки в бетонной смеси. Кроме того, компоненты в добавки совместимы со всеми цементами, производимыми в Украине и России. Разработанная добавка ПЛКП менее чувствительна, чем поликарбоксилаты, к загрязненности сырья и использованию не оптимальных фракционных составов щебня, песка и водоцементного соотношения в бетонной смеси, таким образом, более рентабельна.

Механические характеристики бетонов с использованием поликарбоксилатов и предложенной комплексной добавки представлены на рисунках 10, 11.

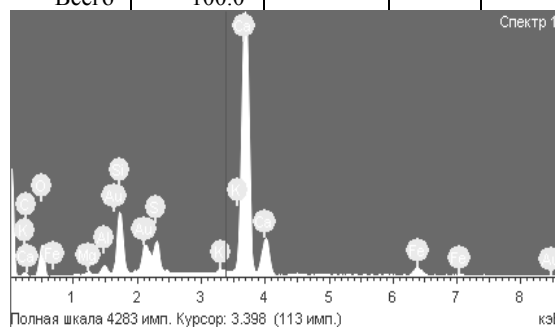


a ×10 000



б ×20 000

Элемент, Ко	Массовый %	Атомный %	Соед. %	Формула
C	3.42	6.67	12.53	CO ₂
Mg	0.34	0.33	0.57	MgO
Al	0.92	0.80	1.73	Al ₂ O ₃
Si	5.47	4.56	11.70	SiO ₂
S	3.76	2.75	9.39	SO ₃
K	0.47	0.28	0.56	K ₂ O
Ca	42.35	24.74	59.26	CaO
Fe	3.31	1.39	4.26	FeO
O	39.96	58.49		
Всего	100.0			

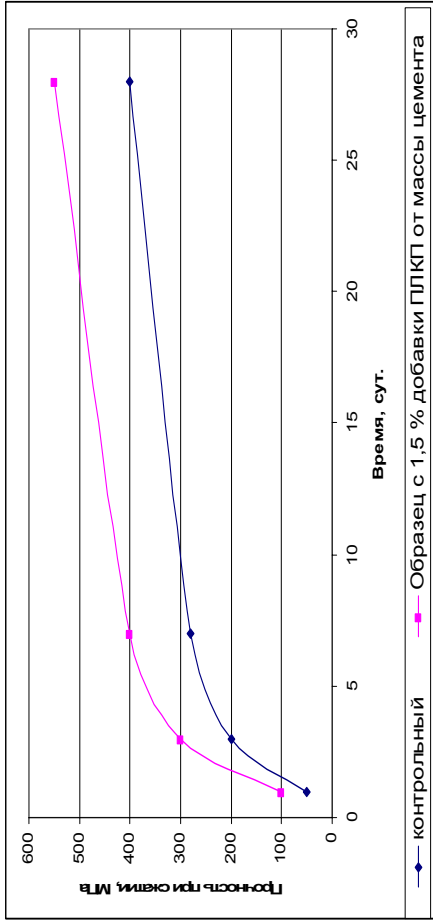


в

Рис. 9. Микроструктура (а, б) и химический состав (в) кристаллогидратов цементного камня модифицированного добавкой электролита и амкироза

Как следует из рисунков, добавка ПЛКП обеспечивает высокие механические характеристики бетону, сравнимые с таковыми при применении гиперпластификаторов, работает при использовании цементов любой активности.

а



б

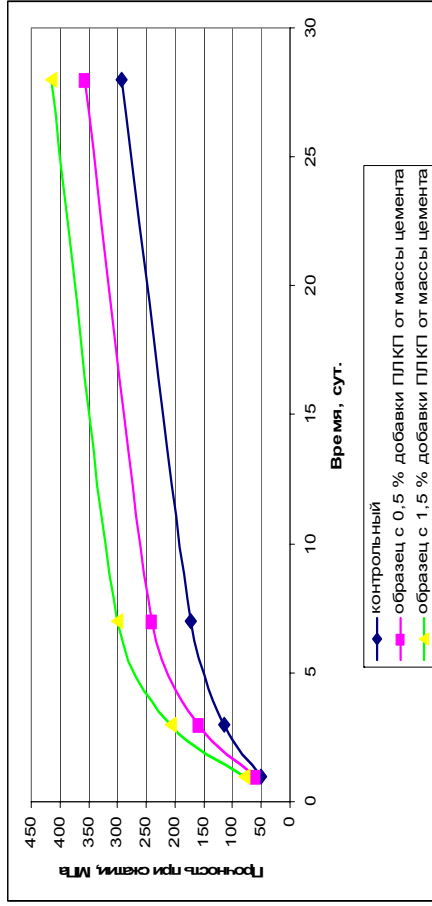


Рис. 12. Влияние дозировки добавки ПЛКП на кинетику затвердевания цементного камня*
 *— в эксперименте осадка конуса образцов бетона равнялась 20 ± 1 см, использован цемент марки 400ШЩ Криворожского цементного завода с максимальной (а) и минимальной (б) активностями

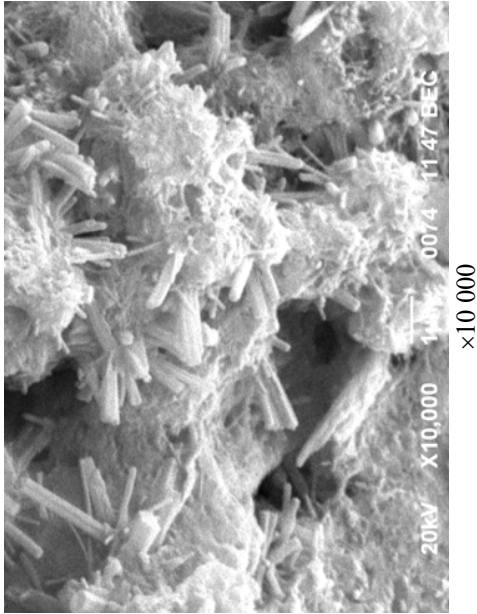


Рис. 10. Микроструктура кристаллогидратов цементного камня модифицированного комплексной добавкой ПЛКП

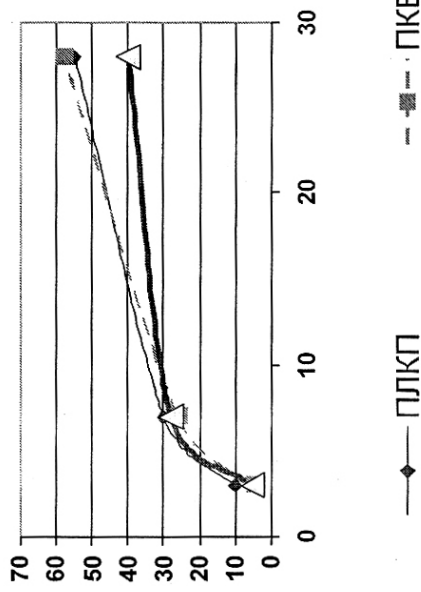


Рис. 11. Зависимость прочности на сжатие бетонов модифицированных добавкой ПЛКП и поликарбонатом (ПКБ), где Δ – контрольный образец

Выводы

1. Используемые в работе методы инженерного материаловедения позволили разработать комплексную химическую добавку с использованием суперпластификатора, конкурирующую по свойствам с добавками на основе гиперпластификаторов.

2. Использование знаний о структурообразовании в цементных растворах позволяет надёжно контролировать соблюдение технологического режима при производстве изделий из бетонов и цементных растворов, идентифицировать химический состав используемых добавок и судить о точной регламентации компонентов смесей. Таким образом, фрактографические исследова-

ния изломов материалов позволяют определять все технологические особенности формирования данной структуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахвердов, И. Н. Основы физики бетона. [Текст] / И. Н. Ахвердов.– М. : Стройиздат. – 1981. – 464 с.
2. Пашенко, А. А. Вяжущие материалы. [Текст] / А. А. Пашенко, В. П. Сербин, Э. А. Старчевская. 2-е изд. – К. : Высш. шк., Голов. из-во, 1985. – 440 с.

Поступила в редколлегию 20.09.2011.

Принята к печати 05.10.2011.

В. В. КОВАЛЕНКО

СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ В МОДИФІКОВАНИХ БЕТОНАХ

В роботі досліджено етапи структуроутворення в модифікованих бетонах, вплив технологічних особливостей виробництва на морфологію структурних складових цементних кристалогідратів, показано шляхи розробки нових складів бетонів з підвищеними фізико-механічними характеристиками.

Ключові слова: модифіковані бетони, цемент, структуроутворення, морфологія кристалогідратів, фізико-механічні характеристики

V. V. KOVALENKO

STRUCTURE FORMATION IN MODIFIED CONCRETES

We studied the stages of structure formation in modified concretes, the impact of technological peculiarities of production on the morphology of the structural components of cement crystal hydrate, are shown ways to develop new formulations of concrete with improved physical and mechanical characteristics.

Keywords: modified concretes, cement, structure formation, morphology of crystal hydrate, physical and mechanical characteristics

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

В статті наведені результати аналізу напружено-деформованого стану земляного полотна при модернізації.

Ключові слова: земляне полотно, модернізація, протидеформаційні заходи

Кроме объемов строительства железных дорог в Украине также увеличиваются объемы ремонта и реконструкции земляного полотна, в том числе и при модернизации под скоростное движение. Такое увеличение объемов требует внедрения новых технических решений по уменьшению деформаций основной площадки земляного полотна и, соответственно, увеличению сроков его нормальной эксплуатации.

В настоящее время предложены новые решения, заключающиеся как в усилении земляного полотна геосинтетическими материалами, так и в изменении его поперечного сечения с образованием бERM, banquetов и контрбанкетов, и требующие научного обоснования. Причем, сравнение решений с дальнейшей их оптимизацией требует комплексного анализа различных параметров, таких как прочность земляного полотна, обеспечивающая нормативный срок эксплуатации и номинальные денежные затраты на переустройство и его реконструкцию.

Комплексность анализа и дальнейшей оптимизации параметров земляного полотна обеспечивает привлечение при рассмотрении конкретной ситуации большего объема входной информации, что позволяет получить более обоснованные решения для выполнения реконструкции.

Целью представленной работы является комплексная оптимизация параметров земляного полотна при его реконструкции, которая заключается в поиске и обосновании технико-экономических и прочностных параметров насыпи при реконструкции с выбором на основе этих результатов оптимального варианта, что является актуальной задачей.

Земляное полотно является одним из важнейших элементов пути, так как оно выполнено из грунта и располагается на грунтовом основании [1-2]. Оно должно быть прочным, устойчивым и долговечным, что требует минимума затрат на его устройство, содержание и ремонт, и обеспечивать возможность широкой механи-

зации работ. Одной из причин безусловности выполнения указанных требований является то, что земляное полотно в системе путевого хозяйства составляет наиболее фондоемкую часть, так как в основных фондах путевого хозяйства стоимость земляного полотна достигает 30 % [2].

Поверхность земляного полотна и полосы отвода должна быть спланирована так, чтобы вода нигде не застаивалась, а имела бы свободный и быстрый отток от земляного полотна в стороны или в специальные водоотводящие устройства. Если это условие где-нибудь нарушится, то земляное полотно в этом месте неизбежно подвергнется деформации, которая может создать угрозу безопасности движения поездов.

Земляное полотно строится по типовым поперечным профилям или индивидуальным проектам (ДБН «Сооружения транспорта. Железнодорожные пути 1520 мм»), и оно должно обеспечивать безопасность движения поездов с заданными нагрузками и скоростями при установленной грузонапряженности. Земляное полотно, его элементы и сооружения должны соответствовать нормативам прочности и устойчивости в течение всего периода службы.

В земляном полотне и его сооружениях могут возникать и накапливаться дефекты, деформации и повреждения [3]. Дефекты являются следствием недоработок при проектировании земляного полотна, его защитных и укрепительных сооружений, нарушения технологии строительного процесса и временной эксплуатации железнодорожных линий неудовлетворительного текущего содержания и некачественных ремонтов пути.

Деформации земляного полотна и его сооружений возникают при: недостаточной несущей способности грунтов, из которых оно возведено; несоответствии мощности верхнего строения пути нагрузке от подвижного состава; недостаточной защите грунтов земляного по-

лотна от неблагоприятных воздействий климатических и инженерно-геологических факторов. Низкое качество текущего содержания земляного полотна и его сооружений, когда не обеспечивается отвод поверхностных и грунтовых вод, несвоевременно устраняются мелкие дефекты земляного полотна и его сооружений, не ликвидируются причины снижения несущей способности грунтов, приводят к перерастанию мелких дефектов и повреждений в опасные деформации, угрожающие безопасности движения поездов.

Под повреждением понимается неисправность земляного полотна и его сооружений, произошедшей во время эксплуатации под воздействием неблагоприятных природных условий, вследствие ненормальных, непредвиденных характером работы действий и взаимодействием с посторонними конструкциями.

Дефекты, деформации и повреждения земляного полотна и его сооружений подлежат устранению в процессе текущего содержания пути, при планово-предупредительных ремонтах верхнего строения пути, а также при ремонтах и усилении земляного полотна по индивидуальным проектам.

Одним из предложений протидеформационных мероприятий при ремонте земляного полотна является сплошная вырезка, при которой работы ведутся во время выдачи окна при закрытых путях. До начала основных работ по нечетному пути демонтируются звенья рельсошпальной решетки. Затем во время окна ведется демонтаж инвентарных рельсов и выполнение сплошной вырезки. Глубина вырезки по нечетной колее принята исходя из глубины балластных углублений. По парной колее глубина сплошной вырезки принята конструктивно на такую же отметку, как и по нечетной.

Обратная засыпка производится с послойным уплотнением и устраивается из щебня или щебеночной смеси. Размер фракций щебня в смеси 0,0625...50 мм. Количество пылеватых частиц размером < 0,0625 мм не должна превышать 5 % от объема вырезки, размером 2...20 мм – до 40 %, остальные 55 % приходятся на фракцию 20...50 мм.

При ремонте верхнего строения пути геотекстиль укладывается на основной площадке с уклоном 0,04 в полевую сторону с перекрытием одного слоя другим не меньше чем на 100 мм. Геотекстиль – это нетканый материал с поверхностной плотностью ≥ 280 г/м², прочностью на растяжение не менее 20 кН/м; прочностью при относительном удлинении на 10 % – не менее

10 кН/м; относительное удлинение при разрушении не более 20 %. После укладки рельсошпальной решетки проводится балластировка пути. Укрепление откосов земляного полотна выполняется путем отсыпки однополочной отжимной бермы с выположением откосов земляного полотна 1:2. Пригрузочная отжимная берма устраивается с использованием щебня крупностью 40...70 мм и прочностью на сжатие 800...1200 МПа. Отсыпка отжимной бермы осуществляется послойно с уплотнением слоя толщиной 0,2...0,3 м. Средняя высота полка отжимной бермы составляет 5,0 м с уклоном верха полки 0,002 в сторону проектной водоотводящей канавы. В качестве материала бермы используется местный грунт. Для отвода воды из большого участка через железобетонную трубу по нечетной стороне пути необходимо создать берму и канаву шириной 1,5 м и высотой 0,6 м с выположением откосов 1:2.

Вторым вариантом является выполнение бортовой вырезки. Двусторонняя боковая срезка балластных углублений осуществляется от линии по торцам шпал в сторону откоса насыпи с последующей заменой срезанного материала чистым щебнем крупностью 40...70 мм и прочностью на сжатие 800...1200 МПа. Толщина слоя 0,2...0,3 м. Все работы необходимо проводить в долговременные окна.

Для обеспечения устойчивости откосов насыпи запроектировано выположение откосов насыпи до 1:2 и отсыпка прогруженной отжимной бермы, которая устраивается с использованием щебня крупностью 40...70 мм. Ее отсыпка производится послойно с уплотнением слоя толщиной 0,2...0,3 м. Средняя высота полка отжимной бермы составляет 5,0 м с уклоном верха полки 0,002 в низовую сторону.

Со стороны нечетной колее по подошве прогруженной отжимной бермы устраивается берма шириной 6,0 м с уклоном 0,002 в сторону проектной водоотводной канавы. В качестве материала бермы используется местный грунт, полученный после нарезки уступов и работ по бортовой вырезке.

Технико-экономическое сравнение двух вариантов противодеформационных мероприятий проводилось на основе комплекса АВК-3. На основе этих материалов сделаны следующие выводы. Сводный сметный расчет стоимости строительства основных объемов работ и материалов при выполнении работ по сплошной вырезке составляет – 3868,0 тыс. грн. Договорная цена определяется с учетом строительных работ, что в свою очередь составляют 2219,7

тыс. грн, стоимость монтажных работ – 15,3 тыс. грн, и других расходов – 1633,3 тыс. грн. Сметная стоимость строительства составляет 1746,9 тыс. грн, трудоемкость – 62,9 тыс. чел-ч, заработная плата – 915,6 тыс. грн; вместе по смете – 3223,6 тыс. грн, налог на добавленную стоимость (НДС) (20 %) – 644,7 тыс. грн. Средний разряд работ – 3,4.

Сводный сметный расчет стоимости строительства основных объемов работ и материалов при выполнении работ по бортовой вырезке составляет – 1235,9 тыс. грн. Договорная цена складывается из строительных работ, что в свою очередь составляют 670,5 тыс. грн, монтажных работ – 15,3 тыс. грн, других расходов – 550,1 тыс. грн.

Сметная стоимость строительства – 515,9 тыс. грн, трудоемкость – 21,9 тыс. чел-ч, заработная плата – 291,4 тыс. грн, всего по смете – 1029,9 тыс. грн, налог на добавленную стоимость (НДС) (20 %) – 205,9 тыс. грн. Средний разряд работ – 2,5.

Расчет напряженно-деформированного состояния (НДС) двухпутной насыпи с выполнением нескольких вариантов реконструкции (сплошная и бортовая вырезка) проводился с применением метода конечных элементов с помощью расчетного комплекса Structure CAD for Windows, version 7.29 R.3 (SCAD) [4]. Все геометрические и деформационные характеристики земляного полотна взяты из нормативной документации. Модель для расчета принята пространственной на основе объемных конечных элементов (КЭ) для большего учета реальных характеристик исследуемого объекта, реализованная в комплексе SCAD.

Общее количество узлов схемы – 8 632 шт. (около 26 тыс. степеней свободы), количество конечных элементов – 7,016 тыс. шт. (до реконструкции); 8,28 тыс. (около 24 тыс. степеней свободы) и 6722 (сплошная вырезка); 8126 (около 25 тыс. степеней свободы) и 6582 (бортовая вырезка). Конечные элементы (КЭ) в схеме приняты совместимыми, т.е. все узлы соседних элементов совпадают, что положительно влияет на точность решения. Размеры модели: длина (основа) – 38,46 м, ширина – 1,8 м (для всех моделей), высота – 8,0 м (из которых высота земляного полотна, как и в других вариантах – 4,5 м).

Размеры КЭ колеблются в пределах $0,30 \times 0,5 \times 0,5$, $0,35 \times 0,5 \times 0,5$ до $0,5 \times 0,5 \times 0,5$ м, т.е. КЭ-сетка адекватна размерам представленной модели, т.к. считается, что основной размер КЭ не должен превышать $1/20$ от характер-

ного размера модели. В схеме применены как призматические КЭ с треугольным основанием (при моделировании откоса), так и параллелепипеды (при моделировании земляного полотна и основания). Призматические КЭ с треугольным основанием проверены по условиям вырожденных и «игольчатых» элементов, углы треугольника не менее 60° . На схему наложены граничные условия: 1) понизу модели запрет перемещения по всем трем осям X , Y и Z , 2) по бокам основания – запрет по осям X и Y , 3) по поперечным сторонам модели – запрет по оси Y (условия плоской деформации). Верх и откосы моделей от граничных условий свободны.

Деформационные характеристики выбраны из таблиц в соответствии с исследованными грунтами земляного полотна:

Слой 1 – суглинок насыпи, плотность $\rho = 2,0$ т/м³, модуль упругости $E = 25$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$;

Слой 2 – щебень, плотность $\rho = 2,4$ т/м³, модуль упругости $E = 100$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,25$;

Слой 3 – железобетон шпалы, плотность $\rho = 2,5$ т/м³, модуль упругости $E = 106$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,2$.

Представленный слоистый массив повторяет с незначительными отклонениями реальное земляное полотно, но толщина слоев принята постоянной, хотя в действительности она незначительно изменяется.

В качестве нагрузки модели был принят локомотив, который находится одной парой колес над шпалой, то есть $P = 25$ т. Давление на ось принято равным нормативному давлению от локомотива ($P = 20$ т) с учетом коэффициента динамичности $\mu = 1,25$. Была принята одна схема загрузки КЭ-модели – локомотив находится на двух путях. На рис. 1. показано расположение нагрузок на основной площадке насыпи. Нагрузка на ось распределена по ширине шпалы, на которую она приходится, причем оно распределена на 12-ти узлах КЭ, входящих в геометрическое места размещения шпалы и составляет 20,83 кН ($250/12 = 20,83$ кН).

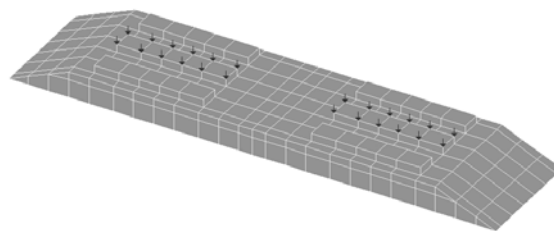


Рис. 1. Расположение нагрузок на верхнее строение пути (ВСП)

Все геометрические размеры и общие нагрузки на модель сохраняются и контролируются в ходе выполнения расчета, что возможно в примененном расчетном комплексе. При расчете МКЭ применялся мультифронтальный метод разложения матрицы жесткости с автоматической оптимизацией ширины ленты, как наиболее прогрессивный метод работы с матрицами, который применен в комплексе SCAD.

Результатами расчета являются общие перемещения и напряжения в модели по осям X и Z , причем следующие результаты показывают характерную картину их распределения в земляном полотне. Перед тем как перейти к анализу полученных результатов и выбору оптимального решения реконструкции, следует отметить, что в конечно-элементной модели сплошной вырезки не был учтен элемент гео-

синтетического материала. Это обусловлено двумя причинами. Во-первых, полотно геосинтетических материалов при пространственной постановке, при которой модель создается из объемных конечных элементов, из-за различной метрики (полотно – 2D, а земляное полотно – 3D) некорректно взаимодействует с земляным полотном. Во-вторых, первое сравнение полученных результатов свидетельствует о том, что и без усиления геосинтетическим материалом, разница между вариантами незначительна и влияние геосинтетика идет в запас прочности. Результаты расчета деформаций в различных вариантах земляного полотна с поездной нагрузкой (представлена только половина модели, что обосновывается симметрией схемы и нагрузки) представляют собой симметричные картины распределения (рис. 2).

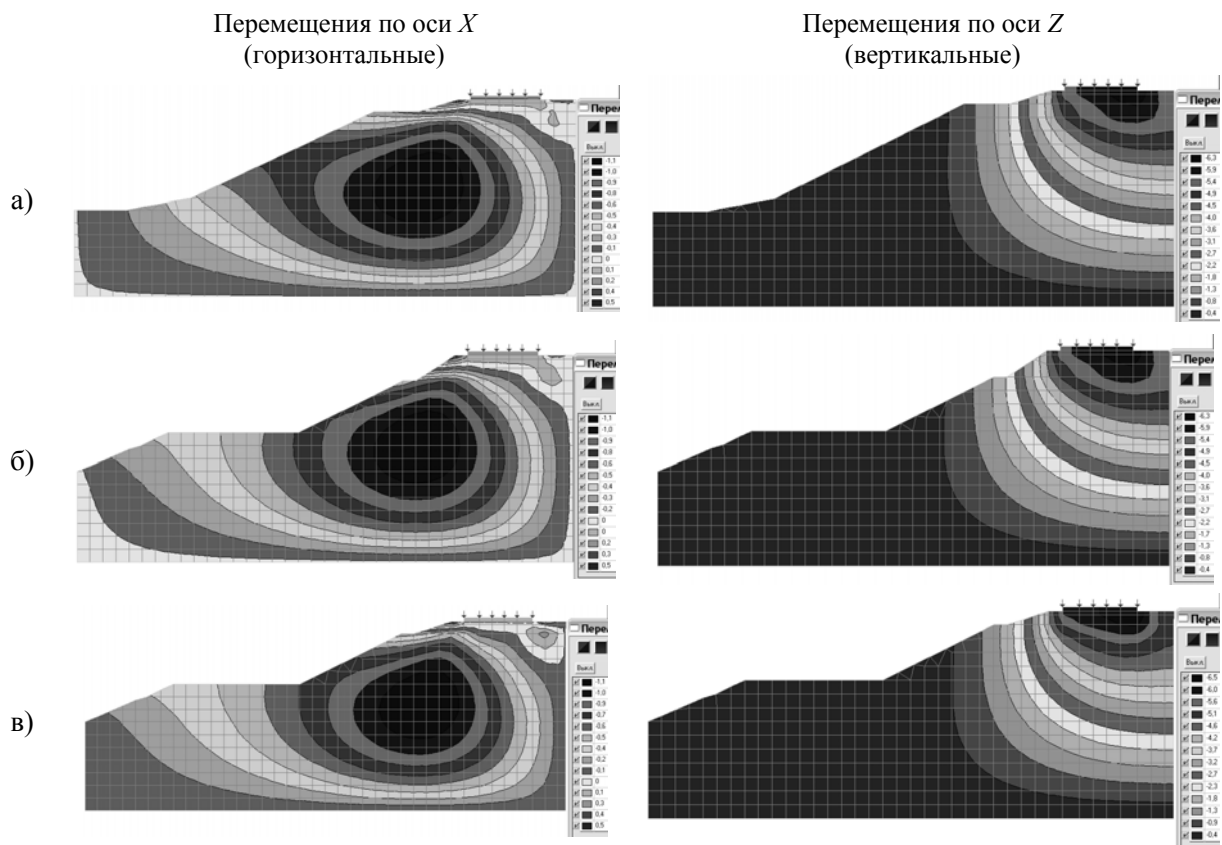


Рис. 2. Изолинии и изополя деформаций в земляном полотне:
а) до реконструкции; б) сплошная вырезка; в) бортовая вырезка

Анализ перемещений по оси X позволил заключить, что количественно все три случая (до реконструкции и два варианта реконструированного земляного полотна) не имеют значительных изменений: максимальные горизонтальные перемещения составляют 1,1 мм. Следует отметить, что при количественной тождественности результатов, качественно они отличаются, что видно при сравнении распре-

деления изополей и изолиний. В случае сплошной вырезки изополя горизонтальных напряжений на линии симметрии модели не сливаются в сплошное поле. Следовательно, при действии двух локомотивов, находящихся на соседних путях, в случае сплошной вырезки их влияние действует только на соответствующий путь. В случае же бортовой вырезки ниже правого конца шпалы образуется замкнутая зона со значе-

нием 0,3 мм, которая отсутствует как в случае насыпи до реконструкции, так и в случае сплошной вырезки. Это объясняется тем, что поперечный профиль земляного полотна после реконструкции значительно изменился. Однако значения горизонтальных перемещений в случае бортовой вырезки малы и не позволяют судить о каких-то негативных последствиях. Перемещения по оси Z почти идентичны качест-

венно и количественно: максимальные вертикальные перемещения составляют 6,3 мм (в случае бортовой вырезки – 6,5 мм). Такие значения перемещений являются нормативными и свидетельствуют, что все три модели практически идентичны. Напряженное состояние в различных вариантах земляного полотна также представляется характерным и отличается симметрией распределения (рис. 3).

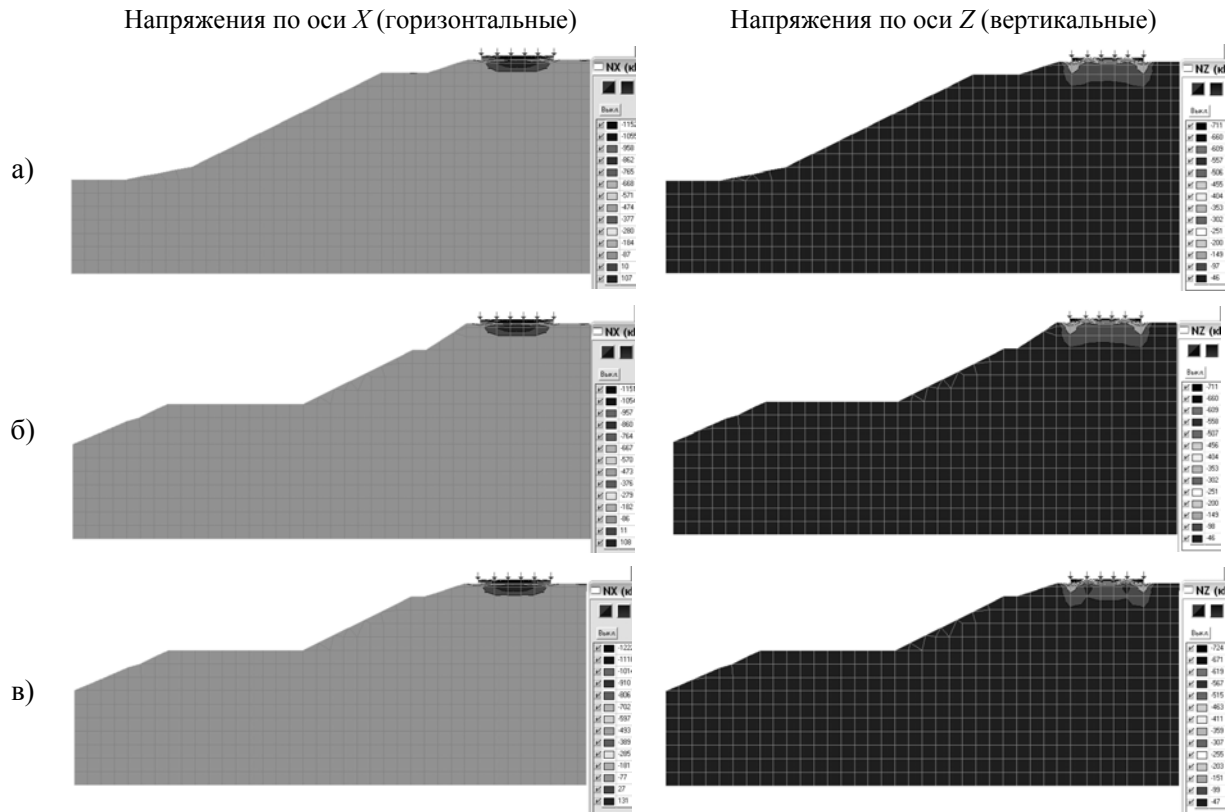


Рис. 3. Изолинии и изополя нормальных напряжений в земляном полотне:
а) до реконструкции; б) сплошная вырезка; в) бортовая вырезка

При анализе напряжений по оси X установлено, что они являются почти идентичными, что объясняется незначительной зоной их распространения (около 0,5 м под шпалой) и минимальным влиянием технических решений. Вместе с тем, можно отметить, что в зоне растяжения под рельсом в случае бортовой вырезки напряжения несколько увеличены (+0,13 МПа в отличие от +0,1 МПа в случае сплошной вырезки), но незначительно.

Анализ напряжений по оси Z показывает, что они также являются почти идентичными, но зона их распространения увеличивается (около 0,9...1,0 м под шпалой), поэтому следует учитывать, что в случае бортовой вырезки увеличивающиеся напряжения достигают суглинка земляного полотна, поскольку толщина щебня уменьшена от 1,0 до 0,4...0,5 м. Однако величины напряжений незначительны и со-

ставляют сотые доли мегапаскаля. Поэтому можно отметить, что нормальное эксплуатационное состояние земляного полотна будет обеспечено.

По выполненной работе можно сделать следующие выводы:

1. Проведено технико-экономическое сравнение обоих вариантов реконструкции земляного полотна на основе специализированного комплекса АВК-3 и установлено, что сметная стоимость строительства с учетом основных объемов работ и материалов при выполнении работ по бортовой вырезке составляет – 1235,9 тыс. грн. Вместе с тем сметная стоимость строительства с учетом основных объемов работ и материалов при выполнении работ по сплошной вырезке составляет – 3868,3 тыс. грн, что в три раза дороже по сравнению с бортовой вырезкой.

2. Разработаны конечно-элементные модели земляного полотна до реконструкции и по двум вариантам реконструкции, проведены их расчеты и в результате получены параметры напряженно-деформированного состояния земляного полотна, которые позволили оценить с позиции прочности влияние обоих технических решений.

3. Анализ НДС свидетельствует о том, что при реконструкции можно применять оба технических решения, которые являются почти идентичными, и вариант как сплошной, так и бортовой вырезки целесообразны с позиции НДС и условий последующей эксплуатации. Также анализ НДС позволил заключить, что при «сплошной» вырезке в данном конкретном случае усиления геосинтетическим материалом нецелесообразно.

4. Основным выводом после комплексного анализа является то, что вариант бортовой вырезки является оптимальным как по условиям

техничко-экономического сравнения, так и с позиции прочности и устойчивости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Інструкція з утримання земляного полотна залізниць України [Текст] / Л. І. Дяченко, П. П. Кислий, В. О. Кулач. Затверджено наказом Укрзалізниці від 08.05.2001 р. – К., 2001. – 60 с.
2. Фришман, М. А. Земляное полотно железных дорог [Текст] / М. А. Фришман, И. Н. Хохлов, В. П. Титов. – М. : Транспорт, 1972. – 287 с.
3. Карпиловский, В. С., SCAD для пользователя [Текст] / В. С. Карпиловский, Э. З. Криксунов, А. В. Перельмутер, М. А. Перельмутер. – К. : ВВП «Компас», 2000. – 332 с.
4. Перельмутер, А. В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа [Текст] / А. В. Перельмутер, В. И. Сливкер. – К. : Сталь, 2002. – 600 с.

Поступила в редколлегию 09.12.2011.

Принята к печати 12.12.2011.

В. Д. ПЕТРЕНКО, А. М. М. АЛХДУР, О. Л. ТЮТЬКІН, В. В. КОВАЛЕВИЧ

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МОДЕРНІЗОВАНОГО ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

У статті наведено результати аналізу напружено-деформованого стану земляного полотна при модернізації.

Ключові слова: земляне полотно, модернізація, протидеформаційні заходи

V. D. PETRENKO, A. M. M. ALKHDOUR, A. L. TIUT'KIN, V. V. KOVALEVICH

RESEARCH OF PARAMETERS OF THE MODERNIZED SUBGRADE

The article presents the results of analysis of the strained-and-stressed state for subgrade during its modernization.

Keywords: subgrade, modernization, anti deformation measures

ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ПОШКОДЖЕНЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ ЗАЛІЗНИЧНИХ МОСТІВ

При поточному утриманні штучних споруд у надійному стані виникає важливе питання: визначення ступеня дефектності та пріоритетності виконання ремонтних робіт на залізобетонних прогонових будовах, що знаходяться в експлуатації. Основною метою роботи є мінімізація впливу людського фактору на визначення пріоритетності проведення ремонтних робіт на дефектних штучних спорудах за допомогою наведеної методики.

Ключові слова: дефекти прогонових будов, ступінь небезпечного стану, пріоритетність ремонту, категорії дефектів, метод експертних оцінок

Вступ

Утримання залізничних мостів та шляхопроводів має забезпечувати їх справний стан для безперебійного та безпечного руху залізничного транспорту з установленими швидкостями. Крім того, утримання зазначених споруд має забезпечувати максимально тривалий термін служби. Для цього проводиться поточне утримання, що включає в себе нагляд і роботи по їх проведенню та капітальний ремонт. Основний принцип утримання – запобігання виникненню дефектів та пошкоджень у спорудах.

В процесі експлуатації залізобетонних прогонів мостів та шляхопроводів з часом виникають і накопичуються дефекти, які знижують несучу спроможність конструкції. За усіма штучними спорудами має проводитися систематичний нагляд, який включає періодичні огляди, обстеження та випробовування. При цьому особливу увагу слід приділяти слабким елементам споруд, місцям, в яких утворення тих чи інших дефектів найбільш ймовірно, елементам та вузлам, які мають дефекти, що істотно впливають на вантажопідйомність. В роботі використовуються результати обстежень, які проводяться спеціалістами за регламентом і фіксуються у відповідних документах (журнали обстежень, дефектні акти, карточки та книги споруд та ін.) відділів штучних споруд служби колії.

Мета дослідження

Розробка методики оцінки ступеня пошкодження залізобетонних прогонових будов залізничних мостів.

Визначення коефіцієнту впливу пошкодження на стан цих будов на основі експертних оцінок.

Зміст дослідження

Найпоширеніші дефекти розподіляються на 3 категорії, кожна категорія складається з кількох типів дефектів (від 5 до 6). Для споруд, які

знаходяться на обраній ділянці колії, складається база вихідних даних (пошкоджень та дефектів), які з часом накопичуються.

Пропонуються наступні категорії дефектів:

1 категорія – не впливають на несучу спроможність, але з часом можуть перейти в наступну категорію (усунення в поточному ремонті);

2 категорія - середня небезпечність;

3 категорія – найбільш небезпечні.

Пропонуються наступні допущення:

1. пріоритетність виконання робіт приймається по прогону з максимальним ступенем дефектності;
2. вплив дефектів кожної категорії враховується з відповідними коефіцієнтами k_i , які визначаються за допомогою методу експертних оцінок;
3. ступінь небезпечності дефектів визначається безрозмірними параметрами за відповідними категоріями і типами дефектів.
4. приймається, що вплив на стан прогонової будови однотипних дефектів не пропорційний їх кількості, а визначається згідно з множителем

$$\left[n_j^{(1-\frac{1}{n_j})} \right]^{-1}$$

Ступінь небезпечного стану (дефектний) одного залізобетонного прогону – S – будемо визначати як функцію коефіцієнтів вагомості дефектів D_{ij} , залежно від їх кількості у відповідній категорії, з урахуванням коефіцієнту впливу окремого типу дефекту відповідної категорії:

$$S_m = \sum_{k=1} f_j(D_{ij}), \quad (1)$$

де D_{ij} – дефекти i -тої категорії та j -го типу;

S – ступінь небезпечного стану прогону, і може бути від 0 до S_{\max} ($S = 0$ – прогін без дефектів;

m – номер прогону.

Перелік типових дефектів залізобетонних прогонових будов приведені в табл. 1.

Для першої категорії дефектів S_m показник ступеня стану прогону можна записати в наступному вигляді:

$$S_m = \sum_{j=1}^{p-1} \frac{n_j \cdot D_{ij} \cdot k_i}{n_j \cdot \left(\frac{1}{n_j}\right)}, \quad (2)$$

де S_m – безрозмірний показник ступеня стану прогону;

n_j – кількість дефектів одного типу;

D_{ij} – i -тої категорії та j -го типу;

k_j – коефіцієнт впливу дефектів певної категорії на стан прогону;

p – кількість типів дефектів в одній категорії.

Таблиця 1

№	Умовне позначення дефекту	Описання дефекту	Категорія
1	2	3	4
1	D_{11}	Пошкоджені водовідвідні трубки, незакладені отвори навколо водовідвідних трубок, незакладені строповочні отвори	I
2	D_{12}	Сколи та раковини в бетоні без огоління робочої арматури	I
3	D_{13}	Місцями оголена іржава розподільча арматура	I
4	D_{14}	Окремі сухі потьоки вилугування	I
5	D_{15}	Незафарбовані усадочні мікротріщини з розкриттям до 0,3 мм	I
6	D_{21}	Порушення гідроізоляції баластного корита, потьоки вилугування цементного розчину з мікротріщин прогонової будови	II
7	D_{22}	Відшарування захисного шару, сколи бетону, раковини. Корозія (до 20 % площі) голої арматури	I
8	D_{23}	Розрив одного стержня арматури	II
9	D_{24}	Поздовжні та поперечні тріщини в консолях з вилугуванням розчину	II
10	D_{25}	Руйнування бетону в зоні шарнірів відкидних консолей, потьоки забруднення, вилугування цементного розчину з шарніру	II
11	D_{26}	Тріщини розкриттям більше 1мм, які не змінюють геометрію під навантаженням	II
12	D_{31}	Зруйнований захисний шар з оголінням іржавої арматури (більш як 20 % площі)	III
13	D_{32}	Обрив більше ніж одного стержня робочої арматури	III
14	D_{33}	Нахил відкидних консолей, тріщини в корні консолей	III
15	D_{34}	Тріщини, які змінюють розкриття під навантаженням	III
16	D_{35}	Наявність поперечних тріщин розкриттям більше 0,2 мм у попередньо-напружених прогонових будовах	III
17	D_{36}	Клас прогонової будови нижче класу навантажень	III

В цілому, для обраного прогону враховуємо всі 3 категорії дефектності, інформація про які знаходиться в актах обстежень мостів:

$$S_m = f_1(D_{ij}^I) + f_2(D_{ij}^{II}) + f_3(D_{ij}^{III}); \quad (3)$$

$$S_m = \sum_{j=1}^{p-1} \frac{n_j \cdot D_{1i} \cdot k_i}{n_j \cdot \left(\frac{1}{n_j}\right)} + \sum_{j=1}^{p-1} \frac{n_j \cdot D_{2i} \cdot k_i}{n_j \cdot \left(\frac{1}{n_j}\right)} + \sum_{j=1}^{p-1} \frac{n_j \cdot D_{3i} \cdot k_i}{n_j \cdot \left(\frac{1}{n_j}\right)}. \quad (4)$$

Коефіцієнт впливу дефектів певної категорії дефектів на стан прогону (k_j) залежить від характеру деформацій, місця розташування на прогоні в зоні небезпечного напружено-деформованого стану (наприклад: біля опори – тріщини зсуву, а також у найбільш розтягнутій зоні – по середині прогону). Коефіцієнт k_j визначається за методом експертних оцінок.

Метод експертних оцінок проектних рішень дозволяє визначити кількісну характеристику якості шляхом опитування спеціалістів високої кваліфікації та максимальної об'єктивізації їх відповідей за допомогою сучасних математичних методів та засобів, які виключають випадкові судження.

Для практичної оцінки ступеня впливу дефектів на стан прогонової будови була застосована модифікація метода Дельфі. Порядок та

схема дослідження впливу дефектів зображені на рис. 1.

Після постановки задачі та збору необхідних вихідних даних складається попередній перелік дефектів, які впливають на стан залізобетонної прогонової будови. Вся система попередньо відібраних для дослідження кількісних та якісних даних розбивається на декілька підсистем, які утворюють «дерево цілей», з тим, щоб по кожній гілці було не більше 7...9 показників (межа, яка рекомендується інженерною психологією для одночасної експертної оцінки спеціалістом). Складається список експертів, які є компетентними в області проведення ремонтних робіт мостів та шляхопроводів. Спеціалісти в анкетах проставляють кількісні відповіді на поставлені питання.



Рис. 1. Структурно-логічна схема методології експертної оцінки визначення ступеня пошкодження залізобетонних прогонових будов

Було прийнято 5-бальну шкалу, найбільш вагомому дефекту в даній анкеті присвоюється оцінка в 1 бал. Оцінка наступним дефектам за

ступенем їх впливу призначається шляхом зіставлення їх з самим вагомим.

При обробці заповнених анкет коефіцієнт вагомості i -го дефекту за оцінкою j -го експерта (x_{ij}) розраховувався за формулою:

$$x_{ij} = \frac{D_{ij}}{\sum_1^m D_{ij}} \quad (5)$$

де D_{ij} – оцінка вагомості i -го показника в балах, які дані j -тим спеціалістом;
 m – число експертів.

За результатами оцінки визначається середнє арифметичне значення коефіцієнтів вагомості впливу дефектів на стан залізобетонних прогонових споруд. Середнє значення коефіцієнтів вагомості дефектів впливу (x_{cp}) визначається за формулою:

$$x_{cp} = \frac{\sum_1^n \sum_1^m x_{ij}}{m}, \quad (6)$$

де n – число дефектів.

Узгодженість оцінок експертів визначається за допомогою коефіцієнту варіацій:

$$v_j = \frac{\sigma_j}{x_{cp}}; \quad (7)$$

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{(x_{ij} - x_{cp})^2}{m}}, \quad (8)$$

де σ_j – середньоквадратичне відхилення оцінки j -го експерта від середньої оцінки, яка дана усіма експертами.

Внаслідок результатів оцінок 14 експертів на Придніпровській та Львівській залізницях, за розрахунком на основі метода експертних оцінок, отримано наступні дані:

- для I категорії $k_1 = 0,20$;
- для II категорії $k_2 = 0,33$;
- для III категорії $k_3 = 0,47$.

Використання запропонованої методики визначення ступеня пошкодження залізобетонних прогонових будов залізничних мостів розглянемо на прикладі.

Залізобетонні прогонові будови залізничного мосту на ділянці колії Красноармійськ-Новомосковськ ПК 159+430 м. Довжина мосту 247,6 м. Міст змішаний. Лр = $182 + 4 \times 32,9 + 66 + 18,2$. Прогонові споруди № 2, 3, 4, 5 – залізобетонні, з попередньо напруженого залізобетону, їздою верхом, двоблокові, виготовлені згідно типового проекту «Лентранс-проекта» у 1962 р. із змінами, які були внесені Дніпродіпротрансом у зв'язку зі зменшенням розрахункового прогону з 33,5 до 32,9 м. Розрахункове навантаження С-14.

Дефекти прогонових будов у відповідності до акту обстежень для зручності користування зведені у табл. 2, 3.

Таблиця 2

№ прогону	Дефекти I категорії				
	D_{11}	D_{12}	D_{13}	D_{14}	D_{15}
1	2	5	-	12	3
2	3	7	-	10	3
3	3	10	4	7	3
4	2	10	5	12	6
5	4	7	4	9	4

Таблиця 3

№ прогону	Дефекти II категорії				
	D_{21}	D_{22}	D_{23}	D_{24}	D_{25}
1	3	4	-	3	-
2	3	4	-	2	-
3	6	3	-	6	-
4	6	4	-	6	-
5	6		-	5	-

Дефекти III категорії на даному об'єкті відсутні.

Згідно формули (4) визначаємо стан пошкодження прогонів мосту.

Результати показника ступеня стану прогонів наведені в табл. 4.

Таблиця 4

	I прогін	II прогін	III прогін	IV прогін	V прогін
S_m	6,39	6,37	9,67	8,75	5,19

Для автоматизованого розрахунку значення показника S_m розроблено програмний комплекс. Успішне функціонування цієї програми дає можливість регулярного поповнення дефектів та пошкоджень після кожного регламентованого обстеження або випробовування споруди, реалізації алгоритмів для виявлення об'єктивної оцінки стану мостів або перспективи їх подальшої експлуатації, подальшої розробки рекомендацій щодо негайного реагування у випадку виявлення стану, який загрожує безпечній експлуатації об'єкту.

Результати S_m для окремих прогонів порівнюються між собою, і визначається найбільш небезпечний, який і претендує на пріоритетність в ремонті.

В наведеному прикладі за результатами розрахунків отримуємо, що найбільш пошкодженим виявився III прогін мосту.

Таким чином, за допомогою наведеної методики значно зменшується вплив людського фактору у визначенні пріоритетності ремонту.

Максимальна ступінь небезпечного стану прогону споруди в даній роботі не співвідноситься з граничним станом споруди.

Допущення, коефіцієнти небезпеки та впливу в подальшому можуть уточнюватися.

На остаточне прийняття рішення щодо пріоритетності виконання ремонтних робіт також впливають:

1. Пріоритетні напрямки відновлювальних робіт, встановлених самою Укрзалізницею за затвердженим планом;

2. Наявність фінансування ремонтних робіт;

3. Вантажонапруженість ділянки колії.

Висновки

Наведена методика дає можливість об'єктивно оцінити стан пошкоджень залізобетонних прогонів залізничних мостів і може використовуватись при прийнятті управлінських рішень по складанню списку пріоритетності проведення ремонтних робіт мостів.

Коефіцієнт впливу k_i для кожної категорії визначається методом експертних оцінок. При цьому кількість дефектів по кожній категорії

може змінюватися відповідно до актів обстежень мостів, що досліджуються.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Інструкція по утриманню штучних споруд [Текст] / В. Ф. Сушков, Л. П. Ватуля, М. М. Литвінов та ін. – К.: Транспорт України, 1999. – 96 с.
2. Гусаков, А. А. Организационно-технологическая надежность строительного производства [Текст]. – М.: Стройиздат, 1974. – 252 с.
3. Експлуатація і реконструкція мостів [Текст] / Н. Є. Страхова, В. О. Голубев, П. М. Ковальов, В. В. Тодірка. – 2-е вид., випр. – К., 2002. – 408 с.
4. Иосилевский, Л. И. Практические методы управления надежностью железобетонных мостов [Текст] / Л. И. Иосилевский. – М.: НИЦ «Инженер», 2005. – 323 с.
5. Осипов, В. О. Содержание и реконструкция мостов [Текст] : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / В. О. Осипов, Ю. Г. Кузьмин, В. С. Анциперовский. – М.: Транспорт, 1986. – 327 с.
6. Перельмутер, А. В. Эксплуатационная надежность конструкций зданий и сооружений и нормы проектирования при реконструкции [Текст] / А. В. Перельмутер. – К.: Общ-во «Знание», 1991.

Надійшла до редколегії 24.11.2011.

Прийнята до друку 06.12.2011.

А. Н. ПШИНЬКО, И. В. САЛЬНИКОВА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

При текущем содержании искусственных сооружений в надежном состоянии возникает важный вопрос – определение степени дефектности и приоритетности проведения ремонтных работ на железобетонных пролетных строениях, которые эксплуатируются. Основная цель работы – это минимизация влияния человеческого фактора на определение приоритетности выполнения работ на дефектных искусственных сооружениях с помощью приведенной методики.

Ключевые слова: дефекты пролетных строений, степень небезопасного состояния, приоритетность ремонта, метод экспертных оценок

A. N. PSHIN'KO, I. V. SAL'NIKOVA

DETERMINING THE DEGREE OF DAMAGE FOR REINFORCED CONCRETE SPANS OF RAILWAY BRIDGES

The authors have considered an important issue, i.e. determining the degree of defectiveness and creating the maintenance schedule for the artificial structures to keep them in safe conditions during the exploitation. The main goal is to minimize the impact of human factors on prioritization of repairs among defective artificial structures by using the given method elaborated in the article.

Keywords: span defects, degree of unsafe condition, priorities of repairs, categories of defects, method of peer review

ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТИ НАСТРОЙКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ГАСИТЕЛЕЙ КОЛЕБАНИЙ НА СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ МОСТОВ

В работе проведен анализ реакционной способности и фракционного состава крупных заполнителей для производства железобетонных шпал.

Ключевые слова: щелочно-кремниевокислая реакция, щебень, фракционный состав, слюда

Динамические гасители колебаний (ДГК) получили в настоящее время достаточно широкое распространение для защиты конструкций от сейсмических воздействий. Следует отметить что, когда удастся обеспечить условия гибкости и прочности упругой связи, ДГК оказывается наиболее эффективной системой сейсмозащиты и позволяет снизить сейсмическую нагрузку на сооружение в несколько раз и больше. В частности, вопросы применения ДГК для повышения сейсмостойкости сооружений развиты в работах Б. Г. Коренева, В. С. Полякова, Л. М. Резникова, А. М. Уздина и др. специалистов [4, 6].

В настоящей работе рассмотрено влияние ошибок настройки на эффективность динамических гасителей различных масс. В качестве примера приведены три вида гасителя:

- гаситель малой массы – масса составляет 10 % от массы защищаемого сооружения ($\nu = M_{\text{гас}}/M_{\text{соор}} = 0,1$);
- гаситель соизмеримой массы, масса которого равна массе сооружения ($\nu = M_{\text{гас}}/M_{\text{соор}} = 1$);
- гаситель большой (закритической массы), когда масса гасителя превосходит критическую массу, т.е. $\nu > \nu_{\text{кр}} \approx 2$, и традиционного эффекта гашения не наблюдается.

Анализ технических решений ДГК показал, что существенным недостатком гасителей малой массы как указано в работах О. А. Савинова [1] и А. А. Никитина [5] является необходимость высокой точности их настройки. Небольшие отклонения в настройке гасителя или в его демпфировании сводят на нет его эффективность. В начале 80-х годов А. М. Уздиным и А. А. Никитиным предложено использовать гасители большой массы. Кроме того, несмотря на высокую эффективность, гасители большой массы тоже имеют свои сложности в реализации. Во-первых, как известно в [5], что существует критическая масса гасителя. Если масса

гасителя больше массы сооружения более чем в 2 раза, эффект гашения исчезает. Динамический гаситель превращается в демпфер Ланчестера. При этом жесткость упругой связи становится бесконечно малой, а демпфирование – значительным. Во-вторых, эффект гашения часто оказывается недостаточным, а перемещения пролетного строения относительно опор становятся чрезмерными, приводящими к падению пролетного строения с опор. В частности, в мостах, эта идея находит применение, когда в качестве гасящей массы выступает пролетное строение. На основе их исследований выполнены исследования теории безразмерных уравнений для двухмассовой системы (рис. 1, схема «в»), с оптимальной настройкой жесткостей податливых соединений ДГК.

Все три случая имеют практическое значение. Например, для гашения колебаний зданий при использовании гибкого верхнего этажа получаем гаситель массы порядка 10 % от массы защищаемого объекта. Хотя масса рассматриваемого гасителя достаточно велика, он относится к ДГК малой массы, поскольку параметры настройки для него можно оценивать с использованием метода инвариантных точек [2] и оптимизировать по известным формулам [3].

Второй тип гасителя, при $\nu = 1$, уже является гасителем соизмеримой массы, для которого не применим метод инвариантных точек, и настройка производится по формулам А. А. Никитина [7]. Реализация параметров такого гасителя, особенно параметра трения, может вызывать определенные трудности. Такие гасители характерны, например, при сейсмозащите мостовых опор, когда в качестве гасящей массы используют металлическое пролетное строение.

Третий тип гасителя, это гаситель очень большой массы, в нашем примере это $\nu = 5$. Такая ситуация возникла в г. Сочи, когда при строительстве железнодорожной линии Адлер–Сочи использовали неразрезные железобетонные пролетные строения, масса которых, при

продольной нагрузке целиком передается на одну опору.

Оценка эффективности ДГК малой, соизмеримой и большой массы должна проводиться путем сравнения с эталонными системами. При этом критерием эффективности является снижение максимальной сейсмической нагрузки, действующей на опору, путем снижения максимальных перемещений опоры от сейсмических нагрузок. При исследовании эффективности динамических гасителей сейсмических ко-

лебаний мостовых опор в качестве эталонных рассматриваются следующие системы ДГК:

1. Система без гасителя, т.е. опора без ДГК (рис. 1, схема «а»).

2. Система, в которой гаситель жестко присоединен к опоре (схема «б»).

А в качестве исследуемой системой выбрана схема с динамическим гасителем в виде дополнительной массы, соединенной с опорой упругой связью (схема «в»).

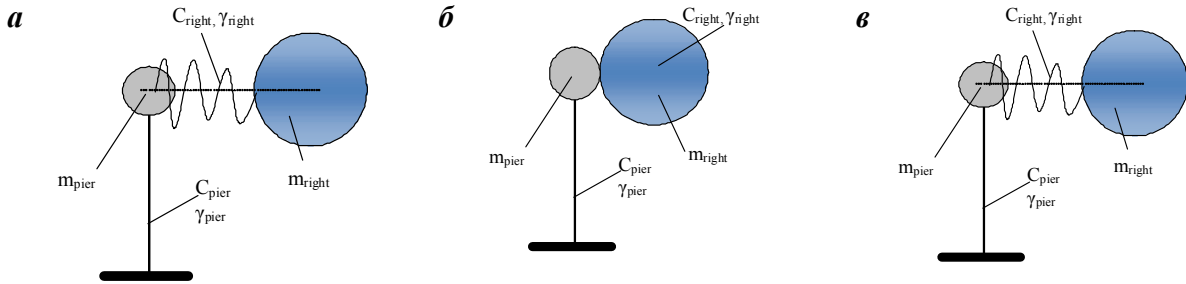


Рис. 1. Схема опор, связанных с пролетным строением

В предложенной схеме приведены параметры: C_{right} – жесткость гасителя (русловой части); C_{pier} – жесткость опоры (береговой части); m_{right} – масса гасителя (русловой части); m_{pier} – масса опоры (береговой части); γ_{right} – коэффициент затухания гасителя (русловой части); γ_{pier} – коэффициент затухания опоры (береговой части).

В принятой схеме «в» выполнен расчет по спектральной методике и найдены оптимальные параметры настройки по жесткости и демпфированию.

$$\mathbf{a}_s = \left[(R - M \cdot \omega^2) \cdot B_c^{-1} \cdot (R - M \cdot \omega^2) + B_c \right]^{-1} \cdot M \cdot V_p \cdot A \cdot g; \quad (2)$$

$$\mathbf{a}_c = (R - M \cdot \omega^2)^{-1} \cdot B_c \cdot \mathbf{a}_s, \quad (3)$$

R , M и B_c – соответственно матрицы жесткости, инерции и демпфирования по Сорокину для рассматриваемой системы.

Оптимальными будем считать такие параметры, при которых смещения системы являются минимальными в заданном диапазоне частот колебаний. Результаты подбора оптимальных параметров, т. е., по настройке и демпфирования для всех трех случаев приведены на рис. 2–4, а оптимальные параметры по жесткости и демпфированию нашли с помощью программного комплекса Builder C++ и Mathcad.

Из приведенных рис. 2, 3 и 4 видно, что по вертикальной оси отложена $U_s(\omega)_0$ и $U_s(\omega)_1$ –

Для решения поставленной задачи, т.е. анализа влияния неточности настройки на эффективность работы гасителя, анализировались амплитудно-частотные характеристики (АЧХ). АЧХ строились по формулам, приведенным в (1)–(3) для оптимальных параметров ДГК.

При этом амплитуда колебаний вычислялась по формуле

$$U_s(\omega) = \sqrt{\mathbf{a}_s(\omega)^2 + \mathbf{a}_c(\omega)^2}, \quad (1)$$

где \mathbf{a}_c и \mathbf{a}_s – искомые векторы амплитуд соответственно при косинусе и синусе,

соответственно, амплитуда смещений пролетного строения и опоры, а по горизонтальной, ω – частота возмущения основного тона колебаний устоя.

По полученным графикам определялись пиковые значения минимальных смещений основной системы. Далее исследовалась скорость изменения смещений системы в зависимости от величины неточности в настройке гасителя.

Для характеристики эффективности настройки гасителя введен коэффициент эффективности, алгебраически выражающийся следующим образом:

$$E(f, \gamma_2) = \frac{U_{opt} - U(f, \gamma_2)}{U_{opt}}, \quad (4)$$

где $U(f, \gamma_2)$ – значение экстремума функции смещения системы с настройками f и γ в заданном диапазоне частот колебаний;

U_{opt} – значения экстремума функции смещения системы с оптимальными настройками.

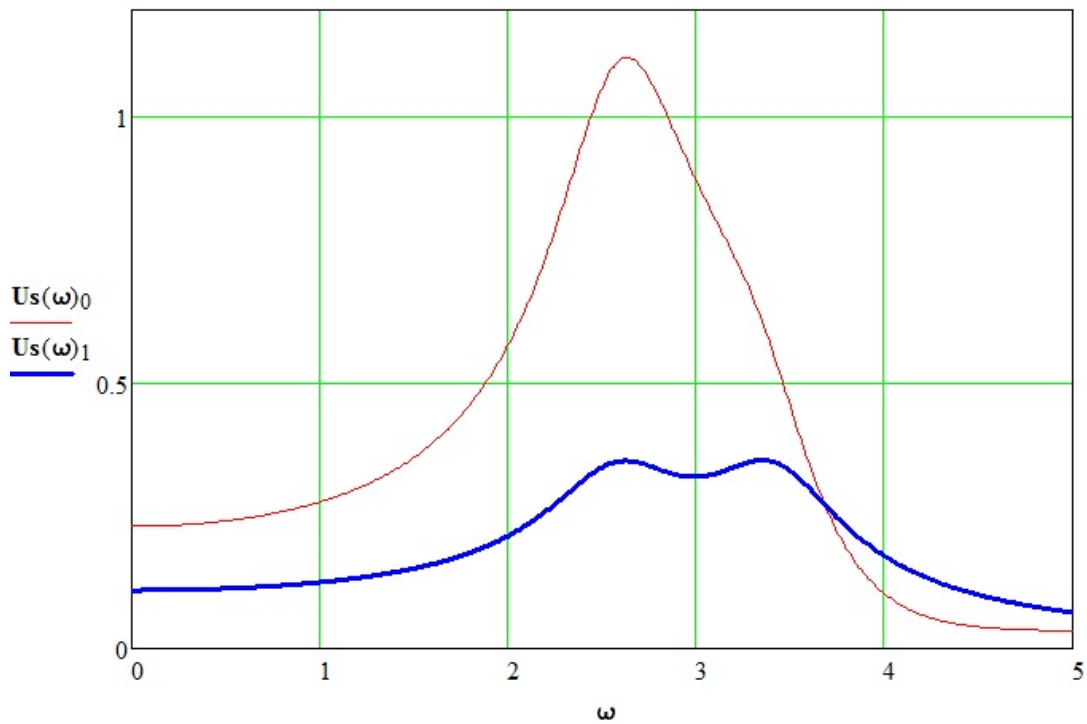


Рис. 2. Зависимости АЧХ от частоты возмущения при заданных параметрах системы $f_{1\text{opt}} = 0,86, \gamma_{1\text{opt}} = 0,45$

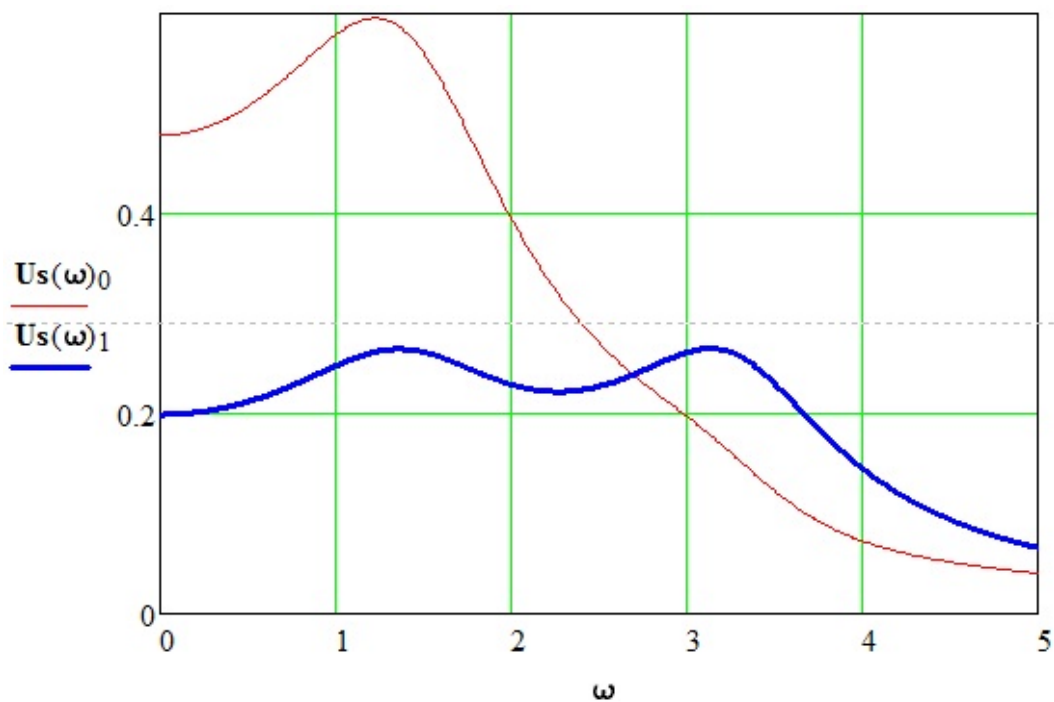


Рис. 3. Зависимости АЧХ от частоты возмущения при заданных параметрах системы $f_{2\text{opt}} = 0,29, \gamma_{2\text{opt}} = 3,1$

По формуле (4) получено матрица $E(f, \gamma_2)$, зависимости снижения смещений главной массы от настройки по жесткости и демпфированию при трех случаях $\nu = 0,1, \nu = 1, \nu = 5$ (для гасителей соответственно малой, соизмеримой

и большой массы). Здесь, коэффициент эффективности $U(f, \gamma_2)$, т.е. эффективность применения ДГК можно сравнить с двумя основными системами-эталоны – системы без гасителя, и системы, в которой гаситель жестко присоеди-

нен к ней, т.е. масса системы увеличена на величину массы гасителя рис (см. рис. 1). На графиках 5, 6 и 7 приведены зависимости $E(f, \gamma_2)$, в

которых в качестве базовой принята система с жестким присоединением гаситель к ней.

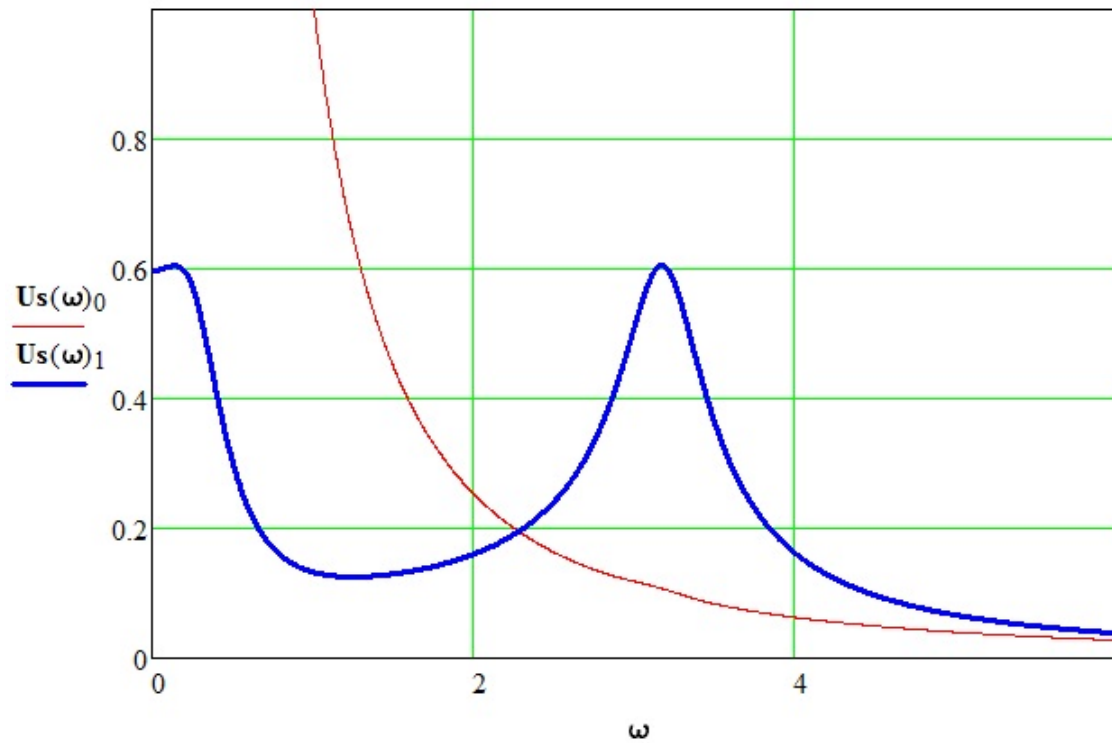


Рис. 4. Зависимости АЧХ от частоты возмущения при заданных параметрах системы $f_{3opt} = 0,035$, $\gamma_{3opt} = 10,4$

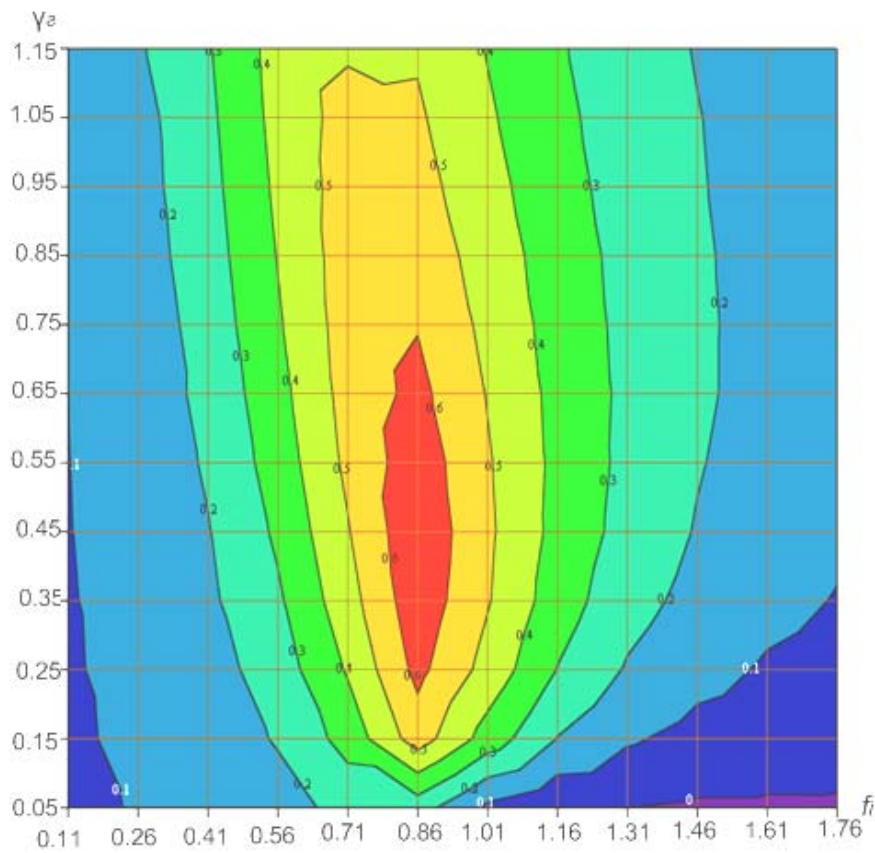


Рис. 5. Изолинии зависимости снижения смещений главной массы от настройки по жесткости и демпфированию при $\nu = 0,1$

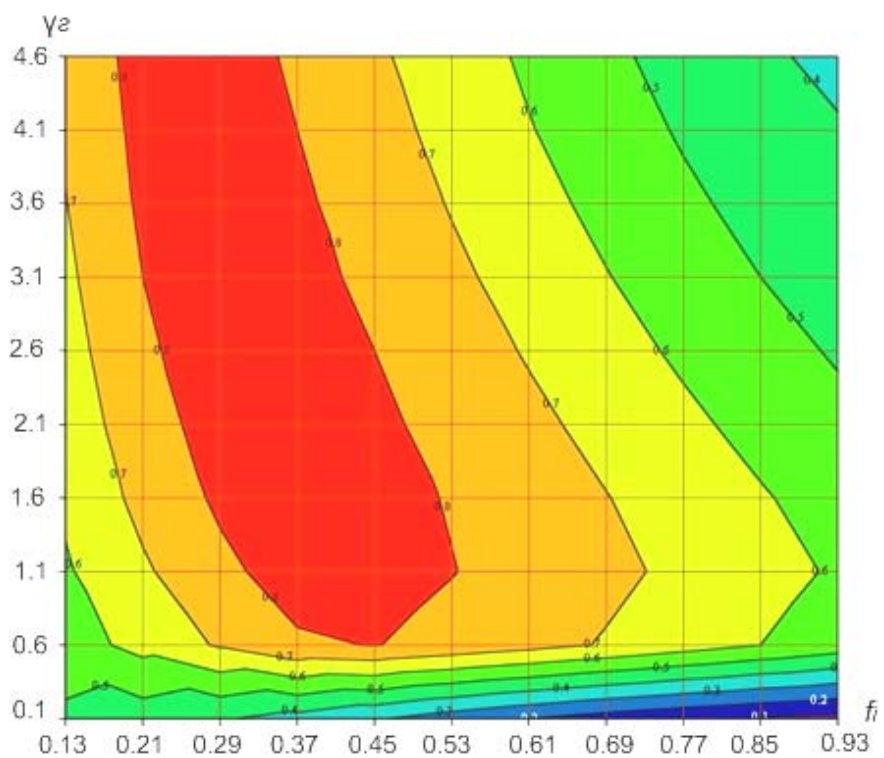


Рис. 6. Изолинии зависимости снижения смещений главной массы от настройки по жесткости и демпфированию при $\nu = 1$

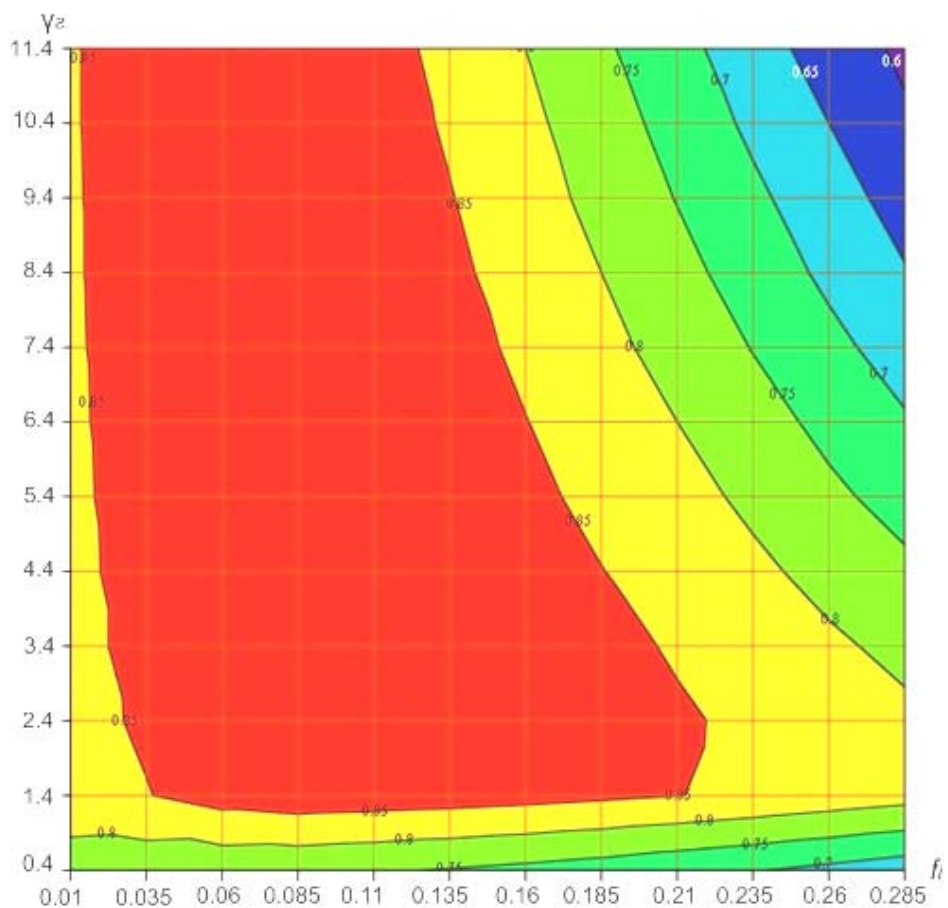


Рис. 7. Изолинии зависимости снижения смещений главной массы от настройки по жесткости и демпфированию при $\nu = 5$

Выводы

- для гасителей большой массы можно допустить существенные отклонения в настройке от оптимальных, причем зона высокой эффективности существенно возрастает с увеличением относительной массы гасителя;
- система ДГК более чувствительна к настройке по жесткости, чем к настройке по затуханию. Например, для случая $\nu = 1$, ошибки по жесткости допустимы в диапазоне $0,21 < f < 0,43$, ошибки по затуханию в пределах $1,4 < \gamma_2 < 6,8$;
- ошибки в настройке по затуханию в большей мере влияют на смещение гасящей массы, и в меньшей мере на перемещение основной конструкции;
- полученные оценки позволяют существенно упростить задачу проектирования сейсмозащитных устройств для мостов, поскольку дают проектировщику широкую возможность в выборе размеров и жесткости проектируемых элементов сейсмозащитных устройств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савинов О. А. О применении динамического гасителя колебаний // Труды научно-исследовательского сектора Ленинградского отделения треста глубинных работ. – Л.: Стройиздат Наркомстроя, 1940. – Вып. 1. – с. 30-35.
2. Тимошенко С. П. Колебания в инженерном деле. – М.: Наука, 1976. – с. 209-216.
3. Коренев Б. Г., Резников Л. М. Динамические гасители колебаний. – М.: Наука, 1988. – 303 с.
4. Коренев Б. Г., Резников Л. М. О колебаниях башенных сооружений, оборудованных динамическими гасителями // Строительная механика и расчет сооружений. – 1968. – №2. – с. 27-31.
5. Никитин А. А., Уздин А. М. Применение динамических гасителей колебаний для сейсмозащиты мостов // Экспресс-информация ВНИИС. Сер.14. Сейсмостойкое строительство. – 1986. – Вып.9. – с.20-24.
6. Симкин А. Ю., Никитин А. А., Шульман С. А., Ахмедов Т. Ш., Ткаченко С. С. Сильницкий Ю. М., Шестоперов Г. С. Опорная часть сооружения. А.с. СССР, МКИ E01D 19/04, N 1162886, 1985.
7. Елисеев О. Н., Уздин А. М. Сейсмостойкое строительство. Учебник. СПб.: Изд. ПВВИСУ, 1997. – 371 с.

Поступила в редколлегию 14.11.2011.

Принята к печати 16.11.2011.

У. З. ШЕРМУХАМЕДОВ, И. О. КУЗНЕЦОВА

ВПЛИВ ТОЧНОСТІ НАЛАШТУВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ГАСНИКІВ КОЛИВАНЬ НА СЕЙСМОСТІЙКІСТЬ МОСТІВ

В роботі проведено аналіз реакційної здатності та фракційного складу крупних заповнювачів для виробництва залізобетонних шпал.

Ключові слова: лужно-кремнієвокисла реакція, щебінь, фракційний склад, шлюда

U. Z. SHERMUKHAMEDOV, I. O. KUZNETSOVA

INFLUENCE OF ADJUSTMENT ACCURACY OF DYNAMIC DAMPERS OF FLUCTUATIONS ON SEISMIC STABILITY OF BRIDGES

The analysis of reactionary ability and fractional composition of large fillers for production of ferroconcrete cross ties is carried out in the article.

Keywords: alkaline - silicon acid reaction, rubble, fractional structure, mica

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ТА ПЕРСПЕКТИВ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ НАФТОВМІСТНИХ СТІЧНИХ ВОД

Розглянуто методи очистки води від нафти та нафтопродуктів. Представлена порівняльна характеристика сорбентів для ліквідації нафтозабруднень. Обґрунтована необхідність використання сорбенту «Еколан», що дозволяє ефективно та швидко видаляти наслідки розливів нафти та продуктів її переробки.

Ключові слова: очищення води, нафтопродукти, сорбенти, нафтозабруднення.

Серед найважливіших екологічних проблем світового масштабу широкого розповсюдження одержало забруднення нафтою водних акваторій, прибережних зон, донних відкладень та ґрунтів у зв'язку із зростанням обсягів видобування, транспорту та переробки нафти.

У різноманітних публікаціях провідні спеціалісти визнають, що загальні світові втрати нафти в процесі її транспортування складають біля 2 % обсягу нафтовидобування. Втрати нафтопродуктів на складах паливно-мастильних матеріалів, нафтобазах, підприємствах нафтопереробки офіційно не повинні перевищувати 3 % обігу, в дійсності ж вони значно більші. Так, під будь-яким об'єктом, пов'язаним із видобуванням, переробкою, транспортуванням, збереженням, реалізацією нафти і нафтопродуктів, утворюється зона забруднення ґрунтів і підземних вод різноманітними вуглеводнями нафтового ряду.

В результаті такого забруднення порушується хід природних біохімічних процесів, відбувається загибель флори та фауни озер, річок та морів. Тому, воду забруднену нафтопродуктами вважають однією з глобальних забруднювачів навколишнього середовища, що становить серйозну загрозу для живих організмів [1].

З цієї причини оцінка впливу аварій на довкілля і розробка рекомендацій по усуненню їхніх наслідків є одним із пріоритетних напрямків екології та створення системи екологічної безпеки регіонів.

Метою даної статті є дослідження стану, проблем та перспектив використання існуючих методів очищення води від нафтопродуктів та їх порівняння з біосорбційним методом при використанні сорбенту «Еколан».

Методи очистки води від нафти та нафтопродуктів

На даний час для очищення води від нафти і

нафтопродуктів застосовують механічні, хімічні, біологічні та фізико-хімічні методи [2].

Існуючі методи ліквідації екологічних наслідків аварій з нафтопродуктами недосконалі і практично не призводять до мінімізації впливу аварій на довкілля [3].

Перевагами основних методів ліквідації нафторозливів з поверхні води є те, що вони в тій чи іншій мірі сприяють локалізації, збору і утилізації нафти і нафтопродуктів, які є високотоксичними сполуками. Але практично в кожного методу є свої недоліки.

Механічне очищення стічних вод від нафти та нафтопродуктів застосовують переважно як попереднє, воно забезпечує видалення зважених речовин з побутових стічних вод на 60...65 %, а з деяких виробничих стічних вод на 90...95 %. Завдання механічного очищення полягає у підготовці води до фізико-хімічного та біологічного очищення. Цей метод є найдешевшим методом їх очищення, а тому завжди доцільна найбільш глибока очистка стічних вод механічними методами. Дане очищення проводять для виділення зі стічної води нерозчинених грубодисперсних домішок шляхом проціджування, відстоювання та фільтрування. Недоліком цього методу є те, що механічні пристрої не забезпечують достатню ефективність очищення води від нафти. Складність збору нафти з водної поверхні полягає в тому, що нафта розливається тонким шаром. При її зборі захоплюється і вода.

Хімічний (із застосуванням детергентів емульгуючої дії на нафтову плівку): метод широко поширений в практиці боротьби з нафторозливами. Суть методу полягає в тому, що у воду додають різні хімічні реагенти, які вступають в реакцію з нафтою і осідають у вигляді нерозчинних осадів. Однак застосування детергентів тільки посилює вражаючу дію нафтової плівки, оскільки емульгована нафта легше потрапляє в організм

водних мешканців. Тому, цей метод застосовують лише для очищення локалізованої кількості води від нафти.

Біологічний (базується на мікробіологічному розкладанні нафти за допомогою нафтоокислюючих бактерій): при температурі менше 10 °С бактерії практично «не працюють», оптимальна температура для них – 20...30 °С. Переваги біологічного методу – можливість видаляти різноманітні органічні сполуки, в тому числі токсичні, відносно невисока експлуатаційна вартість, проте до недоліків слід віднести високі капітальні затрати, необхідність суворого дотримання технологічного режиму очищення, токсична дія на мікроорганізми деяких органічних сполук.

Фізико-хімічне очищення проводиться за допомогою розчинників, вибірково видаляють небажані компоненти з очищуваного продукту – зі стічних вод віддаляються тонкодисперсні і розчинені домішки, руйнуються органічні речовини, які не окислюються чи погано окислюються. Найбільш поширеним методом очищення є коагуляція, нейтралізація кислот і лугів, перегонка водяним паром, обробка води газоподібним хлором. Як коагулянти, в залежності від складу стічних вод, застосовують сірчаноокислий амоній, сірчано- і солянокислі солі заліза, гашене вапно. Цей метод частіше застосовується на підприємствах хімічної, нафтохімічної, легкої і текстильної промисловості. Недоліком цього методу очищення є значні витрати коагулянтів, великий об'єм осаду, що утворюється при очищенні, складність його обробки. Отже, цей метод не рекомендується використовувати як самостійний, після нього потребується доочищення.

Біосорбційний метод дозволяє очищати стічні води від продуктів переробки нафти до будь-якого потрібного рівня, майже до ГДК незалежно від їх хімічної стійкості і без внесення у воду будь-яких вторинних забруднень. Це – безінерційний рівноважний процес, що дає можливість успішно використовувати його як в умовах нормальної експлуатації, так і при ліквідації аварій. Перевагами методу є висока ефективність, різноманітність форм (гранули, волокна тощо) та широкий спектр видів адсорбентів, що можуть забезпечити очистку води до будь-якого потрібного рівня [4].

Отже, серед існуючих методів очищення води від нафти та нафтопродуктів найбільш перспективним є біосорбційний метод. Оскільки, в наш час він є практично єдиним методом, який має надзвичайно високу ефективність очищення, не потребує утилізації, універсальний в застосуванні.

Характеристика сорбентів для ліквідації нафтозабруднень

В даний час у світі існує і застосовується безліч різних сорбентів різних виробників для ліквідації нафтового забруднення. Їх можна класифікувати за різними ознаками: за походженням (сировиною), дисперсністю, призначенням, за переважним способом утилізації. Вони поділяються на: неорганічні, синтетичні, природні органічні та органомінеральні. Але всі вони подібні за своїми сорбційними та іншими характеристиками. Їхній головний недолік – відсутність 100 %-ої флотаційної здатності [5].

При виборі сорбенту слід звернути увагу на всі його істотні характеристики, що часом виявляється складним завданням. Розглянемо переваги та обмеження щодо використання різних видів сорбентів в процесі очищення нафтових забруднень. Аналіз літературних даних показав, що нафтосорбенти повинні володіти високою нафтоємністю, плавучістю, низьким водопоглинанням і високопористою поверхнею. Головною вимогою до матеріалів, що сорбують вуглеводні нафти, є наявність у матеріалі високорозвиненої пористої структури з гідрофобною поверхнею, а також можливістю десорбції нафти, утилізації або регенерації сорбенту [6].

За рахунок своєї гігроскопічної мікроструктури, пористості і великої питомої поверхні сорбент вбирає в себе нафту з будь-яких ландшафтних полів, чи то водні простори, ґрунтові горизонти або болота.

Одним з найважливіших показників сорбенту є можливість регенерації, простота утилізації, максимально досяжна залишкова концентрація нафти. Доведено, що основними перевагами нафтових сорбентів є екологічна безпека, широка сировинна база, висока гідрофобність і нафтоємність при порівняно низькій вартості.

З екологічної точки зору якість *неорганічних* сорбентів не цілком прийнятна, тому що в силу своєї низької ємності (70...150 % по нафті) сорбенти не утримують бензин, дизельне паливо, гас. При ліквідації наслідків розливів нафтопродуктів у водному середовищі разом з нафтою тонуть і неорганічні сорбенти, тим самим не вирішуючи проблеми очищення води від забруднення.

Синтетичні матеріали як правило мають високу нафтоємність. Проте, більшість синтетичних матеріалів є токсичними (що обмежує їх використання у вигляді тонких порошків), особливо у випадку загоряння. Істотним недоліком більшості волокнистих сорбентів є стік частини сорбованих нафтопродуктів (у деяких

випадках до 60...70 %) при добуванні сорбенту з поверхні води.

Природні органічні та органо-мінеральні сорбенти є найбільш перспективним видом сорбентів для ліквідації нафтових забруднень. Найчастіше застосовують модифікований торф, макулатуру, тирсу, деревинну тріску, шерсть, висушені злакові культури.

Одним з найкращих природних сорбентів, порівняних за своєю нафтоємністю з модифікованим торфом є шерсть. Один кілограм шерсті може поглинути до 8...10 кг нафти при цьому природна пружність шерсті дозволяє віджати велику частину легких нафтових фракцій. На жаль, після декількох таких віджимань шерсть насичається бітумом і стає непридатною для подальшого використання. Висока ціна шерсті, недостатня її кількість і сурові вимоги до збері-

гання не дозволяють враховувати її як перспективний сорбент.

Слід зазначити, що тирса добре і швидко вбирає нафту і нафтопродукти, але ще краще вбирає вологу, тому необхідне просочення тирси після її глибокої сушки жирними кислотами. Утворене гідрофобне покриття забезпечує необхідну якість нафтових сорбентів, але є недовговічним.

Аналогічною є ситуація по відношенню до торфу, який набагато перевершує за своєю потенційною сорбційною здатністю тирсу і навіть шерсть (в усякому разі деякі різновиди верхнього торфу мохової групи).

Порівняльна характеристика сорбентів для ліквідації нафтозабруднень наведена в табл. 1 [7].

Таблиця 1

Порівняльна характеристика сорбентів для ліквідації нафтозабруднень

Неорганічні сорбенти	
<u>Переваги:</u> - низька вартість; - можливість виробництва у великих обсягах; - термостійкість (порівняно з синтетичними), що дозволяє їх використовувати в разі небезпеки загоряння нафтової плями або наявного вже вогнища загоряння.	<u>Недоліки:</u> - низька ємність – не утримують бензин, дизельне паливо, гас; - тонуть разом з нафтою при ліквідації наслідків розливів нафтопродуктів у водному середовищі; - низька щільність, що обумовлює доставку до місця локалізації нафтового розливу великих обсягів сорбентів.
Синтетичні сорбенти	
<u>Переваги:</u> - мають високу нафтоємність; - простота схеми регенерації, що реалізує віджимання поглиненої нафти з її повторним використанням (в порівнянні з неорганічними).	<u>Недоліки:</u> - токсичність; - низька щільність, що обумовлює доставку до місця локалізації нафтового розливу великих обсягів сорбентів.
Органомінеральні і природні органічні сорбенти	
<u>Переваги:</u> - екологічна чистота та безпечність; - широка сировинна база; - висока нафтоємність у порівнянні з невисокою вартістю; - здатність до біорозкладання.	<u>Недоліки:</u> - залежність від температурних умов (за низьких температур є малоефективними)

В Україні найбільш відомими є препарати: «Десна» – (розробка Українського дослідницького центру екології нафти і газу, м. Київ), Консорціум мікроорганізмів – (Інститут високих технологій, м. Київ), «Деворойл», який проводиться за російською ліцензією ВАТ «Фермент», (м. Ладижин) і нещодавно рекомендований Мінекології «Simbinal» (розробка Інституту ботаніки НАН України). У Росії широко застосовуються «Путідойл», «Олеоворін», «Деворойл», «Валентіс», «Нафтокс», «мікроміцетів», в Білорусі – «Родобел», «Родобел-Т». Ці препарати є ліофілізованими культурами або

пастою, на основі яких готуються робочі розчини для обробки нафтового забруднення. Однак застосування таких препаратів не раціонально в умовах акваторій портів і відкритого моря у зв'язку з неможливістю створення необхідних ефективних концентрацій бактерій-деструкторів вуглеводнів нафти через великі обсяги води, змиву культури з нафтового забруднення при коливаннях і атмосферних опадах. Крім того, зазначені вище бактеріальні препарати не можна застосовувати для ліквідації аварійних розливів нафти в режимі негайного реагування, оскільки для їх приготування

потрібно не менше 2...3-х діб. Застосування більшості з перерахованих вище бактеріальних препаратів на морях (водоймі другої категорії водокористування відповідно до СанПіН 4630-88. Р.) сумнівно з міркувань медико-санітарного характеру [8].

Особливості використання сорбенту «Еколан» для очистки води від нафтопродуктів

В Україні широко використовується високо-ефективний нафтовий сорбент «Еколан», що є екологічно чистим адсорбентом, органомінеральним полідисперсним порошком (від світло-коричневого до темно-коричневого кольору) з високо розвинутою питомою поверхнею, що дозволяє ефективно і швидко видаляти наслідки розливу сирої нафти і продуктів її переробки, а також світлих нафтопродуктів з поверхні відкритих водоймищ, ґрунтів, асфальту, бетону та інших невисмоктуючих поверхонь. Сорбент працює при різних температурах під час проведення екстрених аварійних і планових очисних заходів з подальшим біорозкладанням (біодеградацією сорбованої нафти) при захороненні в ґрунт і перетворенням на гумус.

Нафтосорбент «Еколан» містить наступні

екологічні характеристики:

- має IV клас безпеки і є нетоксичним матеріалом;

- дозволений до застосування в необмежених кількостях для водоймищ різного призначення;

- не викликає порушення екологічної рівноваги в екосистемах і не надає негативної дії на біотипи різних трофічних рівнів;

- не призводить до мутагенезу на генному рівні в об'єктах біосфери;

- є нешкідливим для ґрунтів, а у ряді випадків може служити меліорантом та структуроутворювачем ґрунтів.

Температурний інтервал застосування нафтосорбента «Еколан»:

- для біодеградації сорбованої нафти + 8 °С і більше;

- для збору плаваючої нафти 0 °С і більше;

- для ліквідації замазучених ділянок та збору пролітої нафти з ґрунтів + 4 °С і більше.

За даними екологічних характеристик [9] в таблиці 2 наведено порівняння існуючих методів очистки води від нафтопродуктів та очищення біосорбційним методом за допомогою сорбенту «Еколан».

Таблиця 2

Порівняльна характеристика методів ліквідації забруднень нафтою та нафтопродуктами

Назва методу	Метод ліквідації	Особливості
Механічний	Механічні засоби ліквідації забруднень	Не є екологічним: вимагає відділення нафтопродуктів, вивезення та утилізації відходів. Є малоефективним в складних умовах застосування. Завжди потребує доочищення.
Фізико-хімічний	Нафтопоглинаючі сорбенти	Не екологічний. Призводить до накопичення відходів. Потребує доочищення. Вимагає утилізації.
Мікробіологічний	Внесення біопрепаратів, активація місцевої мікрофлори	Малоефективний при високій концентрації забруднення. Вимагає спеціальних технологій внесення та створення особливих умов для застосування. Висока залежність від температурних умов.
Біосорбційний із застосуванням препарату «Еколан»	Сорбент на якому іммобілізовані штами нафтоокислюючих бактерій	Є повністю екологічним. Не потребує утилізації. Не створює відходів. Універсальний в застосуванні. Менш залежний від температурних погодних і тимчасових умов. Має надзвичайно високу ефективність.

Відмінними рисами сорбенту «Еколан» від сорбентів представлених в даний час на ринку є:

- екологічно чиста, натуральна (на відміну від синтетичних сорбентів) сировина, що має деревну основу;

- здатність до біорозкладання (біодеградація сорбованої нафти і нафтопродуктів) при захороненні в ґрунт з подальшим перетворенням на гумус, в результаті внесення спеціальних добавок у процесі виробництва; час біорозкладання

від 3 до 18 місяців, термін біорозкладання залежить від багатьох чинників: типу ґрунтів, температур, вологості тощо; в умовах позитивних температур (більше 20 °С) швидкість біорозкладання збільшується в 2 рази;

- простота в утилізації (спалювання або захоронення у землю);

- співвідношення «ціна-якість»; вартість сорбенту «Еколан» при наявності здатності до біорозкладання (що є в сучасних умовах безпе-

речною перевагою) на 30...50 % нижча ніж ціна аналогічних сорбентів;

- після застосування сорбенту «Еколан» на водних поверхнях суміш сорбенту з сорбованими нафтопродуктами легко видаляється з поверхні, вода залишається безбарвною, прозорою, при застосуванні в аналогічній ситуації інших сорбентів вода має забарвлений колір, при нанесенні і зборі частина сорбенту з нафти опускається на дно; йде перевитрата сорбенту [10].

При внесенні біопрепарату до забрудненого нафтопродуктами середовища, чисельність популяції мікроорганізмів (бактерій) починає рости, використовуючи як живильне середовище вуглеводні нафти. У природних умовах штами даних мікроорганізмів зберігають свою активність і чисельність популяції на час біодеструкції (ліквідації) вуглеводнів, при зменшенні їх кількості зменшується і їх чисельність. Тому, в результаті повного поглинання нафтопродуктів, бактерії втрачають поживне середовище і відмирають, створюючи на ґрунті гумус, у воді мул. Мікроорганізми також гинуть, якщо знаходяться окремо від носія. Таким чином, виключається можливість такого явища, як інтродукція – мікробне забруднення природного середовища – все це робить зберігання, застосування препарату безпечним (інститут екологієні і токсикології України ім. Л. Л. Медведя).

Препарат є нетоксичним для теплокровних тварин і людини. Гранично допустима концентрація (ГДК) в повітрі робочої зони за ГОСТом 12.1.005-88 складає 6 мг/м³. Є малонебезпечною речовиною (за ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества» відноситься до 4 класу небезпеки). Кінцевим продуктом окислення вуглеводнів є нешкідливі природні речовини (інститут мікробіології НАН України). Біосорбент «Еколан» відповідає всім вимогам чинного санітарного законодавства України. Ціна даного препарату цілком виправдовується його високою ефективністю. Так, за підрахунками фахівців, 1 кг сорбенту нейтралізує 10 кг нафтопродуктів, а вартість очищення 1 м² водної поверхні складе не більше \$5 США [9].

Таким чином, оптимальним і продуктивним способом локалізації аварійних розливів нафти і збору води забрудненої нафтопродуктами серед існуючих методів очищення є використання біосорбційного методу із застосуванням біосорбенту «Еколан», який дозволяє ефективно і швидко видаляти наслідки розливів сирої нафти та нафтопродуктів з поверхні води і ґрунту.

Адже є повністю екологічним, не потребує утилізації та має надзвичайно високу ефективність очищення. Передбачається застосування сорбенту «Еколан» для очищення забруднених нафтою вод з удосконаленням біосорбційного методу ліквідації нафторозливів, що прискорить і полегшить процес локалізації і збору нафтової плями.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Пономарев, В. Г. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов [Текст] / В. Г. Пономарев, Э. Г. Иоакимис, И. Л. Монгайт. – М. : Химия, 1985. – 256 с.
2. Сиротина, Е. Е. Материалы для адсорбционной очистки воды от нефти и нефтепродуктов [Текст] / Е. Е. Сироткина, Л. Ю. Новоселова // Химия в интересах устойчивого развития. – 2005. – № 13. – С. 359-377.
3. Зеленько, Ю. В. Ликвидация экологических последствий транспортных аварий с нефтепродуктами [Текст] / Ю. В. Зеленько. – К. : 2005. – 19 с.
4. Артемов, А. В. Сорбционные технологии очистки воды от нефтяных загрязнений [Текст] / А. В. Артемов, А. В. Пинкин // Вода: химия и экология. – 2008. – № 1. – С. 18-24.
5. Сорбенты: плюсы и минусы основных методов [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://baltsudservice.com/interesnye-materialy/sorbents-are-the-pros-and-cons.html>
6. Долина, Л. Ф. Современная технология и сооружения для очистки нефтесодержащих сточных вод [Текст] / Л. Ф. Долина. – Д.: Континент, 2005. – 296 с.
7. Аренс, В. Ж. Эффективные сорбенты для ликвидации нефтяных разливов [Текст] / В. Ж. Аренс, О. М. Гредин // Экология и промышленность России. – 2006. – № 2. – С. 30-37.
8. Медицинские аспекты и санитарно-гигиеническая оценка бактериальных препаратов, применяемых для борьбы с нефтяным загрязнением водоемов [Текст] : [сб. науч. статей] / В. И. Соловьев [та ін.]. – Одесса : ОЦНТЭИ, 2001. – С. 195-200.
9. Думанська, Т. У. Біологічні властивості бактерій-деструкторів вуглеводнів нафти: автореф. дис. ... канд. біол. наук / Т. У. Думанська. – К., 2008. – 18 с.
10. Екологія промислових підприємств [Текст] // Проблеми утилізації відходів. – К. : Знання, 2004. – 186 с.

Надійшла до редколегії 11.11.2011.

Прийнята до друку 14.11.2011.

Е. Л. МАТВЕЕВА, Д. А. ДЕМЯНКО, И. А. ОГДАНСКАЯ

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ И ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

Рассмотрены методы очистки воды от нефти и нефтепродуктов. Представлена сравнительная характеристика сорбентов для ликвидации нефтезагрязнений. Обоснована необходимость использования нефтяного сорбента «Эколан», который позволяет эффективно и быстро удалять последствия разливов нефти и продуктов ее переработки.

Ключевые слова: очистка воды, нефтепродукты, сорбенты, нефтезагрязнения

E. L. MATVEYEVA, D. A. DEMYANKO, I. A. OGDANS'KA

ANALYSIS OF PROBLEMS AND PROSPECTS USING METHODS CLEANING OF OIL CONTAMINATED WATERS

The methods of cleaning water from oil and petroleum products. Submitted comparative characteristics of sorbents to eliminate oil polluted. The necessity of using an oil sorbent "Ekolan" that can effectively and quickly remove the effects of oil spills and processed products.

Keywords: water treatment, petroleum products, sorbents, oil pollution

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

У статті представлено обґрунтування подальшого впровадження теплонасосної та теплоакumuлюючої техніки в системах тепlopостачання на об'єктах залізничного транспорту. Показано значні переваги такої техніки перед існуючими системами, насамперед за рахунок значного скорочення потреб у дефіцитних видів палива та її екологічності.

Ключові слова: системи тепlopостачання, теплові насоси, теплоакumuлююча техніка

Залізничний транспорт є крупним споживачем теплової енергії, що витрачається на виробничо-технологічні і побутові потреби. Теплота витрачається на пристрої для підготовки рухомого складу до перевезень (зовнішнє й внутрішнє очищення локомотивів і вагонів, дезінфекція вагонів, піскопостачання локомотивів, приготування охолоджуючої води для двигунів тепловозів і дистилляту для акумуляторних батарей рухомого складу). Досить значними є витрати енергії на обігрівання у холодну пору року вагонів пасажирських поїздів при перевезенні пасажирів і при відстої їх на станціях відправлення й прибуття; тепловозів, що знаходяться у гарячому резерві депо та ін. Суттєвою особливістю комунально-побутового споживання теплоти на залізничному транспорті є необхідність створення для великої кількості людей комфортних умов на залізничних вокзалах, а також приготування білизни для пасажирських перевезень у поїздах дальнього сполучення.

Вирішення питань ефективного витрачання енергетичних ресурсів, що на даний період є дуже актуальними, може бути здійснено лише шляхом модернізації теплотехнічного обладнання та використання вторинних енергоресурсів, своєчасного оснащення депо і ремонтних заводів більш сучасним теплотехнічним устаткуванням, що до того ж забезпечує охорону навколишнього середовища.

У теперішній час система централізованого тепlopостачання, яка до цього вважалася найбільш обґрунтованою, поступово стає все менш конкурентоздатною у порівнянні з децентралізованим виробництвом теплоти. Особливо це стосується районів з низькою щільністю забудови, характерною для більшості об'єктів залізничного транспорту, де переважають одно- або двоповерхові будівлі.

За останній час з'явилося багато пропозицій конструкцій котлів, які для одержання теплоти

використовують електричну енергію. До таких приладів відносяться електронагрівачі (парові та водогрійні), а також гідродинамічні нагрівачі. Тільки на Одеській залізниці біля двадцяти об'єктів обігріваються електричною енергією.

Електронагрівачі та гідродинамічні нагрівачі з енергетичної точки зору можуть бути віднесені до одного й того ж класу нагрівачів, а саме тих, що використовують для своєї роботи електричну енергію. Коефіцієнт перетворення електричної енергії у теплову достатньо високий (92...95 %). До інших переваг таких нагрівачів слід віднести й деякі сприятливі експлуатаційні показники. А саме: у більшості випадків вони не потребують безперервного нагляду за роботою. Крім того, відсутня необхідність будівництва спеціальних приміщень для розміщення теплогенератора. Для них характерна відносна простота підведення первинної енергії – електричного струму, а не газу чи, тим більше, мазуту або твердого палива. Простота регулювання продуктивності та можливість наближення генератора теплоти до споживача; швидкість введення в дію та деякі ін.

Але слід пам'ятати, що електрична енергія об'єктивно є досить коштовним видом палива. Вона сама виробляється на теплових і атомних електростанціях з ККД 30...35 %. Тому перед тим, як приймати рішення про використання електричних нагрівальних апаратів, необхідно провести ґрунтовний економічний аналіз. А там, де вже використовуються електронагрівачі, необхідно провести ретельний енергоаудит.

Застосування електричного нагріву в тому чи іншому вигляді може стати вигідним у разі сполученням його з акумуляторами теплоти. При цьому електричний нагрівач повинен використовуватись переважно у нічний час, коли діє пільговий тариф на електроенергію, а споживання нагрітого теплоносія відбувається у зручний для споживача час. Додаткові витрати, пов'язані з впровадженням такої системи, обу-

мовлені установкою багатотарифного лічильника електроенергії та водяного або іншого пристрою для акумулювання теплоти. При таких умовах, як показують розрахунки, використання електричного нагріву по економічних показниках наближається до умов одержання теплоти за рахунок спалювання органічного палива. Додатковою перевагою такого теплопостачання є його екологічність.

На даний час електроенергетика України знаходиться у складному становищі. Зокрема, в тепловій енергетиці чимало питань пов'язуються з раціональними об'ємами й структурою виробництва електроенергії в Об'єднаній енергосистемі (ОЕС) України. Одне із головних питань у цьому цензі пов'язане із процесом регулювання добового графіка навантажень (ДГН), котрий характеризується великою нерівномірністю (див. рис. 1). При цьому треба пам'ятати, що для атомної енергетики бажаними є робота на постійному режимі.

Для вирівнювання добового графіка навантаження використовують наступні основні способи: переклад енергоємних підприємств на роботу у нічний час, створення гідроакumuлюючих електростанцій (ГАЕС), добове регулювання навантаження енергоблоків, застосування резервних потужностей в «піковий» і «напівпіковий» час (наприклад, газотурбінних установок), використання надлишкової електроенергії для цілей електроопалення в промисловості і комунальній теплоенергетиці [1].

З перелічених способів вирівнювання ДГН на даний час найбільш раціональним є останній. Тому в різних країнах існують заохочувані заходи використання електроенергії в нічний час. Саме таким заохочуючим заходом є пільговий тариф, який дозволяє одержувати не тільки значний технічний, але і немалий загальнодержавний економічний ефект. Таким чином, впровадження електроопалення разом із акумулюванням одержаної в нічний час теплоти є доцільним і заслуговує значної уваги.

Ще більшого ефекту у раціоналізації системи теплопостачання депо і інших підприємств та об'єктів залізничного транспорту, в тому числі і рухомого складу, можна досягти широким впровадженням теплонасосних установок (ТНУ). Це є найбільш привабливим напрямком у справі енергозбереження за рахунок використання теплоти низького потенціалу оточуючого середовища (наприклад, води рік і озер, а також незамерзаючого ґрунту чи відпрацьованого повітря з системи вентиляції і навіть оточуючого повітря), а також вторинних енергоресурсів і

відпрацьованої теплоти теплотехнологічного обладнання. Але його реалізація потребує більш значних первинних капіталовкладень і тому може розглядатись у більш віддаленій перспективі, над якою, між іншим, слід працювати вже сьогодні.

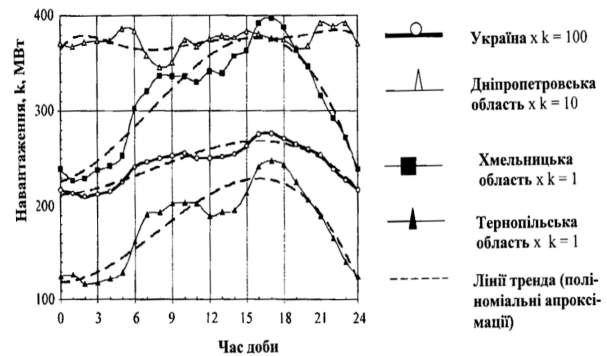


Рис. 1. Добове навантаження в зимовий режимний день 2005 р., МВт (знаком x означені множники до числових значень навантажень по осі ординат)

Зважаючи на широкий спектр теплових потужностей, які потрібні для задоволення технологічних і побутових споживачів на залізничному транспорті, а також спектр параметрів теплоспоживання, важливим є визначення номенклатури теплогенеруючого обладнання для планування заходів з енергозбереження.

Як показано в роботі [2], цілий ряд таких заходів може здійснюватись за рахунок модернізації і удосконалення існуючого теплогенеруючого і тепло-споживаючого обладнання. Але вже тепер слід планувати і починати впроваджувати більш глибокі структурні зміни в теплоенергетичному господарстві галузі. Насамперед це стосується широкого використання вторинних енергоресурсів на основі впровадження теплонасосної техніки. В якості джерел низькопотенційної теплоти для роботи теплових насосів можуть бути використані атмосферне повітря, різні вентиляційні викиди, вода природних водоймищ, ґрунт і, насамперед, скидна вода систем охолодження промислового обладнання. В той же час використання теплонасосної техніки у жарку пору року дозволяє створити комфортні умови для людей, що значно покращує їх самопочуття та підвищує продуктивність праці.

Енергетична ефективність теплового насоса оцінюється коефіцієнтом перетворення ($K_{\text{ТН}}$), який дорівнює відношенню теплопродуктивності ТН ($Q_{\text{ТН}}$) до затраченої електричної потужності (на електропривід компресора):

$$K_{\text{ТН}} = Q_{\text{ТН}} / N_{\text{ел}}$$

Слід зауважити, що величина $K_{\text{тн}}$, в силу законів термодинаміки, завжди більше одиниці, а тому кількість теплової енергії, переданої споживачеві, виявляється більшою за величину підведеної зовнішньої енергії на величину енергії, відібраної від низькопотенціального джерела. Базове значення $K_{\text{тн}}$ залежить від цілого ряду факторів, але завжди не менше 2...4.

Енергетична доцільність застосування теплових насосів у якості теплогенераторів переконливо доведена результатами великої кількості наукових досліджень і досвідом експлуатації мільйонів ТНУ в промислово розвинених країнах світу [3, 4, 5].

Техніко-економічні розрахунки показують, що витрати палива в системах тепlopостачання на базі ТНУ можуть бути зменшені в порівнянні з великими опалювальними котельнями в 1,2...1,8 разів, а із малими котельнями й індивідуальними теплогенераторами в 2...2,6 рази, а у порівнянні з електронагрівачами, що використовуються без тепло акумуляторів, в 3...3,6 рази.

Строк окупності капіталовкладень у ТНУ звичайно становить від 2 до 5 років. У системах з рекуперацією теплоти низькопотенціальних скидних енергопотоків, строки окупності можуть бути менші 2 років. Наприклад, капіталовкладення в систему забезпечення оптимального температурно-вологісного режиму в типовому критому басейні, розроблену НВП «Інсолар» на базі ТНУ й утилізаторів теплоти скидних повітряних і водяних потоків і впроваджену в басейні «Нафтовик» м. Ахтирка Сумської області, окупилися за 18 місяців експлуатації [3]. При цьому вдалося майже в 8 разів знизити пікове енергоспоживання й виключити басейн із розряду енергомарнотратних об'єктів.

В Україні, на жаль, сьогодні важко вказати який-небудь інший напрямок розвитку нової техніки й технології, який перебував би в такому разючому протиріччі, як зі своїми потенціальними можливостями, так і з рівнем розвитку в інших країнах світу.

Якщо в розвинених країнах і країнах, що розвиваються, рахунок працюючих ТНУ різного функціонального напрямку ведеться на мільйони або сотні тисяч одиниць, то в Україні працюють одиничні установки, створені, в основному на елементній базі холодильного устаткування, увезеного із країн Західної Європи від спеціалізованих фірм - виробників.

Постає питання про інтенсивне розгортання власного виробництва і широкого застосування теплонасосної і теплоакуючої техніки на

залізничному транспорті, що обумовлено наростанням енергетичної кризи у світі та дуже обмеженими паливно-енергетичними ресурсами України. Але освоєння широкої номенклатури ТНУ по їх тепло- і холодопродуктивностям, а також параметрах теплоносіїв на виході, потребує значних капіталовкладень, у зв'язку з чим необхідно вирішити стратегічну задачу забезпечення тепловою енергією галузі при мінімально можливій номенклатурі виробів.

Вихідними даними для аналізу і побудови стратегії модернізації енергопостачання галузі є діапазон потужностей для задоволення потреб споживачів теплоти та холоду, а також температурні режими джерел тепlopостачання.

Переважна більшість сучасних ТНУ при широкому діапазоні тепло- та холодопродуктивностей (від декількох кіловат до сотень мегават) забезпечують температуру теплоносія на виході з установки в межах від 55 °С до 75 °С. Це пов'язано з тим, що вони проектуються по одноступеневій схемі та використовують відносно низькотемпературні холодоагенти і їх суміші (робочі тіла): R22, R407, R410 з критичною температурою ~100 °С. В умовах залізничної галузі потреба у теплових потужностях джерел тепlopостачання, як було сказано вище, при умові децентралізації відповідних систем складає від декількох кіловат до 1...3 МВт. Разом з тим температурний рівень теплоносія, що подається в систему тепlopостачання, і особливо теплоносіїв, що використовуються у деяких технологічних процесах повинен бути більш високим: до ~ 130...140 °С для сушарень деревини і до ~ 170...180 °С для сушарень електромашин і апаратів. Що стосується систем опалення, то рівень температур теплоносіїв 75...85 °С може задовольнити новобудови з підвищеними вимогами до теплоізоляції будівельних огорожень та обладнаних системами опалення типу «тепла підлога». В той же час існуючі будови розраховані на подачу в систему опалення теплоносія з температурою 85...95 °С, тому при подачі теплоносія з меншою температурою виникне потреба оснащення існуючих систем опалення додатковими нагрівальними приладами.

Крім того, слід мати на увазі, що клімат в Україні дещо прохолодніший, ніж в більшості країн Західної Європи та Америки. Тому в умовах півночі і сходу часто передбачають оснащення систем опалення, поряд із тепловими насосами, додатковими нагрівальними приладами, наприклад електричними або газовими нагрівачами (так звана бівалентна схема), що

ускладнює систему і робить її менш ефективною.

У зв'язку із викладеним, а також, беручи до уваги бажане скорочення номенклатури виробів теплонасосної техніки з метою уніфікації виробництва, пропонуємо на ближню перспективу обмежитись освоєнням виробництва електроопалювальних установок, оснащених тепловими акумуляторами і багатотарифними лічильниками електроенергії, потужністю від трьох до тридцяти кіловатів.

Що ж стосується більших потужностей, то для задоволення таких потреб слід розробити і впровадити теплонасосні установки відповідної продуктивності, які б могли функціонувати як в режимах нагріву, так і охолодження повітря. При цьому, встановленню теплових насосів повинен передувати енергоаудит даного підприємства, мета якого виявлення вторинних ресурсів енергії, що зараз викидається в навколишнє середовище.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Электрокотлы для автономных систем теплоснабжения: анализ рынка Украины [Текст] / А. А. Долинский [и др.] // Промышленная теплотехника. – 2009. – № 6. – С. 64–72.
2. Аспекти політики енергозбереження у стаціонарній теплоенергетиці залізничного транспорту [Текст] / М. І. Луханін [та ін.] // Залізн. трансп. України. – 2009. – № 1. – С. 7–12.
3. Использование тепловых насосов для децентрализованного теплоснабжения промышленных предприятий [Текст] / Я. А. Ковылянский [и др.] // Холодильная техника. – 1981. – № 1.
4. Горшков, В. Г. Тепловые насосы. Аналитический обзор [Текст] // В. Г. Горшков // Справочник промышленного оборудования. – 2004. – № 2. – С. 47–80.
5. Долинский, А. А. Тепловые насосы в системе теплоснабжения зданий [Текст] / А. А. Долинский, Б. Х. Драганов // Промышленная теплотехника. – 2008. – № 6. – С. 71–83.

Надійшла до редколегії 26.12.2011.

Прийнята до друку 30.12.2011.

В. А. ГАБРИНЕЦ, Е. В. ХРИСТЯН, И. В. ТИТАРЕНКО

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

В статье представлено обоснование дальнейшего внедрения теплонасосной и теплоаккумулирующей техники в системах теплоснабжения на объектах железнодорожного транспорта. Показано значительные преимущества такой техники перед существующими системами, прежде всего за счет значительного сокращения потребностей в дефицитных видах топлива и ее экологичности.

Ключевые слова: системы теплоснабжения, тепловые насосы, теплоаккумулирующая техника

V. A. GABRINETZ, E. V. HRISTYAN, I. V. TYTARENKO

THE WAY OF ENERGY EFFICIENCY OF THE RAILWAYS UNITS

The article presents a rationale for the further introduction of heat pump and thermal storage technology in the heating systems at the facilities of railway transport. Shown significant advantages of this technique over existing systems, primarily due to a significant reduction in demand for scarce fuels and its environmental friendliness.

Keywords: heating systems, heat pumps, thermal storage equipment

К. В. ГОНЧАРОВ (ДИИТ)

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ТОНАЛЬНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ ОТ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ

В работе проведен анализ различных методов подавления импульсных помех, исследованы особенности их применения в путевых приемниках тональных рельсовых цепей. Результаты имитационного моделирования показали высокую помехозащищенность системы «широкополосный фильтр – ограничитель – коррелятор».

Ключевые слова: тональные рельсовые цепи, путевой приемник, импульсные помехи, полосовой фильтр, полоса пропускания фильтра, коррелятор, амплитудный ограничитель

Введение

Рельсовые цепи являются одними из наиболее ответственных элементов автоматизированных систем управления движением поездов (АСУДП). Они выполняют функции путевых датчиков, обеспечивающих контроль свободности путевых участков и целостности рельсовых нитей, а также используются в качестве телемеханических каналов для передачи сигналов автоматической локомотивной сигнализации. В последнее время все чаще применяются тональные рельсовые цепи (ТРС), в которых несущие частоты сигналов контроля рельсовой линии (КРЛ) находятся в диапазоне от 420 Гц до 5 555 Гц. Использование сигнального тока тонального диапазона позволяет ослабить взаимные влияния между рельсовыми цепями, использовать централизованное размещение аппаратуры, исключить изолирующие стыки. Благодаря последнему появляется возможность применения цельносварных рельсовых плетей, обеспечивается электрическая непрерывность цепи возврата тягового тока, сокращается число используемых дроссель-трансформаторов [1, 2].

Рельсовые цепи эксплуатируются в условиях воздействия различных электромагнитных помех, источниками которых являются система тягового электроснабжения, подвижной состав, устройства автоматической локомотивной сигнализации, соседние рельсовые линии. Для подавления помех в путевых приемниках ТРС применяются узкополосные фильтры, настроенные на несущую частоту сигнала. Полоса пропускания таких фильтров выбирается из условия максимального подавления возможных сосредоточенных по спектру гармонических помех (гармоник тягового тока, сигналов соседних рельсовых цепей). В тоже время узкополосные фильтры не позволяют подавить импульсные помехи, которые возникают в результате различных коммутационных процессов в контактной сети, изменения режима ведения

электровоза, грозовых разрядов и других причин. Импульсные помехи приводят к появлению на выходе узкополосного фильтра свободных затухающих колебаний на несущей частоте сигнала КРЛ, что может привести к сбою в работе рельсовой цепи.

К настоящему времени разработаны различные методы подавления импульсных помех: использование амплитудных ограничителей, компенсация помех, прерывание тракта приемника на время действия импульсной помехи, применение схемы «широкополосный фильтр – ограничитель – узкополосный фильтр» и другие [3,4].

Целью данной работы является исследование особенностей применения различных методов подавления импульсных помех в путевых приемниках тональных рельсовых цепей, усовершенствование алгоритма обработки сигнала контроля рельсовой линии.

Особенности применения ограничителей для подавления импульсных помех

Наиболее часто для подавления импульсных помех используются амплитудные ограничители. Рассмотрим, как влияет ограничитель на спектральный состав гармонических помех, уровень которых превышает пороговый уровень ограничителя.

Для построения амплитудных ограничителей широко применяются элементы с нелинейной вольт-амперной характеристикой (ВАХ), такие как варисторы, полупроводниковые диоды и стабилитроны. Известно [5], что ВАХ полупроводникового диода описывается экспоненциальной функцией вида

$$I = I_0 \left(e^{U/\varphi_m} - 1 \right), \quad (1)$$

где I_0 – обратный ток насыщения диода;

φ_m – температурный потенциал.

Можно показать, что характеристика огра-

нителя на основе полупроводниковых диодов описывается логарифмической функцией

$$U_{\text{вых}} = B \ln(AU_{\text{вх}} + 1), \quad (2)$$

где A и B – параметры ограничителя; $U_{\text{вх}}$ и $U_{\text{вых}}$ – напряжение на входе и выходе ограничителя.

Разложим логарифмическую функцию (2) в ряд [6]. С учетом первых двух членов ряда получим

$$U_{\text{вых}} = B \left(AU_{\text{вх}} - \frac{A^2 U_{\text{вх}}^2}{2} \right). \quad (3)$$

Рассмотрим случай, когда на вход амплитудного ограничителя поступает аддитивная смесь двух гармонических помех

$$U_{\text{вх}} = U_1 \cos(\omega_1 t) + U_2 \cos(\omega_2 t), \quad (4)$$

где U_1 и U_2 – амплитуды помех; ω_1 и ω_2 – частоты помех. Для упрощения анализа считаем, что фазы помех одинаковы. Подставив выражение (4) в (3), получим

$$\begin{aligned} U_{\text{вых}} = & -\frac{BA^2}{4}(U_1^2 + U_2^2) + BAU_1 \cos(\omega_1 t) + \\ & + BAU_2 \cos(\omega_2 t) - \frac{BA^2 U_1^2}{4} \cos(2\omega_1 t) - \\ & - \frac{BA^2 U_2^2}{4} \cos(2\omega_2 t) - \frac{BA^2 U_1 U_2}{2} \cos((\omega_1 + \omega_2)t) - \\ & - \frac{BA^2 U_1 U_2}{2} \cos((\omega_1 - \omega_2)t). \end{aligned}$$

Таким образом, в спектре сигнала на выходе диодного ограничителя кроме гармонических составляющих с частотами помех ω_1 и ω_2 появляются их гармоники $2\omega_1$ и $2\omega_2$, а также гармонические составляющие с комбинационными частотами $(\omega_1 + \omega_2)$ и $(\omega_1 - \omega_2)$. Подобное изменение спектра гармонических помех происходит также в ограничителях на основе варисторов, полупроводниковых стабилитронов и других нелинейных элементов.

Полоса пропускания путевого приемника тональных рельсовых цепей выбирается из условия максимального подавления возможных сосредоточенных по спектру помех (гармоник тягового тока, сигналов соседних рельсовых цепей). Применение амплитудных ограничителей на входе приемника приводит к появлению комбинационных частот, которые могут попасть в полосу пропускания приемника и при-

вести к сбою в работе рельсовой цепи. Покажем это на примере.

Рассмотрим приемник ТРЦ с несущей частотой 480 Гц, который имеет полосу пропускания от 468 Гц до 492 Гц [2]. Предположим, что соседняя рельсовая цепь работает на несущей частоте 420 Гц при частоте модуляции 12 Гц. В спектре сигнала соседней ТРЦ будут присутствовать несущая частота 420 Гц и первые гармоники нижней и верхней боковых полос 408 Гц и 432 Гц. Сигнал соседней рельсовой цепи вместе с помехой от тягового тока 50 Гц могут создать комбинационные частоты 458 Гц, 470 Гц и 482 Гц. Последние две частоты являются «опасными», т.к. попадают в полосу пропускания приемника с несущей частотой 480 Гц, что может привести к ложному срабатыванию приемника.

Рассмотренные особенности применения амплитудных ограничителей необходимо учитывать при разработке методов защиты путевых приемников рельсовых цепей от импульсных помех.

Система «широкополосный фильтр – ограничитель – узкополосный фильтр»

Эффективным методом подавления импульсных помех является применение системы «широкополосный фильтр – ограничитель – узкополосный фильтр» (ШОУ) [3, 4], схема которой представлена на рис. 1. Каждая импульсная помеха приводит к появлению на выходе широкополосного фильтра (ШФ) свободных затухающих колебаний на частоте резонанса фильтра, уровень которых уменьшается с помощью амплитудного ограничителя (АО). Широкополосный фильтр обеспечивает также первоначальное подавление сосредоточенных по спектру помех, благодаря чему уменьшается вероятность появления «опасных» комбинационных частот на выходе амплитудного ограничителя. Узкополосный фильтр (УФ) выполняет дальнейшее подавление помех.



Рис. 1. Система «широкополосный фильтр – ограничитель – узкополосный фильтр»

В существующих путевых приемниках тональных рельсовых цепей [1, 2] входными элементами являются двухсторонний амплитудный ограничитель, реализованный на полупроводниковых стабилитронах, и узкополосный фильтр, настроенный на несущую частоту сигнала контроля рельсовой линии. Таким обра-

зом, для реализации системы ШОУ путевого приемник ТРЦ следует дополнить широкополосным фильтром. Проанализируем, как влияют параметры такого фильтра на эффективность подавления импульсных помех.

В качестве входного широкополосного фильтра можно использовать низкодобротный колебательный контур, настроенный на несущую частоту сигнала контроля рельсовой линии. После каждой импульсной помехи в колебательном контуре возникают свободные затухающие колебания [7]

$$S_{шф}^n(t - \tau_0) = U_{шф}^n e^{-\delta(t-\tau_0)} \sin(\omega_0(t - \tau_0) + \varphi_{шф}^n), \quad (5)$$

где $U_{шф}^n$, $\varphi_{шф}^n$ – амплитуда и фаза помехи; τ_0 – время появления импульсной помехи; ω_0 – частота резонанса контура; δ – коэффициент затухания контура.

Рассмотрим случай воздействия мощной импульсной помехи, когда амплитуда колебаний (5) превышает пороговый уровень ограничителя. При этом ограничитель уменьшает уровень колебаний и изменяет их форму, так как «обрезаются» верхушки синусоиды. Такое изменение формы помехи приводит к появлению в ее спектре дополнительных высокочастотных составляющих, которые не попадают в полосу пропускания узкополосного фильтра. Поэтому в первом приближении помеху на выходе амплитудного ограничителя можно описать выражением

$$S_n(t - \tau_0) = U_{nop} e^{-\delta(t-\tau_0)} \sin(\omega_0(t - \tau_0) + \varphi_n), \quad (6)$$

где U_{nop} – пороговый уровень ограничителя, φ_n – фаза помехи на выходе ограничителя.

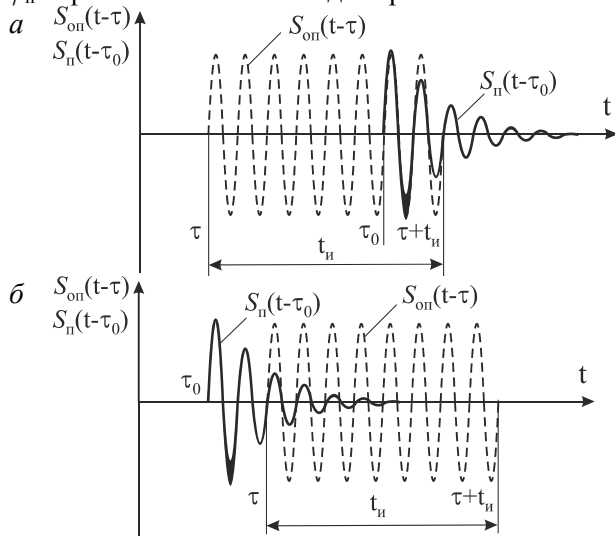


Рис. 2. Определение взаимокорреляционной функции помехи и опорного сигнала: а – $\tau \leq \tau_0$; б – $\tau \geq \tau_0$

В работе [8] показана эффективность ис-

пользования в приемнике ТРЦ в качестве узкополосного входного фильтра коррелятора, определяющего взаимокорреляционную функцию принятого колебания и опорного сигнала. Определим сигнал на выходе коррелятора при воздействии помехи (6)

$$q_n(\tau) = \int_0^T S_{on}(t - \tau) \cdot S_n(t - \tau_0) dt, \quad (7)$$

где T – интервал наблюдения; $S_{on}(t - \tau)$ – опорный сигнал вида

$$S_{on}(t - \tau) = \sin(\omega_0(t - \tau) + \varphi_{on}), \quad \tau \leq t \leq \tau + t_u, \quad (8)$$

где φ_{on} – фаза опорного сигнала; t_u – длительность импульса в сигнале КРЛ.

Рассмотрим случай, когда $\tau \leq \tau_0$ (рис. 2, а). Проводим интегрирование по области, в которой подынтегральное выражение (7) отлично от нуля

$$q_{n1}(\tau) = \int_{\tau_0}^{\tau+t_u} S_{on}(t - \tau) \cdot S_n(t - \tau_0) dt. \quad (9)$$

Подставив выражения (6), (8) в (9) и выполнив интегрирование, получим

$$q_{n1}(\tau) = \frac{U_{nop}}{2\delta} \cos(\omega_0(\tau - \tau_0) + \varphi_n - \varphi_{on}) \times (1 - e^{-\delta(\tau+t_u-\tau_0)}). \quad (10)$$

Определяем корреляционный интеграл (7) для случая $\tau \geq \tau_0$ (рис. 2, б)

$$q_{n2}(\tau) = \int_{\tau}^{\tau+t_u} S_{on}(t - \tau) \cdot S_n(t - \tau_0) dt. \quad (11)$$

После интегрирования получим

$$q_{n2}(\tau) = \frac{U_{nop}}{2\delta} \cos(\omega_0(\tau - \tau_0) + \varphi_n - \varphi_{on}) \times e^{-\delta(\tau-\tau_0)} (1 - e^{-\delta t_u}). \quad (12)$$

Для обоих случаев максимальное значение помехи на выходе коррелятора достигается при $\tau = \tau_0$ и $\varphi_n = \varphi_{on}$

$$q_{n \max} = \frac{U_{nop}}{2\delta} (1 - e^{-\delta t_u}). \quad (13)$$

Определим сигнал на выходе коррелятора при воздействии сигнала контроля рельсовой линии

$$S_c(t - \tau_c) = U_c \sin(\omega_0(t - \tau_c) + \varphi_c), |t - \tau_c| \leq t_u/2, (14)$$

где U_c , φ_c – амплитуда и фаза сигнала; τ_c – время появления сигнала. Для этого находим взаимокорреляционную функцию сигнала контроля рельсовой линии и опорного сигнала

$$q_c(\tau) = \int_0^T S_{on}(t - \tau) \cdot S_c(t - \tau_c) dt. (15)$$

Рассматривая отдельно случаи $\tau \leq \tau_c$, $\tau \geq \tau_c$ и проводя интегрирование по областям, в которых подынтегральное выражение (15) отлично от нуля, получим

$$q_c(\tau) = \frac{U_c t_u}{2} \cos(\omega_0(\tau - \tau_c) + \varphi_c - \varphi_{on}) \times \left(1 - \frac{|\tau - \tau_c|}{t_u}\right), |\tau - \tau_c| \leq t_u. (16)$$

Максимальное значение сигнала на выходе коррелятора достигается при $\tau = \tau_c$ и $\varphi_c = \varphi_{on}$

$$q_{c \max} = \frac{U_c t_u}{2}. (17)$$

Как правило, пороговый уровень амплитудного ограничителя выбирается равным максимально возможному уровню полезного сигнала. Поэтому можно считать, что $U_{пор} \approx U_c$, то есть амплитуды помехи и сигнала на входе коррелятора совпадают. При этом отношение амплитуд сигнала и импульсной помехи на выходе коррелятора равняется

$$\frac{q_{c \max}}{q_{n \max}} = \frac{\delta t_u}{1 - e^{-\delta t_u}} = \frac{\pi \Delta f t_u}{1 - e^{-\pi \Delta f t_u}}, (18)$$

где $\Delta f = \delta/\pi$ – полоса пропускания широкополосного фильтра. На рис. 3 показана зависимость отношения сигнал/помеха от полосы пропускания широкополосного фильтра при несущей частоте 480 Гц и модулирующей частоте 12 Гц. Так как произведение δt_u значительно выше единицы, то данная зависимость является практически линейной.

Таким образом, чем больше полоса пропускания широкополосного фильтра, тем более эффективным является применение схемы ШОУ для подавления импульсных помех. С другой стороны увеличение полосы пропускания входного фильтра приводит к расширению спектра синусоидальных помех, попадающих на амплитудный ограничитель, что повышает вероятность появления «опасных» комбинационных частот.

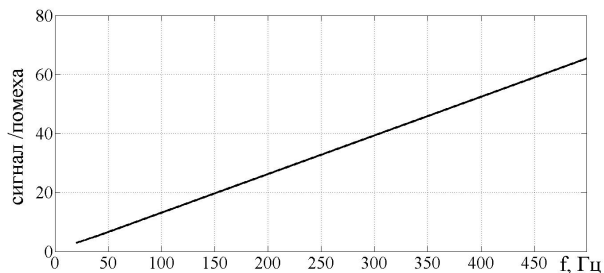


Рис. 3. Зависимость отношения сигнал / импульсная помеха на выходе коррелятора от полосы пропускания широкополосного фильтра

Имитационное моделирование

Для исследования эффективности схемы ШОУ было проведено имитационное моделирование в среде Matlab. Проводился сравнительный анализ помехоустойчивости трех вариантов построения путевого приемника ТРЦ:

- 1) использование одного входного узкополосного фильтра как в существующих приемниках ТРЦ;
- 2) использование схемы ШОУ;
- 3) использование схемы ШОУ с коррелятором в качестве узкополосного фильтра.

Моделирование проводилось для путевого приемника, настроенного на несущую частоту 480 Гц. Цифровая модель входного узкополосного фильтра была синтезирована с помощью программы FDATool пакета Matlab в соответствии с требованиями действующих нормативных документов [9]. Параметры модели узкополосного фильтра:

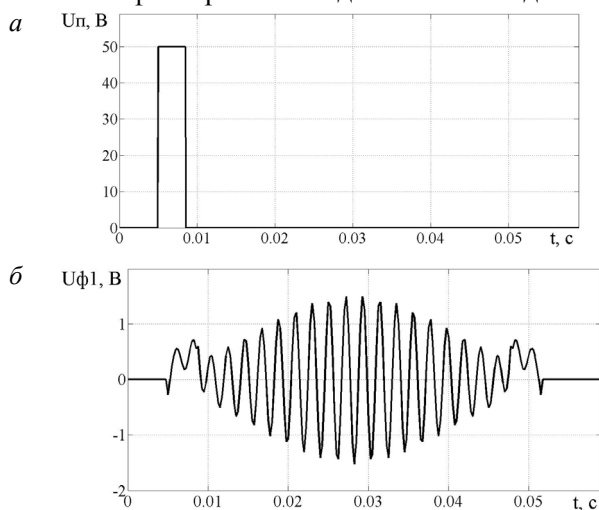
- тип – КИХ-фильтр;
- порядок – 86;
- частота дискретизации – 2 кГц;
- полоса пропускания по уровню 3 дБ – (468-492) Гц;
- коэффициент передачи на несущей частоте – 1;
- полоса задерживания – < 444 Гц, > 516 Гц;
- затухание в полосе задерживания – > 38 дБ.

В работе [10] проводились исследования импульсных помех, создаваемых электровозом постоянного тока при различных режимах движения поезда (переключение схем управления тяговыми двигателями локомотива, в том числе – режим рекуперации; набор и сброс позиций контроллера машиниста, буксование локомотива, движение по стрелочным переводам и боковая качка локомотива, проезд изолирующих стыков и т.д.). Авторы работы [10] получили следующие оценки параметров помех: амплитуда зафиксированных импульсных помех находилась в диапазоне от -47 до 51 В, математи-

ческое ожидание длительности помех составило 3,52 мс, дисперсия длительности помех – 17,01 мс², математическое ожидание межимпульсных интервалов – 171,7 мс, дисперсия межимпульсных интервалов – 0,2034 с².

В качестве тестовой помехи в данной работе использовался одиночный кратковременный импульс амплитудой 50 В и длительностью 3,5 мс (рис. 4, а). На рис. 4, б показан результат воздействия такой помехи на узкополосный фильтр с полосой пропускания 24 Гц. Амплитуда помехи на выходе фильтра составляет 1,78 В.

На следующем этапе моделирования исследовалась помехоустойчивость схемы ШОУ. Для этого разработанная ранее модель узкополосного фильтра была дополнена моделями



широкополосного фильтра и амплитудного ограничителя. В качестве широкополосного фильтра применялся колебательный контур с передаточной функцией [7]

$$K(p) = \frac{\omega_0^2}{p^2 + \Delta\omega p + \omega_0^2}, \quad (19)$$

где ω_0 – частота резонанса контура; $\Delta\omega$ – полоса пропускания контура. Моделирование выполняли для контура с частотой резонанса 480 Гц и полосой пропускания 100 Гц. При такой полосе широкополосный фильтр обеспечивает надежное подавление гармоник тягового тока и выполняет предварительное подавление сигналов соседних рельсовых цепей.

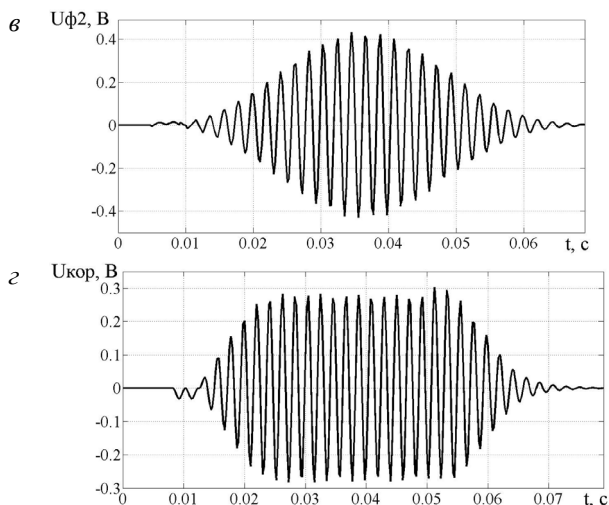


Рис. 4. Временные диаграммы сигналов: а – тестовая помеха; б – подавление помехи обычным фильтром; в – подавление помехи схемой ШОУ; г – подавление помехи схемой ШОУ с коррелятором

С помощью билинейного преобразования функции (19) была получена передаточная функция цифровой модели контура

$$K(z) = \frac{0,1164z^2 + 0,2329z + 0,1164}{z^2 - 1,406z + 0,8713}. \quad (20)$$

Пороговый уровень ограничителя был выбран равным уровню сигнала КРЛ на выходе колебательного контура. В схему ШОУ также был введен нормирующий усилитель, обеспечивающий коэффициент передачи схемы на несущей частоте, равным единице. На рис. 4, в показан сигнал на выходе схемы ШОУ при воздействии тестовой помехи. Амплитуда такого сигнала составляет 0,43 В. Таким образом, схема ШОУ позволила повысить отношение сигнал / помеха в 4,1 раз по сравнению с обычным узкополосным фильтром.

На третьем этапе проводилось исследование схемы ШОУ, в которой в качестве узкополосного фильтра использовался коррелятор. С по-

мощью нормирующего усилителя коэффициент передачи такой схемы на несущей частоте также подбирался равным единице. Результат воздействия тестовой помехи показан на рис. 4, г. Амплитуда сигнала составляет 0,3 В, т.е. схема ШОУ с коррелятором позволила повысить отношение сигнал / помеха в 5,9 раз по сравнению с узкополосным фильтром.

Выводы

1. Применение амплитудных ограничителей на входе путевого приемника тональных рельсовых цепей позволяет подавить импульсные помехи. Однако аддитивная смесь гармоник тягового тока и сигналов соседних рельсовых цепей приводит к появлению на выходе ограничителя комбинационных частот, которые могут попасть в полосу пропускания входного фильтра приемника и привести к сбою в работе рельсовой цепи.

2. Схема «широкополосный фильтр – огра-

ничитель – узкополосный фильтр» позволяет не только подавить импульсные помехи, но и ограничить спектр гармонических помех, уменьшая вероятность появления «опасных» комбинационных частот. При полосе пропускания широкополосного фильтра 100 Гц схема ШОУ позволяет повысить отношение сигнал / импульсная помеха в 4,1 раз по сравнению с обычным узкополосным фильтром.

3. В качестве узкополосного фильтра в схеме ШОУ целесообразно использовать коррелятор. При этом отношение сигнал / импульсная помеха зависит практически прямо пропорционально от полосы пропускания широкополосного фильтра. При полосе пропускания 100 Гц схема ШОУ с коррелятором позволяет повысить отношение сигнал / импульсная помеха в 5,9 раз по сравнению с узкополосным фильтром.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федоров, Н. Е. Современные системы автоблокировки с тональными рельсовыми цепями [Текст] : учеб. пособие / Н. Е. Федоров. – Самара: СамГАПС, 2004. – 132 с.
2. Кулик, П. Д. Тональные рельсовые цепи в системах ЖАТ: построение, регулировка, обслуживание, поиск и устранение неисправностей, повышение эксплуатационной надежности [Текст] / П. Д. Кулик, Н. С. Ивакин, А. А. Удовиков. – К.: Изд. дом «Мануфактура», 2004. – 288 с.
3. Фомин, А. Ф. Помехоустойчивость систем железнодорожной радиосвязи [Текст] / А. Ф. Фо-

- мин, Ю. В. Ваванов. – М.: Транспорт, 1987. – 295 с.
4. Каллер, М. Я. Теоретические основы транспортной связи [Текст] / М. Я. Каллер, А. Ф. Фомин. – М.: Транспорт, 1989. – 383 с.
5. Гусев, В. Г. Электроника: учебное пособие [Текст] / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. – М.: Высш. шк., 1991. – 622 с.
6. Градштейн, И. С. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений [Текст] / И. С. Градштейн, И. М. Рыжик. – М.: Физматгиз, 1963. – 1100 с.
7. Гоноровский, И. С. Радиотехнические цепи и сигналы [Текст] / И. С. Гоноровский. – М.: Радио и связь, 1986. – 512 с.
8. Гончаров, К. В. Корреляционный путевой приемник тональных рельсовых цепей [Текст] / К. В. Гончаров // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2011. – Вип. 38. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2011. – С. 188-193.
9. Методичні вказівки з експлуатації тональних рейкових кіл [Текст]: керівний нормативний документ «Укрзалізниці», ЦШ/0034 : Затв.: Наказ «Укрзалізниці» від 23.02.2004 №030-Ц. – К.: Мінтранс України, 2004. – 48 с.
10. Блачев, К. Э. Имитационное моделирование цифрового приемника сигналов систем интервального регулирования движения поездов [Текст] / К. Э. Блачев // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. – 2008. – № 2 (22). – С. 223-227.

Поступила в редколлегию 11.11.2011.

Принята к печати 14.11.2011.

ГОНЧАРОВ К. В. (ДІПТ)

МЕТОДИ ЗАХИСТУ ТОНАЛЬНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ ВІД ВПЛИВУ ІМПУЛЬСНИХ ЗАВАД

В роботі проведений аналіз різних методів зменшення імпульсних завад, досліджені особливості їх застосування в колійних приймачах тональних рейкових кіл. Результати імітаційного модулювання показали високу завадостійкість системи «широкопasmовий фільтр – обмежувач – корелятор».

Ключові слова: Тональні рейкові кола, колійний приймач, імпульсні завади, смуговий фільтр, смуга пропускання фільтру, корелятор, амплітудний обмежувач

GONCHAROV K. V. (DNURT)

METHODS OF PROTECTION OF TONE RAIL CIRCUITS FROM INFLUENCE OF PULSE INTERFERENCE

In paper the various methods for suppressing pulse interference have been analyzed, the features of their application in the track receivers of tone rail circuits have been investigated. Simulation results showed a high noise immunity of the system «broadband filter – limiter – correlator».

Keywords: Tone rail circuits, track receiver, pulse interference, bandpass filter, the bandwidth of the filter, correlator, amplitude limiter

МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ 100VG-anyLAN В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Представлений один із можливих варіантів об'єднання мереж різних технологій з використанням концентраторів та комутаторів 100VG-anyLAN на рівні лінійних підприємств залізничного транспорту України. Розроблена відповідна імітаційна модель мережі з комутатором, в основу якої покладені діаграма станів порту комутатора за алгоритмом прозорого моста та діаграми станів концентратора та станції 100VG-anyLAN для визначення характеристик мереж в пріоритетному та безпріоритетному режимах обробки даних. Встановлено, що на час реакції мережі 100VG-anyLAN найбільший вплив виявляє поріг очікування запитів в черзі.

Ключові слова: висхідний та спадні порти, високий та низький пріоритет, алгоритм прозорого моста, фільтрація та просування кадру

Вступ і постановка проблеми

Відповідно планів розвитку залізничного транспорту України сучасна технологія збору й обробки інформації; експлуатація автоматизованих систем; впровадження новітніх засобів обчислювальної техніки, система передачі даних (СПД), система управління базами даних (СУБД); створення єдиних баз даних; використання наскрізних інформаційних технологій припускають створення вертикалі керування всіма інформаційними ресурсами галузі й зміни існуючої організаційної структури. З іншого боку, існують інформаційні системи, в основі яких використання абсолютно різних мережевих технологій [1-2]. Виникаюча проблема їх взаємодії на проміжному етапі інформатизації може бути вирішена застосуванням технології

100VG-anyLAN, кожен концентратор якої може бути налаштований на підтримку або кадрів формату Ethernet, або кадрів формату Token Ring. Для з'єднання мереж 100VG-anyLAN, що використовують різні формати кадрів, потрібний міст або комутатор. Загальна структура такої мережі зображена на рис. 1.

Аналіз публікацій

Мережа 100VG-anyLAN завжди включає кореневий концентратор, званий концентратором рівня 1 (K1), як це показано на рис. 2. Кореневий концентратор має зв'язки з кожним вузлом мережі, утворюючи топологію типу зірка

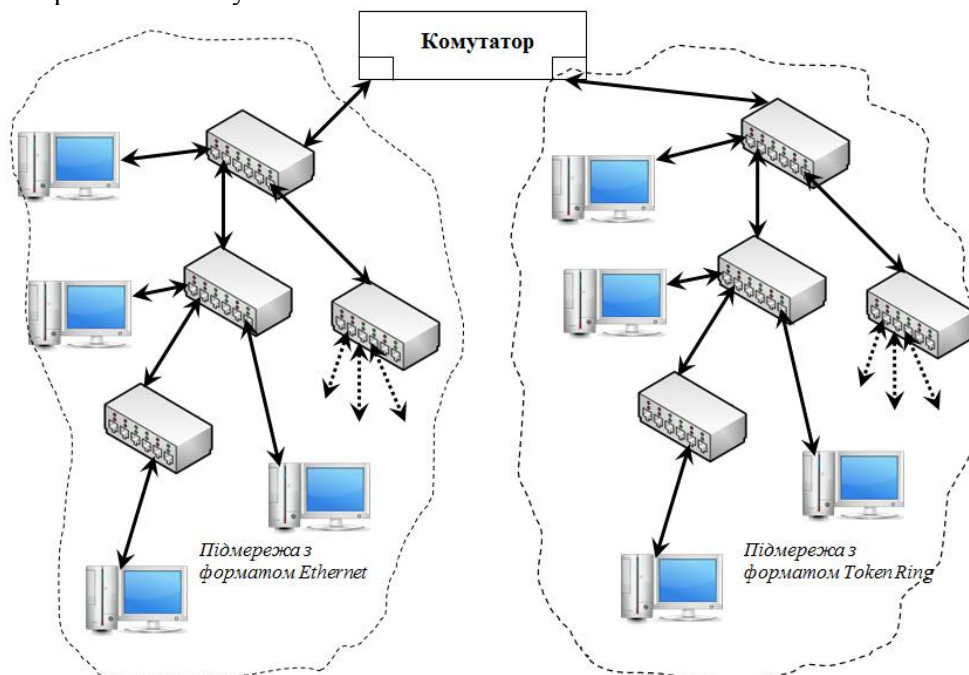


Рис. 1. Загальна структура мережі 100VG-anyLAN

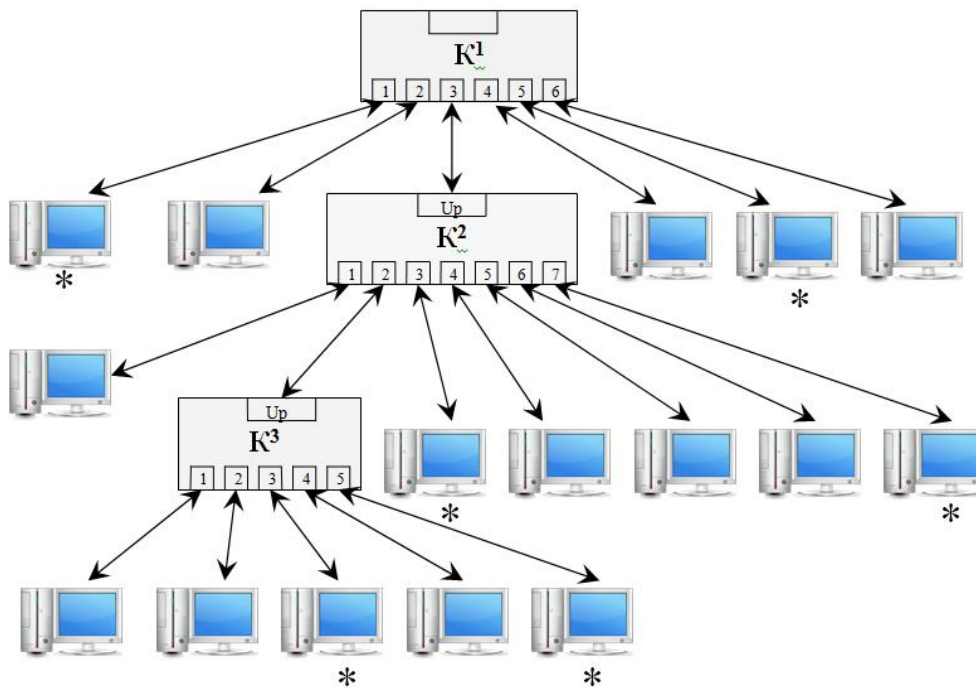


Рис. 2. Опитування портів концентраторів 100VG-anyLAN

Примітка: * – високий пріоритет даних

Цей концентратор являє собою інтелектуальний центральний контролер, який керує доступом до мережі, постійно виконуючи цикл «кругового» сканування своїх портів і перевіряючи наявність запитів на передачу кадрів від приєднаних до них вузлів. Концентратор приймає кадр від вузла, що видав запит, і передає його тільки через той порт, до якого приєднаний вузол з адресою, що збігається з адресою призначення, зазначених у кадрі [3].

Кожен концентратор має один «висхідний» (up-link) порт і N «спадних» портів (down-link). Так, наприклад, висхідний порт концентратора 2-го рівня (K2) зарезервований для приєднання до концентратора більш високого рівня (K1). Спадні 7-портів служать для приєднання вузлів, в тому числі і концентраторів 3-го рівня (K3).

Кожен порт концентратора може бути налаштований для роботи в нормальному режимі або в режимі монітора. Порт, сконфігурований для роботи в нормальному режимі (за замовчуванням), передає ті кадри, які призначені вузлу, підключеного до даного порту. Порт, сконфігурований для роботи в режимі монітора, передає всі кадри, оброблювані концентратором. Діаграми станів роботи концентратора та станції мережі в нормальному режимі розроблені та представлені в [4].

Формулювання цілей статті

Вивчити алгоритм прозорого моста та запропонувати відповідну формальну модель.

Розробити імітаційну модель VG з комутатором, в основі якої діаграми станів порту комутатора за алгоритмом прозорого моста, а також діаграми станів концентратора та станції мережі 100VG-anyLAN. На імітаційній моделі VG провести дослідження впливу факторів на час реакції мережі.

Основна частина

1. Алгоритм прозорого моста

Міст або комутатор діє за алгоритмом прозорого моста, кожен порт якого працює як кінцевий вузол свого сегменту за одним винятком – порт моста не має власної MAC-адреси. Порт моста працює в так званому нерозбірливому режимі захоплення кадрів, за допомогою якого міст стежить за всім трафіком, який передається в приєднаних до нього сегментах, і використовує всі кадри, які проходять через нього, для вивчення складу мережі (етап «Навчання»). На цьому етапі міст передає будь-який захоплений та буферизований кадр на всі свої порти за винятком того, від якого цей кадр отримано. Одночасно з передачею кадру на всі порти міст вивчає адресу джерела кадру і робить новий запис про його приналежність до своєї адресної таблиці [1]. Відповідна діаграма станів представлена на рис. 3.

Після того як міст пройшов етап «Навчання», він може працювати більш раціонально.

Після появи кадру міст переходить в стан «Аналіз адресної таблиці», в якому визначається наявність в таблиці адреси призначення кадру. Якщо адреса призначення кадру невідома, то міст

переходить в стан «Передача кадру» і кадр передається на всі порти, крім порта-джерела кадру. Міст переходить в стан «Формування запису».

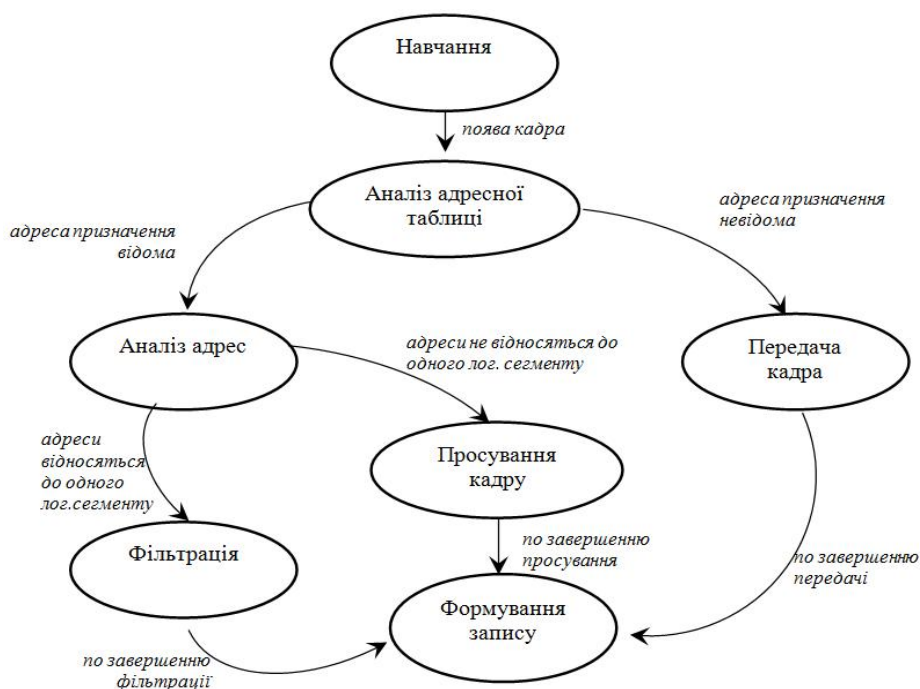


Рис. 3. Діаграма станів порта комутатора за алгоритмом прозорого моста

Якщо адреса призначення кадру відома, то міст переходить у стан «Аналіз адрес», у якому перевіряє, чи знаходяться станції з адресою джерела та адресою призначення в одному логічному сегменті. Якщо станції належать одному логічному сегменту, то кадр буде знищений з буфера (стан «Фільтрація»). Якщо вони знаходяться в різних сегментах, то міст передає кадр на інший порт, заздалегідь отримавши доступ до іншого сегменту (стан «Просування кадру»). У обох випадках міст заносить відповідний запис до адресної таблиці (стан «Формування запису»).

2. Імітаційна модель VG

Розроблена імітаційна модель VG з комутатором, в основу якої покладена діаграма станів порта комутатора за алгоритмом прозорого моста, а також діаграми станів концентратора та станції мережі. На головній формі моделі VG розміщені кнопки: «Вхідні параметри», «Структура мережі», «Відгук», «Діаграми». Так, наприклад, по натисканню кнопки «Структура мережі» з'являється відповідне вікно для завдання кількості рівнів ієрархії та кількості станцій на кожному рівні (рис. 4).

На вкладці «Діаграма» відображується максимальний час очікування заявки в черзі (синім

кольором) та максимальна довжина черги (жовтим кольором).

На рис. 5 показано приклад таких діаграм для безпріоритетного режиму моделювання мережі 100VG-anyLAN. Якщо ж обрано пріоритетний режим, то вихідні дані на діаграмах зображуються двома кольорами: червоним відображаються дані по портам, на які надсилаються заявки з високим пріоритетом, а синім і жовтим відображаються дані по портам, до яких підключені станції, для яких не встановлений високий пріоритет (рис. 6).

Порівняємо діаграми отримані в безпріоритетному та пріоритетному режимах роботи імітаційної моделі VG (рис. 5-6). Так, наприклад, на четвертому порту концентратора 3-го рівня максимальний час очікування заявки в черзі в безпріоритетному режимі становить 9354 мкс, а в пріоритетному режимі - 9840 мкс. Це пояснюється тим, що для станції, яка під'єднана до цього порту, встановлено низький режим заявок, тому їй приходится очікувати поки не виконаються усі запити з високим пріоритетом або не буде перевищено поріг очікування заявки в черзі.

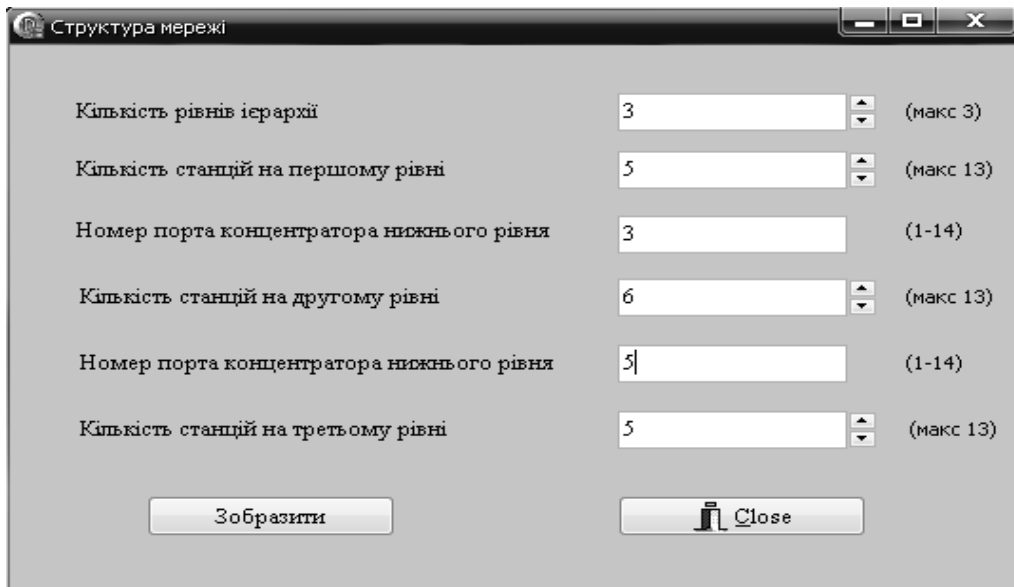


Рис. 4. Завдання структури мережі

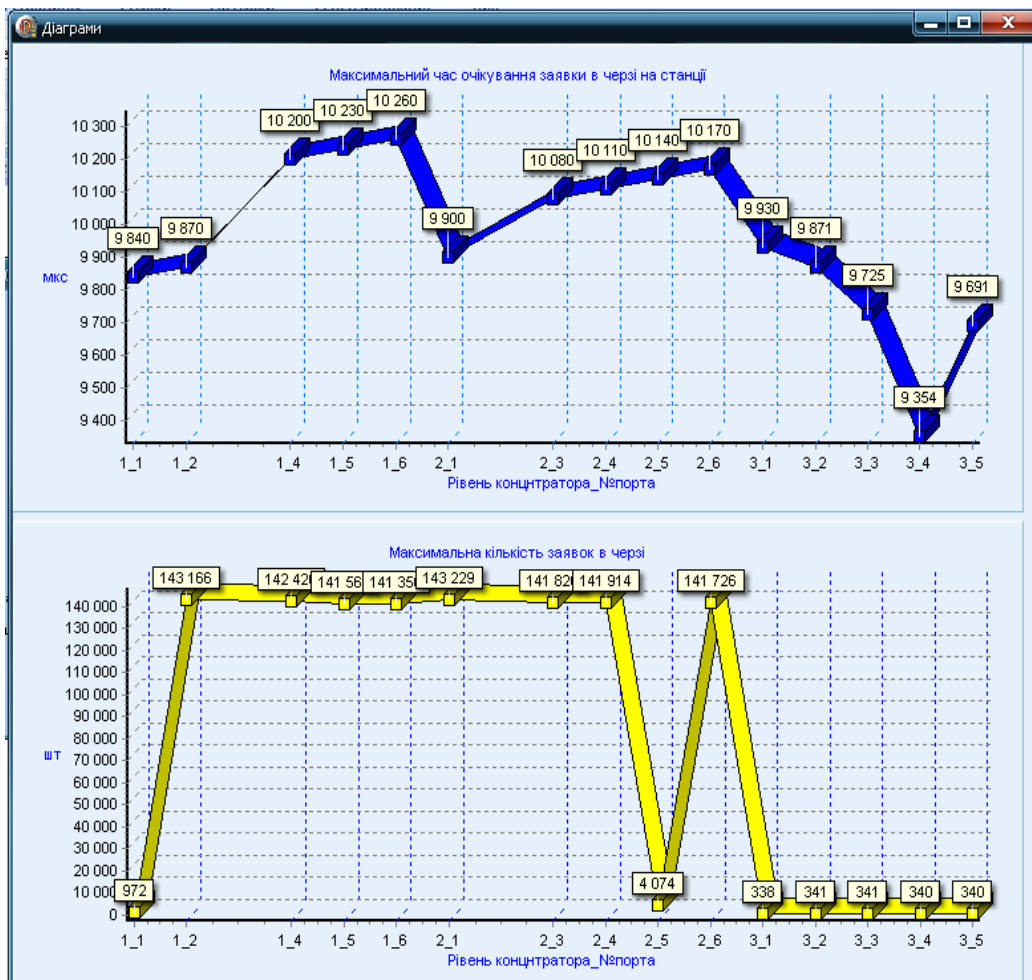


Рис. 5. Результати роботи імітаційної моделі VG (безпріоритетний режим)

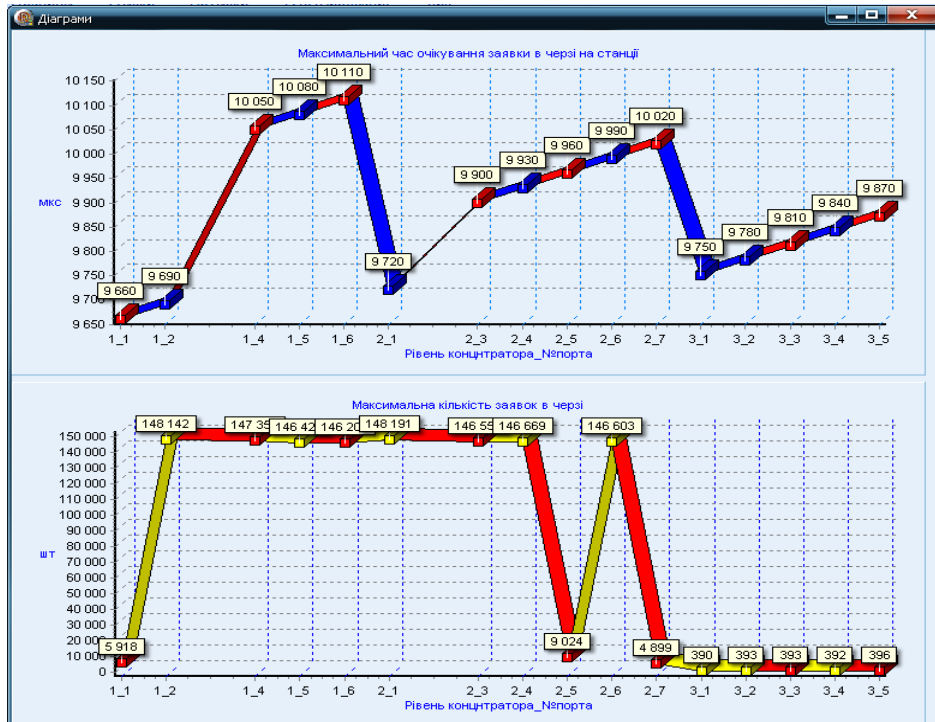


Рис. 6. Результати роботи імітаційної моделі VG (пріоритетний режим)

3. Дослідження впливу факторів на час реакції мережі

Для перевірки степені впливу кожного з чотирьох факторів (інтенсивність надходження запитів на станцію λ , довжина кадру D , кількість станцій мережі N_{st} , поріг очікування низькопріоритетних запитів в черзі P) на час реакції мережі R проведено наступне дослідження. Бу-

ли взяті чотири дослідні точки (R_1, R_2, R_3, R_4), в кожній з яких один із факторів встановлювався на верхньому рівні, а три інші – на нижньому. В кожній з точок виконано запуск моделі VG, після цього розраховано як кожний з факторів ($\Delta, \%$) впливає на час реакції мережі. Результати дослідження приведені у табл. 1.

Таблиця 1

Дослідження впливу факторів на час реакції мережі

	R_0	R_1	R_2	R_3	R_4
λ , запит/с	-	+	-	-	-
D , октет	-	-	+	-	-
N_{st}	-	-	-	+	-
P , мкс	-	-	-	-	+
R , мкс	2582	2609	2618	2681	2796
$\Delta, \%$		1,05	1,39	3,83	8,29

У ході проведення експерименту виявлено, що на час реакції мережі 100VG-anyLAN найбільше впливає величина порогу очікування низькопріоритетних запитів в черзі, а саме при зміні порогу очікування час реакції мережі змінюється на 8,29 % проти 3,83 %, 1,39 % та 1,05 % як в інших випадках. Незначний вплив на час реакції мережі зробили наступні параметри: інтенсивність надходження запитів на станцію мережі та довжина кадру.

Висновки

У зв'язку із стратегією інформатизації залізничного транспорту України на проміжному етапі представлений один із можливих варіантів об'єднання мереж різних технологій (Ethernet та Token Ring) з використанням концентраторів та комутаторів 100VG-anyLAN на рівні лінійних підприємств. Розроблена імітаційна модель VG, в основу якої покладена діаг-

рама станів порта комутатора за алгоритмом прозорого моста, а також діаграми станів концентратора та станції мережі 100VG-anyLAN. Модель VG працює в пріоритетному та безпріоритетному режимах обробки даних. Встановлений вплив факторів на час реакції мережі 100VG-anyLAN. Виявлено, що на час реакції мережі найбільше впливає поріг очікування запитів в черзі, незначно впливають інтенсивність надходження запитів на станцію та довжина кадру.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Пахомова, В. Н. Разработка структуры локальной вычислительной сети АСУ парка прибытия [Текст] / В. Н. Пахомова, К. М. Рэу // Информ.-

керуючі системи на залізн. трансп. – 2002. – № 2. – С. 41–46.

2. Пахомова, В. Н. О возможности использования технологии TOKEN RING в ЛВС на сортировочной горке [Текст] / В. Н. Пахомова, А. А. Прудко // Информ.-керуючі системи на залізн. трансп. – 2004. – № 6. – С. 38–43.
3. IEEE 802.12 – Demand Priority Access LAN, 100VG-anyLAN [Text].
4. Пахомова, В. Н. Имитационная модель локальной вычислительной сети 100VG-AnyLAN [Текст] / В. Н. Пахомова, В. В. Черный // Информ.-керуючі системи на залізн. трансп. – 2005. – № 6. – С. 67–73.

Надійшла до редколегії 09.11.2011.

Прийнята до друку 11.11.2011.

В. Н. ПАХОМОВА, Т. И. СКАБАЛЛАНОВИЧ, Д. А. ЛЯХОВ

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ 100VG-ANYLAN В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Представлен один из возможных вариантов объединения сетей разных технологий с использованием концентраторов и коммутаторов 100VG-anyLAN на уровне линейных предприятий железнодорожного транспорта Украины. Разработана соответствующая имитационная модель сети с коммутатором, в основу которой положены диаграмма состояний порта коммутатора по алгоритму прозрачного моста и диаграммы состояний концентратора и станции 100VG-anyLAN для определения характеристик сети в пріоритетном и безпріоритетном режимах обработки данных. Установлено, что на время реакции сети 100VG-anyLAN наибольшее влияние оказывает порог ожидания запросов в очереди.

Ключевые слова: восходящий и нисходящий порты, высокий и низкий приоритеты, алгоритм прозрачного моста, фильтрация и продвижение кадра

V. N. PAKHOMOVA, T. I. SKABALLANOVICH, D. A. LYAKHOV

POSSIBILITY OF THE USE OF TECHNOLOGY 100VG-ANYLAN IN THE INFORMATIVE SYSTEMS OF RAILWAY TRANSPORT

One of possible variants of association of networks of different technologies is presented with the use of concentrators and switchboards 100VG-anyLAN at the level of linear enterprises of railway transport of Ukraine. The corresponding simulation model of network is worked out with a switchboard, in basis of which fixed bubble of port of switchboard diagram on the algorithm of transparent bridge and bubble of concentrator and station diagram 100VG-anyLAN for determination of descriptions of network in priority and non-priority modes of processing of data. It is set that in a time of reaction of network 100VG-anyLAN most influence renders the threshold of expectation of queries in a turn.

Keywords: ascending and descending ports, high and subzero priorities, algorithm of transparent bridge, filtration and advancement of shot

Д. О. ПОЛІЩУК (ІОЦ Львівської залізниці, Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України, Львів)

ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ КОЛІЙНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРЗАЛІЗНИЦІ

У статті запропоновано метод оцінювання стану колійного господарства Укрзалізниці на підставі багатопараметричного аналізу окремих її елементів з подальшою агрегацією до висновку про якість функціонування системи загалом. Описано програмне забезпечення, розроблене для реалізації запропонованого методу.

Ключові слова: залізнична колія, складні динамічні системи, оцінювання, якість

Формулювання проблеми

Колійне господарство (КГ) – одна з основних підсистем Укрзалізниці (УЗ). До складу УЗ входить понад 30 тис. км залізничних колій [1], стан яких змінюється з часом під дією багатьох зовнішніх та внутрішніх факторів, зокрема кліматичних та геологічних впливів, ремонтів та стабілізації після них і, що найголовніше, – постійних навантажень від поїздів. При цьому всі елементи колії за міцністю, стійкістю та рівнем придатності повинні забезпечувати безпечний рух пасажирських і вантажних поїздів з найбільшими (встановленими для кожної ділянки) швидкостями, а також мати достатній резерв для подальшого збільшення швидкості та вантажнапруженості лінії. Невідповідний стан колії є однією із основних причин залізничних катастроф. На даний час очікують заміни понад 20 % та знаходиться в аварійному стані 16 % залізничних колій [2]. Звідси випливає актуальність проблеми неперервного моніторингу стану КГ УЗ для своєчасного виявлення процесів та ситуацій, які можуть спричинити негативні наслідки.

За своєю структурою та кількістю елементів КГ УЗ є складною системою. Оскільки стан колії змінюється в часі, то воно є динамічною системою. Складна динамічна система (СДС), її підсистеми та елементи можуть мати різний тип та призначення, відрізнятися структурою та способом опису, функціонувати за різними законами [3]. Прикладом реально функціонуючої СДС є УЗ. Серед основних задач оцінювання СДС можна назвати [4] порівняння поточного стану системи з попередніми її станами в сенсі «покращення» чи «погіршення» та визначення тих елементів, які функціонують незадовільно і збій у роботі яких може призвести до виходу з ладу всієї СДС. Ці задачі є актуальними як для УЗ загалом, так і для її підсистем.

Для УЗ пріоритетними напрямками розвитку є введення швидкісного руху поїздів [5], покращення стану колійного і станційного господарств та рухомого складу для перетворення України у потужну транзитну державу [6]. З огляду на ці завдання постає проблема побудови нових залізничних колій та покращення існуючого КГ з мінімізацією економічних витрат. Таке покращення неможливе без попередньої оцінки стану КГ УЗ. Зараз його оцінка проводиться за допомогою як візуальних оглядів з вимірюваннями ручними інструментами, так і з використанням спеціальних пристроїв. Для автоматизованого контролю стану рейок розроблені і використовуються вагони-дефектоскопи та колієвимірювальні вагони [7]. Відомі засоби спостережень за станом земляного полотна можна поділити на дві групи – стаціонарні і рухомі [8]. До стаціонарних належать різні датчики і системи попередження, які встановлюються на об'єкті. Прикладами таких засобів є глибинні ґрунтові репери, інклінометри, тензодатчики, гідрометричні свердловини тощо. До рухомих засобів належать навантажувальні пристрої та георадарні комплекси. У праці [9] описано метод оцінювання залізничної колії, який ґрунтується на даних, одержаних за допомогою колієвимірювальних пристроїв. У цьому методі параметром оцінювання є відхилення реального значення характеристики колії від нормативного, яке встановлене згідно із стандартами побудови колії. Залежно від величини відхилень, кожному кілометру ставиться понятійна оцінка «відмінно», «добре», «задовільно» чи «незадовільно». Висновок про стан залізничної лінії загалом залежить від цих «покілометрових» оцінок та довжини ділянки. Крім того, у [9] метод оцінювання застосовується лише для рейок і не враховує стан інших елементів колії, таких як земляне полотно, шпали, баласт. Також згаданий метод не враховує важливість окремих ді-

© Д. О. Поліщук, 2011

лянок. Наприклад, на лінії Тернопіль-Стрий-Чоп стан ділянки Стрий-Чоп є важливішим, оскільки вона є частиною міжнародного транспортного коридору.

Загалом існуючі програмно-апаратні комплекси [7–9] здійснюють відбір, обробку та візуалізацію даних про поведінку окремих характеристик стану колії, однак вони практично не містять спеціалізованих засобів їх автоматизованого аналізу та оцінювання. Ще одним суттєвим недоліком застосовуваних методик є недостатня чіткість висновків, яка посилюється в процесі узагальнення і не дає можливості спрогнозувати стан колії навіть на найближчу перспективу. Дійсно, оцінка «задовільно» одночасно може означати і «майже добре», і «ледь краще незадовільно».

Тому постає проблема розробки методики комплексного оцінювання стану залізничної колії як СДС за заданими параметрами з використанням даних, одержаних різними способами.

Для дослідження стану КГ УЗ використовуємо метод багаторівневого і багатокритеріального оцінювання якості функціонування СДС [10], який ґрунтується на пошуку «найслабших» елементів системи. Під час застосування цього методу будуємо структурну модель КГ УЗ у вигляді послідовності підсистем до рівня елементарних ділянок. Для кожної з цих ділянок формуємо цілісні набори характеристик, які їх описують. Стосовно кожної характеристики визначаємо сукупність параметрів, за якими проводимо локальне оцінювання ділянки з подальшою агрегацією до висновку про функціонування КГ УЗ загалом. Далі, ґрунтуючись на передісторії попередніх оглядів та одержаних унаслідок цього оцінок, будуємо короткострокові прогнози про стан структурних елементів КГ.

Структурна модель КГ УЗ

Для побудови моделі КГ пропонується його структуризація згідно з багаторівневим територіально-ієрархічним принципом системи управління УЗ. Згідно з цим принципом КГ УЗ включає в себе, як підсистеми, колійні господарства шести регіональних залізниць, кожна з яких складається з певної кількості підсистем нижчого рівня – дирекцій залізничних перевезень. Загалом налічується 27 дирекцій, які формуються зі 110 дистанцій КГ протяжністю 290–310 км [1]. Дистанції поділяються на відділки (довжиною 20–30 км), які є послідовністю станцій та поєднуючих їх міжстанційних перегонів.

Під час побудови моделі КГ УЗ розрізняємо колії, відштовхуючись від таких ознак:

1) обмежуємо КГ територіями відповідних залізниць, дирекцій, дистанцій та дрібніших структур системи управління УЗ;

2) у межах виділеної територіальної частини КГ підсистему поділяємо спочатку за значенням (міждержавна, загальноукраїнська, регіональна, місцева), а потім за категорією колії [11].

Розіб'ємо довільний перегін D на послідовність ділянок $\{D_n\}_{n=1}^N$ з довжинами $\{S_n\}_{n=1}^N$ відповідно. Ці ділянки відрізняються своїми просторовими (горизонтальна чи похила, пряма чи крива), конструктивними (одно- чи двоколійна, форма профілю полотна, наявність чи відсутність електрифікації, стикові чи безстикові рейки тощо), геологічними (тип ґрунту, рельєф місцевості) та іншими (можливість зсувів, підмивів) особливостями, розділяються штучними спорудами різних типів, переїздами, стрілочними переводами тощо. Вважаємо, що довжина довільної ділянки не перевищує заданого значення $S_{\max} = 1$ км. Отже, кожна з таких ділянок, які надалі називатимемо елементарними, повинна володіти властивістю однорідності в довільній точці свого пролягання. Таке розбиття дає можливість застосувати до кожної ділянки чітко визначений набір характеристик, критеріїв та параметрів оцінки з відповідними областями допустимих значень. Пропонований спосіб поділу на елементарні ділянки на відміну від прийнятого у [9] кілометрового пояснюється тим, що нормативні значення характеристик, наприклад, просторового розміщення рейок для кривої ділянки колії є незадовільними для прямої горизонтальної і навпаки. Тому поєднання таких ділянок в одну може внести певну неоднозначність як у результат оцінки, так і у відповідні рекомендації з усунення недоліків.

Залежно від сформованого переліку елементарних ділянок та параметрів їхньої оцінки будується модель агрегованого оцінювання.

Залізнична колія складається з таких компонент [12, 13], як нижня будова колії (НБК) та верхня будова колії (ВБК). Складовими НБК є земляне полотно (насипи, виїмки, півнасипи тощо), водовідвідні канали, резерви (водовідводи вздовж насипу, з яких був взятий ґрунт) та штучні споруди (мости, тунелі, труби, підпірні стіни тощо). До ВБК, як складові, належать баластний шар, шпали, рейки, кріплення, протиуголи, стрілочні переводи, мостові та перевідні бруси. Для кожної з цих складових формуємо набір характеристик, за якими буде проводитись оцінювання.

Розглянемо елементарну ділянку колії D_n довжиною S_n . Вважаємо, що ця ділянка є горизонтальною одноколіійною прямою зі стиковою колією без електрообладнання, шпали дерев'яні, земляне полотно є насипом, а довколишній рельєф місцевості є рівнинним. У нашій моделі виділяємо з НБК такі складові, як насип земляного полотна, канава та резерв, з ВБК – рейки, шпали та баласт. Далі розглянемо набір характеристик, які описують цю ділянку.

1. Для ВБК.

1.1. Для рейок.

- 1.1.1. Міжрейкова відстань.
- 1.1.2. Стиги між рейками з лівої сторони.
- 1.1.3. Стиги між рейками з правої сторони.
- 1.1.4. Співвідношення між висотою рейкових ниток.
- 1.1.5. Нахил рейок з лівої сторони стосовно шпал.
- 1.1.6. Нахил рейок з правої сторони стосовно шпал.
- 1.1.7. Взаємне розміщення стиків між рейками з правої та лівої сторони.
- 1.1.8. Просідання рейки з лівої сторони під час руху поїзда з максимальними для цієї ділянки швидкістю і масою.
- 1.1.9. Просідання рейки з правої сторони під час руху поїзда з максимальними для цієї ділянки швидкістю і масою.
- 1.1.10. Дефект рейки з лівої сторони.
- 1.1.11. Дефект рейки з правої сторони.

1.2. Для шпал.

- 1.2.1. Відстань між стиковими шпалами.
- 1.2.2. Відстань між шпалами.

1.3. Для баласту.

- 1.3.1. Укіс баластної призми з лівої сторони.
- 1.3.2. Укіс баластної призми з правої сторони.
- 1.3.3. Укіс піщаної подушки з лівої сторони.
- 1.3.4. Укіс піщаної подушки з правої сторони.
- 1.3.5. Відстань від краю шпали до початку укусу баластної призми з лівої сторони.
- 1.3.6. Відстань від краю шпали до початку укусу баластної призми з правої сторони.
- 1.3.7. Товщина піщаної подушки.
- 1.3.8. Товщина баластного шару.
- 1.3.9. Відстань від верхньої межі баласту до верхньої грані шпал.
- 1.3.10. Засмічення баласту фракціями меншими, ніж 0,1 мм.
- 1.3.11. Засмічення баласту фракціями від 0,1 мм до 25 мм.
- 1.3.12. Кількість шпал (у відсотках) на 1 км колії, де баласт втратив стійкість.
- 1.3.13. Ширина баластної призми по верхній межі.

2. Для НБК.

2.1. Для земляного полотна.

- 2.1.1. Ширина основного майданчика земляного полотна.
- 2.1.2. Крутизна укосів насипу з лівої сторони.
- 2.1.3. Крутизна укосів насипу з правої сторони.
- 2.1.4. Ширина берми (смуги землі від підшоши укусу до водовідвідної канави).
- 2.1.5. Нахил берми.
- 2.1.6. Величина морозного здуття земляного полотна.
- 2.1.7. Величина пружних осадів земляного полотна по осі колії.
- 2.1.8. Відхилення висотних позначок осі земляного полотна.
- 2.1.9. Відхилення бровки земляного полотна від проектного розташування осі.
- 2.1.10. Відхилення бровки укусу насипу від її проектного розташування.
- 2.1.11. Дефекти у земляному полотні.

2.2. Для водовідвідної канави.

- 2.2.1. Глибина водовідвідної канави.
- 2.2.2. Ширина водовідвідної канави.
- 2.2.3. Повздовжній нахил водовідвідної канави.

2.3. Для резерву.

- 2.3.1. Поперечний нахил резерву.
- 2.3.2. Повздовжній нахил резерву.
- 2.3.3. Крутизна укосів резерву з лівої сторони.
- 2.3.4. Крутизна укосів резерву з правої сторони.

Загалом кількість характеристик для визначеного (найпростішого) типу ділянки дорівнює 44. Для інших випадків (двоколіійна ділянка, ділянка із електрообладнанням тощо) кількість характеристик зростає. Отже, щоб оцінити стан усього КГ УЗ у разі встановленого значення $S_{\max}=1$ км, враховуючи його загальну протяжність, потрібно зробити щонайменше 1320000 локальних оцінювань за заданими параметрами.

Локальне оцінювання структурних елементів КГ УЗ

Нехай $R_n \leq 40$ – кількість пар рейок на ділянці колії D_n довжиною $S_n \leq S_{\max}$. Тут $R_n = S_n / d$, де $d = 25$ м – стандартна довжина рейки. Позначимо s_r відрізок колії, який на ділянці D_n відповідає парі рейок з порядковим номером r , до того ж $r = \overline{1, R_n}$.

Оцінка поведінки обраної характеристики проводиться на підставі результатів огляду та контролю стану колії. Зрозуміло, що кількість одержаних унаслідок цього даних залежить від способу їх збору і типу характеристики. Наприклад, така характеристика як співвідношення між висотою рейкових ниток (1.1.4) є непер-

рвною функцією. Проте кількість даних для цієї характеристики залежить від моделі колієвимірювального вагону. Тоді ж як кількість даних про взаємне розміщення стиків рейок (характеристика 1.1.7) на ділянці D_n дорівнює $R_n - 1$. Тобто поведінка будь-якої характеристики визначається на множині точок. Вважаємо, що для конкретної характеристики на відрізку колії s_r , $r = \overline{1, R_n}$, ми одержуємо m даних, де $m = \overline{1, M}$.

Позначимо $\{f_{n,j}^{k,i}(s_r^m)\}_{m=1}^M$ – послідовність одержаних унаслідок огляду та контролю значень заданої характеристики колії на відрізках s_r , $r = \overline{1, R_n}$. Тут і надалі $n = \overline{1, N}$, $k = \overline{1, K}$, $j = \overline{1, J}$, $i = \overline{1, I}$ – номери елементарних ділянок, компонент, складових і характеристик відповідно.

У процесі дослідження нами було виділено чотири основні типи поведінки наведених вище характеристик. Кожний із них, окрім способу відбору даних, відрізняється виглядом області допустимих значень, способом формування її підобластей, які визначають поведінку характеристики; вибором функціоналів, за якими проводиться оцінювання у неперервній шкалі [11], та способом співставлення значенням функціоналів оцінок стану колії в уточненій бальній шкалі.

Для спрощення викладу методу оцінювання поведінки характеристики $f_{n,j}^{k,i}(s_r^m)$ надалі опустимо індекси n, k, j, i, r, m та повернемося до них на етапі агрегованого оцінювання. Інтерполюємо дану характеристику кусково-лінійними елементами та позначимо її $f(s)$.

Перший тип поведінки властивий характеристикам 1.1.1–1.1.7, 1.2.1, 1.2.2, 1.3.1–1.3.6, 1.3.13, 2.1.1–2.1.3, 2.2.3, 2.3.1–2.3.4, які вирізняються тим, що для них область допустимих значень має вигляд

$$G = \{f(s) : f_{\min} \leq f(s) \leq f_{\max}, s \in [0, S_n]\},$$

де f_{\min} і f_{\max} – максимально допустимі відхилення характеристики $f(s)$ від її нормативного значення f_{norm} , які встановлюються згідно із стандартами побудови залізничної колії. Наприклад, для міжрейкової відстані на горизонтальній прямій $f_{\text{norm}} = 1520$ мм, $f_{\min} = 1516$ мм і $f_{\max} = 1528$ мм [12].

Визначимо для G підобласті поведінки характеристики $f(s)$, які відповідають різним значенням бальної шкали оцінок. Вважаємо, що

поведінка характеристики є «відмінною», якщо $f(s) = f_{\text{norm}}$ (див. відрізки s_1, s_2 на рис. 1).

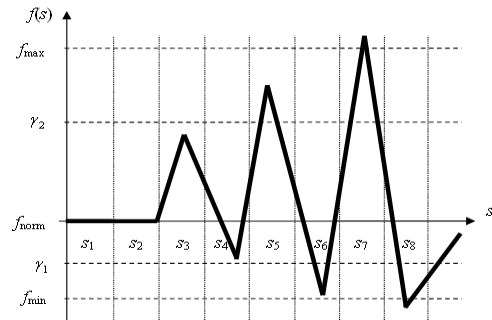


Рис. 1. Перший тип поведінки характеристик

Підобласть $[\gamma_1, f_{\text{norm}}) \cup (f_{\text{norm}}, \gamma_2]$ відповідає поведінці «добре» характеристики $f(s)$ (див. відрізки s_3, s_4 на рис.1). Значення величин $\gamma_1 \in (f_{\min}, f_{\text{norm}})$ і $\gamma_2 \in (f_{\text{norm}}, f_{\max})$ вказують експерти із експлуатації залізничного транспорту. Підобласть $[f_{\min}, \gamma_1) \cup (\gamma_2, f_{\max}]$ відповідає поведінці «задовільно» (див. відрізки s_5, s_6 на рис.1). Якщо значення характеристики $f(s)$ перевищує величину f_{\max} або менше за f_{\min} , то її поведінку вважаємо «незадовільною» (див. відрізки s_7, s_8 на рис. 1). Зрозуміло, що поведінка характеристики $f(s)$ визначається за її найбільшим відхиленням від нормативу, тобто значенням $c_0 = \|f(s)\|_{C_0[0, S_n]} = \max_{s \in [0, S_n]} |f(s)|$.

Оскільки максимально допустимі відхилення f_{\min} та f_{\max} не обов'язково дорівнюють одне одному, то величина γ_1 не завжди дорівнює γ_2 . Тому однакове за модулем відхилення характеристики $f(s)$ від f_{norm} може потрапити у підобласть як «хорошої», так і «незадовільної» оцінки. Приклад такої ситуації наведено на рис. 1, де $f(s)$ на відрізок s_3 потрапляє у підобласть оцінки «добре», а на відрізок s_8 – у підобласть оцінки «незадовільно», хоча $\left| \max_{s \in s_3} f(s) - f_{\text{norm}} \right| = \left| \min_{s \in s_8} f(s) - f_{\text{norm}} \right|$. Унаслідок цього виникає потреба співвіднести області оцінювання обраної характеристики з відхиленням її значень від нормативу. Для цього введемо допоміжну функцію

$$\alpha(s) = \begin{cases} (f(s) - f_{\text{norm}}) / f^+, & \text{якщо } f(s) > f_{\text{norm}} \\ (f(s) - f_{\text{norm}}) / f^-, & \text{якщо } f(s) < f_{\text{norm}}, \end{cases}$$

де $f^+ = f_{\max} - f_{\text{norm}}$, $f^- = f_{\text{norm}} - f_{\min}$, $\alpha(s) \in [-1, 1]$, $s \in [0, S_n]$. Отже, відношення відхи-

лення характеристики від її нормативного значення до різниці між її максимально допустимим значенням та нормативом стає пропорційним. Позначимо $\gamma = \min\{(f_{\text{norm}} - \gamma_1)/f^-, (\gamma_2 - f_{\text{norm}})/f^+\}$. Відзначимо також, що введення величини γ робить одержані висновки жорсткішими.

Для оцінювання поведінки досліджуваної характеристики будемо використовувати два підходи. Перший із них формує уточнену бальну оцінку E_{C_0} на підставі аналізу величини максимальних збурень $f(s)$ на ділянці D_n , а саме:

- $E_{C_0} = 2$, якщо $1 < \|\alpha(s)\|_{C_0[0, S_n]}$;
- $E_{C_0} = 3 + (1 - \|\alpha(s)\|_{C_0[0, S_n]}) / (1 - \gamma)$, якщо $\gamma < \|\alpha(s)\|_{C_0[0, S_n]} \leq 1$;
- $E_{C_0} = 4 + (\gamma - \|\alpha(s)\|_{C_0[0, S_n]}) / \gamma$, якщо $0 < \|\alpha(s)\|_{C_0[0, S_n]} \leq \gamma$;
- $E_{C_0} = 5$, якщо $\|\alpha(s)\|_{C_0[0, S_n]} \equiv 0$.

Точки, в яких досліджувана характеристика виходить за межі допустимої області, фіксуються та передаються відповідним підрозділам КГ УЗ для термінового усунення недоліків.

Другий підхід формує уточнену бальну оцінку E_{L_0} на підставі масовості збурень $f(s)$ на ділянці D_n , а саме:

- $E_{L_0} = 2$, якщо $1 < \|\alpha(s)\|_{C_0[0, S_n]}$;
- $E_{L_0} = 3 + ((1 - \gamma)\sqrt{S_n} - \|\alpha(s)\|_{L_2[0, S_n]}) / ((1 - \gamma)\sqrt{S_n})$, якщо $\gamma < \|\alpha(s)\|_{C_0[0, S_n]} \leq 1$;
- $E_{L_0} = 4 + (\gamma\sqrt{S_n} - \|\alpha(s)\|_{L_2[0, S_n]}) / \gamma\sqrt{S_n}$, якщо $0 < \|\alpha(s)\|_{C_0[0, S_n]} \leq \gamma$;
- $E_{L_0} = 5$, якщо $\|\alpha(s)\|_{C_0[0, S_n]} \equiv 0$.

$$\text{Як відомо, } \|f(s)\|_{L_2[0, S_n]} = \left[\int_0^{S_n} (f(s))^2 ds \right]^{1/2}.$$

Якщо функція $f(s)$ є константою зі значенням $1 - \gamma$ на проміжку $[0, S_n]$, тоді $\|f(s)\|_{L_2[0, S_n]} = (1 - \gamma)\sqrt{S_n}$.

Наприклад, якщо унаслідок оцінювання одержана пара оцінок $E_{C_0} = 3,05$; $E_{L_0} = 3,94$, то число 3,05 означає, що максимальне відхилення характеристики $f(s)$ від її нормативного значення вздовж ділянки D_n є близьким до критичної

межі. Але число 3,94 означає, що кількість цих відхилень є невеликою. Такі недоліки можна усунути за допомогою незначного локального ремонту. У той же час пара оцінок $E_{C_0} = 3,01$; $E_{L_0} = 3,02$ свідчить, що стан ділянки з огляду на досліджувану характеристику близький до критичного не лише у кількох точках, а вздовж усєї ділянки, і потребує серйозного ремонту.

Аналогічно будуються уточнені оцінки E_{C_1} , E_{L_1} для першої похідної $f(s)$, які дають змогу проаналізувати динаміку зміни стану колії вздовж елементарної ділянки. Осцилююча динаміка зазвичай свідчить про зниження комфортності та безпеки руху поїздів, особливо під час збільшення їхньої швидкості.

Тут і надалі, якщо хоча б одна з вищезазначених оцінок є «незадовільною», то узагальнену оцінку заданої характеристики (складової, компоненти, елементарної ділянки) теж вважаємо «незадовільною». В іншому випадку узагальнену оцінку E поведінки характеристики $f(s)$ на ділянці D_n визначатимемо за формулою

$$E = (\rho_{C_0} E_{C_0} + \rho_{C_1} E_{C_1} + \rho_{L_0} E_{L_0} + \rho_{L_1} E_{L_1}) / (\rho_{C_0} + \rho_{C_1} + \rho_{L_0} + \rho_{L_1}),$$

де ρ_{C_0} , ρ_{C_1} , ρ_{L_0} , ρ_{L_1} – вагові коефіцієнти, які набувають значень з відрізка $[0, 1]$. Ці коефіцієнти визначають пріоритетність параметрів оцінки і встановлюються внаслідок опитування експертів та фахівців із оцінювання транспортних засобів.

Другий тип поведінки властивий характеристикам 1.1.8, 1.1.9, 1.3.10–1.3.12, 2.1.6–2.1.10, які вирізняються тим, що для них область допустимих значень має вигляд

$$G = \{f(s) : f_{\text{norm}} \leq f(s) \leq f_{\text{max}}, s \in [0, S_n]\}.$$

Як і раніше, вважаємо, що поведінка характеристики $f(s)$ є «відмінною», якщо $f(s) = f_{\text{norm}}$ (див. відрізки s_1, s_2 на рис. 2). Підобласть $(f_{\text{norm}}, \gamma]$ відповідає поведінці «добре» характеристики $f(s)$ (див. відрізки $s_3 - s_5$ на рис. 2). Значення $\gamma \in (f_{\text{norm}}, f_{\text{max}}]$ у даному разі встановлюють також експерти. Підобласть $(\gamma, f_{\text{max}}]$ відповідає поведінці «задовільно» (див. відрізки s_6, s_7 на рис. 2). Якщо значення характеристики $f(s)$ перевищує величину f_{max} , то її поведінка вважається «незадовільною» (див. відрізок s_8 на рис. 2).

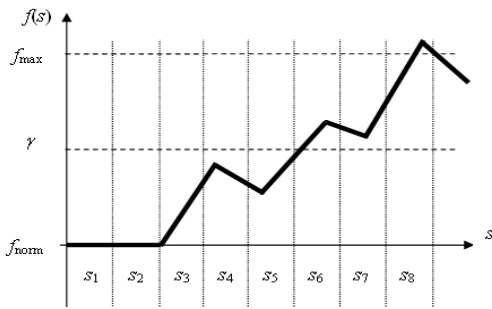


Рис. 2. Другий тип поведінки характеристик

Як і раніше, для оцінювання поведінки досліджуваної характеристики будемо використовувати результати аналізу величини максимальних збурень $f(s)$ на ділянці D_n , а саме:

- $E_{C_0}=2$, якщо $f_{\max} < \|f(s)\|_{C_0[0, S_n]}$;
- $E_{C_0}=3+(f_{\max} - \|f(s)\|_{C_0[0, S_n]}) / (f_{\max} - \gamma)$,
якщо $\gamma < \|f(s)\|_{C_0[0, S_n]} \leq f_{\max}$;
- $E_{C_0}=4+(\gamma - \|f(s)\|_{C_0[0, S_n]}) / \gamma$,
якщо $f_{\text{norm}} < \|f(s)\|_{C_0[0, S_n]} \leq \gamma$;
- $E_{C_0}=5$, якщо $\|f(s)\|_{C_0[0, S_n]} \equiv f_{\text{norm}}$

та результати аналізу масовості збурень $f(s)$ на ділянці D_n , а саме:

- $E_{L_0}=2$, якщо $f_{\max} < \|f(s)\|_{C_0[0, S_n]}$;
- $E_{L_0}=3+((f_{\max} - \gamma) \sqrt{S_n} - \|f(s) - \gamma\|_{L_2[0, S_n]}) / ((f_{\max} - \gamma) \sqrt{S_n})$, якщо $\gamma < \|f(s)\|_{C_0[0, S_n]} \leq f_{\max}$;
- $E_{L_0}=4+(\gamma \sqrt{S_n} - \|f(s)\|_{L_2[0, S_n]}) / \gamma \sqrt{S_n}$, якщо $f_{\text{norm}} < \|f(s)\|_{C_0[0, S_n]} \leq \gamma$;
- $E_{L_0}=5$, якщо $\|f(s)\|_{C_0[0, S_n]} \equiv f_{\text{norm}}$.

Точки, в яких досліджувана характеристика виходить за межі допустимої області, фіксуються та передаються відповідним підрозділам КГ УЗ для термінового усунення недоліків.

Аналогічно будуються уточнені оцінки E_{C_1} , E_{L_1} для першої похідної $f(s)$ та узагальнена оцінка E поведінки довільної характеристики другого типу на ділянці D_n .

Третій тип поведінки властивий характеристикам 1.3.7, 1.3.8, 2.1.4, 2.1.5, 2.2.1, 2.2.2, які вирізняються тим, що для них область допустимих значень має вигляд

$$G = \{f(s) : f_{\text{norm}} \leq f(s), s \in [0, S_n]\}.$$

Поведінка характеристики $f(s)$ є «відмінною», якщо $f(s) \equiv f_{\text{norm}}$ (див. відрізки $s_1, s_2,$

s_8 на рис. 3). Підобласть $(f_{\text{norm}}, \gamma]$ відповідає поведінці «добре» характеристики $f(s)$ (див. відрізки s_3, s_5, s_7 на рис. 3). Підобласть (γ, ∞) відповідає поведінці «задовільно» (див. відрізок s_6 на рис. 3). Якщо значення характеристики $f(s)$ менше за f_{norm} , то її поведінка вважається «незадовільною» (див. відрізок s_4 на рис. 3).

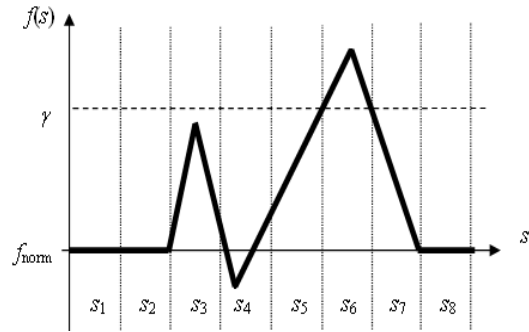


Рис. 3. Третій тип поведінки характеристик

У випадку третьої групи характеристик недоцільно розглядати оцінки E_{L_0} , E_{C_1} і E_{L_1} , оскільки вони будуть малоінформативними. Тому оцінювання проводимемо лише за параметром C_0 :

- $E_{C_0}=2$, якщо $\min_{s \in [0, S_n]} f(s) < f_{\text{norm}}$;
- $E_{C_0}=3$, якщо $\gamma < \|f(s)\|_{C_0[0, S_n]}$;
- $E_{C_0}=4$, якщо $f_{\text{norm}} < \|f(s)\|_{C_0[0, S_n]} \leq \gamma$;
- $E_{C_0}=5$, якщо $\|f(s)\|_{C_0[0, S_n]} \equiv f_{\text{norm}}$.

Узагальнена оцінка E поведінки характеристики $f(s)$ на відрізку $[0, S_n]$ дорівнює оцінці E_{C_0} .

Четвертий тип поведінки властивий характеристикам 1.1.10, 1.1.11, 1.3.9, 2.1.11, які описують наявність дефектів різного типу. Вважаємо, що значення характеристики $f(s) = f_{\text{norm}} \equiv 0$, якщо дефекти відсутні і $f(s) = 1$, якщо виявлено дефект. Тоді вважаємо оцінку E характеристики $f(s)$ «незадовільною», якщо $f(s) \neq f_{\text{norm}}$, (див. відрізок s_5 на рис. 4). В інших випадках вважаємо оцінку E характеристики $f(s)$ «відмінною».

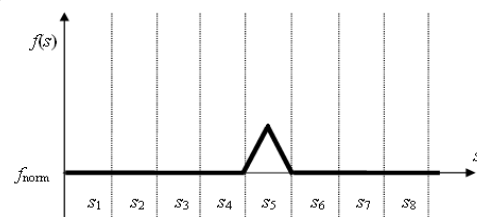


Рис. 4. Четвертий тип поведінки характеристик

Короткострокове прогнозування оцінок стану колії

Знаючи передісторію попередніх оглядів та одержаних у результаті цього оцінок, ми можемо спрогнозувати стан колії на ділянці D_n , екстраполюючи значення $E_{C_0,n,j}^{k,i}$, $E_{L_0,n,j}^{k,i}$, $E_{C_1,n,j}^{k,i}$ та $E_{L_1,n,j}^{k,i}$ (тобто відповідно значення E_{C_0} , E_{L_0} , E_{C_1} та E_{L_1} , одержані під час оцінювання i -ї характеристики для j -ї складової k -ї компоненти на n -ій ділянці) до моменту наступного планового огляду, або визначити момент часу, коли понятійна оцінка погіршиться на одиницю при тому ж режимі експлуатації та за відсутності факторів, які можуть різко погіршити цей стан. Нехай $\{t_l\}_{l=1}^L$ – послідовність моментів часу, під час яких проводився огляд та здійснювались контроль і оцінка стану елементарної ділянки. Побудуємо функцію

$$P_{n,j_0}^{k,i}(t) = \sum_{l=1}^L a_l \varphi_l(t),$$

де $\{\varphi_l(t)\}_{l=1}^L$, $L \geq 2$ – система лінійно незалежних функцій, наприклад, алгебраїчних поліномів [14], $\{a_l\}_{l=1}^L$ – невідомі коефіцієнти, які визначаємо з умов

$$P_{n,j_0}^{k,i}(t_l) = E_{C_0,n,j}^{k,i} \Big|_{t=t_l}, \quad l = \overline{1, L}.$$

Тоді прогнозована оцінка в момент наступного планового огляду $t_{L+1} = t_L + \tau$, $\tau \leq \max_{1 \leq l \leq L-1} (t_{l+1} - t_l)$ визначається співвідношенням

$$E_{C_0,n,j}^{k,i} \Big|_{t=t_{L+1}} \equiv P_{n,j_0}^{k,i}(t_{L+1}) = \sum_{l=1}^L a_l \varphi_l(t_{L+1}).$$

Оскільки, виходячи з поведінки послідовності $\{E_{C_0,n,j}^{k,i} \Big|_{t=t_l}\}_{l=1}^L$, $P_{n,j_0}^{k,i}(t)$ є монотонно спадаючою функцією, час наступного огляду також можна визначити з умови

$$P_{n,j_0}^{k,i}(t) \leq \tilde{E}_{C_0,n,j}^{k,i},$$

де $\tilde{E}_{C_0,n,j}^{k,i}$ – значення $E_{C_0,n,j}^{k,i}$, яке відповідає понятійній оцінці на одиницю меншій за встановлену на момент останнього огляду або контролю.

Аналогічно можна будувати короткострокові прогнози для $E_{L_0,n,j}^{k,i}$, $E_{C_1,n,j}^{k,i}$ та $E_{L_1,n,j}^{k,i}$, які також можна використовувати для оцінювання стану колії. Отже, за стабільної вантажонапру-

женості ділянки та швидкості руху поїздів по ній короткострокові прогнози покажуть, які елементи колії на цій ділянці найшвидше потребуватимуть ремонту, та дозволять оптимізувати графік ремонтних робіт.

Агреговане оцінювання елементів КГ УЗ

Нехай $E_{n,j}^{k,i}$, $i = \overline{1, I}$, $j = \overline{1, J}$, $k = \overline{1, K}$ – сукупність оцінок характеристик визначеної складової обраної компоненти заданої ділянки D_n , $n = \overline{1, N}$. Оцінку визначеної складової обраної компоненти будемо так:

$$E_{n,j}^k = \sum_{i=1}^I (\rho_{n,j}^{k,i} E_{n,j}^{k,i}) / \sum_{i=1}^I \rho_{n,j}^{k,i},$$

де $\rho_{n,j}^{k,i}$ – вагові коефіцієнти, що визначають пріоритетність характеристик, за якими проводиться оцінювання. Тут $\rho_{n,j}^{k,i} \in [0, 1]$. Одержане значення дає можливість визначити складові, стан яких в оцінюваній компоненті є найгіршим.

Одержавши сукупність оцінок $E_{n,j}^k$, $j = \overline{1, J}$, $k = \overline{1, K}$, $n = \overline{1, N}$ складової обраної компоненти заданої елементарної ділянки, будемо оцінку обраної компоненти:

$$E_n^k = \sum_{j=1}^J (\rho_{n,j}^k E_{n,j}^k) / \sum_{j=1}^J \rho_{n,j}^k,$$

де $\rho_{n,j}^k$ – вагові коефіцієнти, що визначають пріоритетність складових, за якими проводиться оцінювання. Тут $\rho_{n,j}^k \in [0, 1]$. Одержане значення дає можливість визначити компоненти, стан яких в оцінюваній елементарній ділянці є найгіршим.

Оцінка стану заданої елементарної ділянки будується за набором оцінок його компонент, а саме:

$$E_n = \sum_{k=1}^K (\rho_n^k E_n^k) / \sum_{k=1}^K \rho_n^k,$$

де ρ_n^k – вагові коефіцієнти, що визначають пріоритетність компонент, за якими проводиться оцінювання. Тут $\rho_n^k \in [0, 1]$.

Оцінка стану перегону загалом (E_D) формується за набором оцінок елементарних ділянок, з яких він складається:

$$E_D = \sum_{n=1}^N (\rho_n E_n) / \sum_{n=1}^N \rho_n,$$

де ρ_n – вагові коефіцієнти, що визначають прі-

оритетність елементарних ділянок, за якими проводиться оцінювання. Тут $\rho_n \in [0, 1]$. Пріоритет елементарної ділянки залежить, зокрема, від значення колії, якій належить ця ділянка. Усі колії поділяються на міждержавні, загальнодержавні, регіональні, місцеві та за категорією: швидкісні, особливо вантажонапружені, магістральні лінії (4-х категорій) [11] тощо. Наступними кроками узагальнення є оцінка КГ згідно з територіально-ієрархічним принципом системи управління УЗ.

Практична реалізація

Для реалізації запропонованого методу оцінювання структурних елементів КГ УЗ розроблено програмне забезпечення, яке дозволяє проводити оцінювання ділянки та надає користувачеві його результати з подальшою можливістю деталізації до рівня характеристики. Межі перегонів та елементарних ділянок встановлюємо згідно з відстанню від них до вузлових станцій. Розглянемо перегін, який починається від 1175 м і закінчується на 2575 м на одному з напрямків, що виходять з вузлової станції VS. Межі перегонів кратні 25, оскільки одиницею вимірювання ми вважаємо рейку довжиною 25 м. Нехай цей перегін складається з двох елементарних ділянок, розділених переїздом. Ці ділянки є горизонтальними одноколійними прямими з ланковою колією без електрообладнання, земляне полотно є насипом, довколишній рельєф місцевості є рівнинним, вантажонапруженість цих ділянок становить 25 млн т·км/км (колія має II категорію) [12].

На рис. 5 зображено вікно програми з результатом оцінювання перегону загалом та оцінки елементарних ділянок, довжини яких вказано у метрах.

Одержані результати оцінювання передаються відповідним службам УЗ для усунення виявлених недоліків. Ці результати дозволяють визначити, які ділянки колії потребують термінового (позапланового) ремонту та стан яких ділянок вимагає проведення першочергових ремонтних робіт.



Рис. 5. Оцінка перегону

Обравши ділянку, користувач одержує результати оцінювання складових компонент (рис. 6).



Рис. 6. Оцінка складових

Обравши складову, користувач переходить до оцінювання її характеристик. Ці результати можуть бути відображені як у графічному (рис. 7), так і у табличному (рис. 8) вигляді. У випадку табличної візуалізації користувач має можливість переглянути, у яких саме точках результати оцінювання є «задовільними» чи «незадовільними».

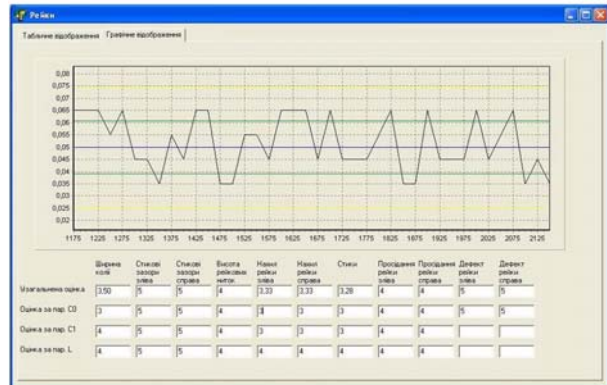


Рис. 7. Графічна візуалізація результатів оцінювання

Метраж	Відстань колії	Станок зазорів зліва	Станок зазорів справа	Висота рейки над рівнем	Масштаб рейки зліва	Масштаб рейки справа	Станок	Прокладання рейки зліва	Прокладання рейки справа	Діаметр рейки зліва	Діаметр рейки справа
1175	1519	13	13	-2	0,085	0,025	-4	1	0	0	0
1200	1521	13	13	-2	0,085	0,045	-1	0	0	0	0
1225	1522	13	13	0	0,085	0,095	6	0	1	0	0
1250	1521	13	13	1	0,085	0,045	6	1	0	0	0
1275	1519	13	13	1	0,085	0,045	1	0	1	0	0
Узагальнена оцінка	1,50	5	5	4	3,33	3,33	3,28	4	4	5	5
Оцінка за пар. С0	3	5	5	4	3	3	3	4	4	5	5
Оцінка за пар. С1	4	5	5	4	3	3	3	4	4	4	5
Оцінка за пар. L	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5

Рис. 8. Таблична візуалізація результатів оцінювання

Висновки

У роботі запропоновано метод оцінювання стану КГ УЗ, як складної динамічної системи. З цією метою побудовано модель КГ УЗ та формалізовано процедуру поділу КГ УЗ на підсистеми нижчого рівня аж до одержання елементарних ділянок. Для кожної елементарної ділянки сформовано набори складових, компонент, характеристик та параметрів оцінки, які повністю її описують. На підставі набору локальних оцінок характеристик колії побудована послідовність агрегованих оцінок до одержання загального висновку про стан перегону. Для практичної реалізації запропонованого методу оцінювання розроблено програмне забезпечення. Одержані результати оцінювання можуть бути використані для оперативного пошуку та першочергового усунення виявлених недоліків у роботі КГ УЗ.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Офіційний сайт Укрзалізниці [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.uz.gov.ua>.
2. Надзвичайні ситуації та цивільний захист населення [Текст] / за ред. С. П. Сонько. – Львів : Магнолія, 2009. – 232 с.
3. Бусленко, Н. П. Лекции по теории сложных систем [Текст]: учеб. пособие / Н. П. Бусленко, В. В. Калашников, И. Н. Коваленко. – М. : Советское радио, 1973. – 441 с.
4. Полищук, А. Д. Оптимизация оценки качества функционирования сложных динамических систем [Текст] / А. Д. Полищук // Проблемы управления и информатики. – 2004. – № 4. – С. 39-44.

Д. О. ПОЛИЩУК

ОЦЕНИВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПУТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА УКРЗАЛИЗНЫЦИ

В статье предложен метод оценивания состояния путевого хозяйства Укрзалізниці на основании многопараметрического анализа отдельных её элементов с последующей агрегацией к выводу о качестве функционирования системы в целом. Описано программное обеспечение, разработанное для реализации предложенного метода.

Ключевые слова: железнодорожный путь, сложные динамические системы, оценивание, качество

D. O. POLISHCHUK

EVALUATION OF UKRAINIAN RAILWAY EQUIPMENT CONDITION

In this paper the method for evaluation of Ukrainian railway equipment condition is proposed. The method is based on multiparametric analysis of system's elements with further aggregation to conclusion of system's functional quality. Software, developed for realisation of the proposed method, is described.

Keywords: railway track, complex dynamic systems, evaluation, quality

5. Курган, М. Б. Впровадження швидкісного руху поїздів в Україні [Текст] / М. Б. Курган, І. П. Корженевич // Залізн. трансп. України. – 2005. – № 2. – С. 45-51.

6. Закон України Про Комплексну програму утвердження України як транзитної держави у 2002-2010 роках [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=3022-14>

7. Офіційний сайт «Авіоніка» [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.avionika-ndt.com/>

8. Інформаційно-аналітичний огляд «Евразия Вести» [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.eav.ru/pubs.php?number=2008-02>

9. Железнодорожный транспорт [Текст] / под ред. Н. С. Конарева. – М. : Большая Российская энциклопедия, 2003. – 1038 с.

10. Поліщук, Д. О. Порівняння методів оцінювання складних систем [Текст] / Д. О. Поліщук, О. Д. Поліщук, М. С. Яджак // Відбір і обробка інформації. – 2010. – № 32 (108). – С. 110-119.

11. Общий курс железных дорог [Текст] : учеб. пособие / под ред. Ю. И. Ефименко. – М. : Academia, 2005. – 256 с.

12. Железнодорожный путь [Текст] / под ред. Т. Г. Яковлевой. – М. : Транспорт, 1999. – 405 с.

13. Железные дороги. Общий курс [Текст] : учеб. пособие / под ред. М. М. Уздина. – М. : Транспорт, 1991. – 295 с.

14. Калиткин, Н. Н. Численные методы [Текст] : учеб. пособие / Н. Н. Калиткин. – М. : Наука, 1978. – 512 с.

Надійшла до редколегії 31.10.2011.

Прийнята до друку 08.11.2011.

ПРОБЛЕМИ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ СТАНУ І РІВНЯ СИСТЕМИ ФІНАНСОВОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

В статті на перший план для підприємств залізничного транспорту виходять питання ефективної методики оцінки стану і рівня системи фінансової безпеки підприємства залізничного транспорту. Таким чином, актуальність статті зумовлена саме цією проблемою. Недостатня увага до проблем розробки методики оцінки системи фінансової безпеки на транспорті може призвести до втрати фінансової стійкості та фінансової незалежності підприємства, що може спричинити банкрутство підприємства. Завданням є забезпечення високого рівня фінансової безпеки на підприємствах залізничного транспорту.

Ключові слова: фінансова безпека підприємства, залізничний транспорт, індикатори системи фінансової безпеки підприємства

Постановка проблеми

Рівень фінансової безпеки підприємства залежить від того, наскільки ефективно його керівництво і спеціалісти (менеджери) будуть спроможні завчасно виявити і уникнути можливих загроз, ліквідувати шкідливі наслідки окремих негативних складових зовнішнього і внутрішнього середовища.

Аналіз результатів наукових досліджень показав, що на сьогодні не має чітких рекомендацій щодо оцінки стану та рівня фінансової безпеки підприємства.

Система показників, яка б характеризувала фінансову безпеку підприємства залізничного транспорту, також характеризується різноманітністю, важко піддається структуризації, а значна кількість цих показників, як і методик взагалі, не завжди несе необхідне інформаційне навантаження.

Відсутність чіткого алгоритму, який би ставив у відповідність «фінансові цілі підприємства – забезпечення фінансової безпеки підприємства при реалізації цілей – методику оцінки – заходи до реалізації», робить проблему оцінки існуючих методик на їх відповідність потребам підприємства актуальною [45, с. 229].

Метою даної статті є визначення основних методів оцінки стану та рівня фінансової безпеки підприємств залізничного транспорту і визначення її основних індикаторів та характеристика їх граничних значень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблема оцінки стану та рівня фінансової і економічної безпеки на підприємстві є об'єктом дослідження таких вчених України, як Т. Васильців [1], С. Міщенко [2], С. Довбня, Н. Гічова

[9] та інші [10].

Усі дослідження названих вчених розкривають нам різноманіття існуючих методів визначення рівня економічної безпеки. До найбільш поширених методів, що використовуються для оцінки безпеки відносяться:

- експертна оцінка в усіх її модифікаціях (опитування, експертні комісії, складання аналітичних доповідних записок, «мозкова атака», «Делфі» тощо);
- моніторинг соціально-економічних показників;
- оптимізація;
- багатовимірний статистичний аналіз;
- теоретико-ігрові методи;
- теорія штучних нейронних мереж;
- екстраполяція (екстраполяція параметричних залежностей, екстраполяція тимчасових тенденцій);
- структурно-аналітичні методи (моделювання, ієрархічна декомпозиція, морфологічний аналіз, матричний метод, мережевий аналіз, побудова семантичного диференціала, побудова профілю середовища, складання сценаріїв).
- комплексна оцінка загроз (інтегральна оцінка ризику, оцінка ефективності захисних заходів);
- комплексної оцінки економічного і фінансового потенціалу підприємства (оцінка конкурентного статусу фірми, інтегральна оцінка додержання інтересів компанії, SWOT-аналіз, багатовекторна ресурсно-функціональна модель економічної безпеки, багатofакторна лінійна модель);
- методи прогнозування банкрутства (багатofакторні дискримінантні моделі та інші методи інтегральної оцінки фінансово-економічного стану підприємства).

Орлова В.В. виділяє дві основні групи методів і моделей оцінки й аналізу фінансової безпеки підприємства:

– методи і моделі безпосередньої оцінки фінансової безпеки (рейтингова модель оцінки фінансової безпеки, модель експрес-оцінки фінансової безпеки, модель оцінки фінансової безпеки Ж. Діпаляна, модель оцінки фінансової безпеки підприємства в розрізі його економічної безпеки, економетрична модель оцінки фінансової безпеки підприємства, методи програмно-цільового управління і розвитку для оцінки фінансової безпеки, експертна модель оцінки фінансової безпеки, модель аналізу фінансової безпеки на основі STEП-аналізу, модель аналізу фінансової безпеки на основі SWOT і SPACE аналізу);

– методи оцінки і аналізу фінансової безпеки на основі методів оцінки схильності підприємства до банкрутства (п'ятифакторна модель Альтмана, модель Спрінгейна, модель Фулмера, матричний метод оцінки банкрутства підприємства за допомогою нечітких множин тощо).

Фінансова безпека підприємства залізничного транспорту має пряму залежність від ефективності використання капіталу і якості фінансового менеджменту, і умовами забезпечення є адекватна оцінка рівня і стану фінансової безпеки на підприємстві.

Відповідність методів оцінювання фінансової безпеки підприємства конкретному змісту, що вкладається в саме поняття фінансова безпека підприємства

Існують різні погляди на визначення множини показників (індикаторів) фінансової безпеки. Основним критерієм включення показника до множини індикаторів фінансової безпеки є забезпечення реалізації пріоритетних фінансових інтересів підприємства (як і господарських загалом). Ці інтереси визначаються станом функціонування підприємства.

Методи оцінювання фінансової безпеки підприємства залежать від конкретного змісту, що вкладається в саме поняття фінансова безпека підприємства.

Будемо визначати фінансову безпеку підприємства залізничного транспорту як специфічний фінансовий стан, який потребує аналізу методики оцінювання фінансової безпеки підприємств на здатність їх гарантувати головні умови цього стану.

Оцінювання фінансової безпеки підприємства необхідно почати з розрахунку значень

множини показників, які дадуть змогу зробити висновок стосовно умов функціонування підприємства – стабільна робота підприємства чи кризова ситуація в діяльності підприємства.

Методики визначення умов функціонування підприємства є загальновідомими. Найбільш оптимальним і об'єктивним є метод визначення типу фінансової стійкості підприємства, сутність якого полягає в такому: абсолютними показниками фінансової стійкості є показники, що характеризують міру забезпеченості фінансовими ресурсами та джерелами їхнього фінансування.

Співвідношення наявності необхідних фінансових ресурсів та джерел їх фінансування дає можливість охарактеризувати тип фінансової стійкості.

Про наявність джерел фінансування свідчать такі показники як наявність власних коштів, наявність власних і позикових коштів, наявність загальних коштів.

Використання системи індикаторів для оцінювання фінансової безпеки підприємства прийнято й у світовій практиці. Згідно зі світовою практикою, вимоги до значень індикаторів не мають обов'язкового характеру, а лише рекомендаційний у разі оцінювання стану фінансової безпеки підприємства.

В умовах антикризового управління підприємством і згідно з його потребами, Г. Ф. Графова вважає необхідним встановлювати нормативні значення множини фінансово-економічних показників [3, с. 117].

Горячева К. С. вважає, що лише на базі показника прибутку, який відображає реалізацію основного фінансового інтересу підприємства, можна будувати всю систему показників фінансової безпеки підприємства [4, с. 66].

Використання нормативних значень показників у разі оцінювання фінансової безпеки підприємства дає змогу вирішити ще одну важливу проблему, а саме: не лише оцінити стан фінансової безпеки, а й виявити і оцінити можливі негативні тенденції в діяльності підприємства. Визначення рівнів безпеки дає можливість охарактеризувати ступінь розвитку цих негативних тенденцій. Підтвердженням цьому є наукові дослідження М. А. Бендікова, який, розглядаючи фінансову складову як найбільш вагому у гарантуванні економічної безпеки підприємства, вказує на необхідність використання критичних порогових (бар'єрних) значень показників при визначенні рівнів безпеки, які свідчать про передкризовий, кризовий та критичний стан підприємства [5, с. 17].

Розрахунок нормативних (порогових) значень показників фінансової безпеки є складним завданням, оскільки потребує врахування значної кількості чинників, які впливають на діяльність підприємства, як тих, вплив яких можна оцінити кількісно, так і тих, вплив яких кількісної оцінки немає. Вирішенню цього завдання присвячено багато наукових досліджень і праць.

Аналізуючи підходи до формування системи індикаторів фінансової безпеки підприємства, доходимо висновку, що найбільш повною і такою, що враховує найбільш поширені погляди інших дослідників, побудованою на базі показників фінансової стійкості, рентабельності та інших, є система фінансових показників та їх граничних значень, яку запропонував Р. С. Папехін [6, с. 19].

Але запропонована структура показників не є у повній мірі універсальною, бо показники фінансового левєриджа, тимчасової структури кредитів, диверсифікації покупців та постачальників значно різняться для підприємств різних галузей господарства, особливо це стосується залізничної галузі.

Для усунення цих недоліків необхідно встановлювати порогові значення з урахуванням особливостей статуту капіталу, заборгованості та фінансово-господарської діяльності підприємств окремих галузей [7, с. 162].

Для найбільш повного дослідження рівня фінансової безпеки господарських суб'єктів розрахунки індикаторів можна доповнити дослідженням грошових потоків підприємств, а саме показників чистого грошового потоку в розрізі видів фінансово-господарської діяльності (операційної, фінансової та інвестиційної) на основі матриці динамічної фінансової рівноваги (табл. 1), запропонованої дослідниками О. М. Підхонним та Л.С. Яструбецькою [8, с. 63].

Використання індикаторів залежить в основному від визначення граничних значень, які є мінливими в залежності від стану зовнішнього середовища, на яке підприємство майже не може впливати, а тільки пристосовується. Крім того, дуже важко визначити для підприємств ці граничні рівні і до того ж, вони різні для кожного окремого підприємства [9, с. 295].

При цьому слід зазначити, що простого розрахунку і контролю цих коефіцієнтів і показників явно недостатньо для забезпечення фінансової безпеки підприємства. Як мінімум для цього необхідно ще проводити їх аналіз і синтезувати управлінські рішення.

Таблиця 1

Індикатори фінансової безпеки підприємства

Показники	Порогове значення	Оптимальне значення показника
1	2	3
Коефіцієнт покриття (Обігові кошти / коротко-термінові зобов'язання)	1,0	не менше порогового
Коефіцієнт автономії (власний капітал / валюта балансу)	0,3	не менше порогового
Рівень фінансового левєриджа (довготермінові зобов'язання/власний капітал)	3,0	не більше порогового
Коефіцієнт забезпеченості відсотків до сплати (прибуток до сплати відсотків і податків/відсотки до сплати)	3,0	не менше порогового
Рентабельність активів (чистий прибуток / валюта балансу)	$I_{\text{інф}}$ ($I_{\text{інф}}$ – індекс інфляції)	не менше порогового
Рентабельність власного капіталу (чистий прибуток / власний капітал)	15 %	не менше порогового
Середньозважена вартість капіталу (WACC)	Рентабельність інвестицій	не менше порогового
Показник розвитку компанії (відношення валових інвестицій до амортизаційних відрахувань)	1,0	не менше порогового
Тимчасова структура кредитів	Кредити терміном до року < 30 %; кредити терміном понад рік < 70 %	не менше порогового
Показники диверсифікації: диверсифікація покупців (частка у виторгу одного покупця); диверсифікація постачальників (частка у виторгу одного постачальника)	10 %	не більше порогового
Темп зростання прибутку, активів	Темпи росту прибутку > темпів росту реалізації продукції > темпів росту активів	-
Співвідношення обігової дебіторської і кредиторської заборгованості	Період обігу дебіторської заборгованості > періоду обігу кредиторської заборгованості	-

У частині аналізу для найбільш повного дослідження рівня фінансової безпеки господарських суб'єктів розрахунки індикаторів можна доповнити дослідженням грошових потоків підприємств, а саме показників чистого грошового потоку в розрізі видів фінансово-господар-

ської діяльності (операційної, фінансової та інвестиційної) на основі матриці динамічної фінансової рівноваги, запропонованої дослідниками О. М. Підхомним та Л. С. Яструбецькою [8, с. 63].

Індикаторна оцінка фінансової безпеки ґрунтується на визначенні таких показників як коефіцієнт покриття, коефіцієнт автономії, рівень фінансового левериджу, коефіцієнт забезпеченості відсотків до сплати, рентабельність активів, рентабельність власного капіталу, середньозважена вартість капіталу, показник розвитку компанії, тимчасова структура кредитів, показники диверсифікації, темпи зростання прибутку, реалізації продукції, активів, співвідношення оборотності дебіторської та кредиторської заборгованості.

Але відносно залізничного транспорту доцільно розраховувати індикатори фінансової безпеки, які є найбільш важливими саме для підприємства певної залізниці (табл. 2). Візьмемо за приклад «Придніпровську залізницю».

Таблиця 2

Індикатори фінансової безпеки підприємства «Придніпровська залізниця»

Показник	Значення показника на підприємстві «Придніпровська залізниця»				Порогове значення для промислових підприємств
	2007 рік	2008 рік	2009 рік	2010 рік	
Коефіцієнт покриття	1,24	0,85	1,45	1,49	0,2-0,25
Коефіцієнт автономії	0,72	0,70	0,73	0,72	0,3
Рівень фінансового левериджа	0,27	0,29	0,22	0,22	3,0
Рентабельність активів (%)	0,13	0,03	0,53	0,80	Індекс інфляції
Рентабельність власного капіталу (%)	0,93	0,19	0,72	1,10	15
Темп зростання прибутку, активів	0,67 1,51	0,28 1,50	2,09 1,00	6,15 1,09	Темпи росту прибутку > темпів росту активів
Співвідношення оборотності дебіторської і кредиторської заборгованості	10,56 8,33	10,24 11,67	5,33 9,15	3,94 8,96	Період обігу дебіторської заборгованості > періоду обігу кредиторської заборгованості

Як видно з таблиці, більшість показників, що характеризують фінансову безпеку підприємства за чотири роки залишались майже незмінними, що свідчить про стабільну роботу

підприємства, але якщо порівняти з пороговими значеннями, то, в основному, всі показники нижче норми, встановленої для усіх підприємств. Але, зважаючи на те, що «Придніпровська залізниця» є специфічним, достатньо великим підприємством, то можна сказати, що незмінність показників є одним з основних критеріїв оцінки його фінансової безпеки.

Таким чином, можемо спостерігати, що підприємство «Придніпровська залізниця» працює досить стабільно, про що свідчать достатньо стабільні значення індикаторів фінансової безпеки.

Рентабельність підприємства хоча і дуже низькою, але досить стабільна, що, враховуючи специфіку галузі та організаційно-правову форму, є доброю ознакою стабільної роботи підприємства.

Очевидним є і той факт, що підприємство має змогу повністю покривати свої поточні зобов'язання за рахунок поточних активів. Підприємство більш ніж на 70 % здатне забезпечувати свою діяльність власним капіталом, тобто є практично фінансово незалежним.

Висновки

За результатами наукової статті, нами досліджено проблеми застосування методики оцінки стану і рівня фінансової безпеки підприємства залізничного транспорту зі сторони індикаторного підходу.

Сьогодні на підприємстві є достатньо інформації для відповіді на найважливіше питання з погляду фінансового механізму функціонування підприємства – формування фінансової рівноваги. Під фінансовою рівновагою підприємства залізничного транспорту розуміють комплексне управління всіма активами і пасивами залізниці [59, 60].

Досягти ідеального результату фінансово-господарської діяльності важко, але треба по можливості намагатися втриматися в межах безпечної зони. У зв'язку з цим фінансовий менеджер зазвичай ставить перед собою завдання знайти найбільш прийнятне поєднання результатів господарської та фінансової діяльності в межах допустимого ризику.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Васильців, Т. Г. Економічна безпека підприємства України: стратегія та механізм зміцнення [Текст] : монографія / Т. Г. Васильців. – Львів : Арал, 2008. – 386 с.
2. Міщенко, С. П. Напрямки забезпечення економічної безпеки залізничного транспорту [Текст]

- / С. П. Міщенко // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2011. – № 34.
3. Графова, Г. Ф. Экономические проблемы антикризисного управления [Текст] / Г.Ф. Графова. – М. : Изд-во эконом.-прав. лит-ры, 2006. – 288 с.
 4. Горячева К.С. Финансовая безопасность предприятия. Суть и место в системе экономической безопасности [Текст] / К. С. Горячева // Экономист. – 2003. – № 8. – С. 65–67.
 5. Бендиков М. А. Экономическая безопасность промышленного предприятия в условиях кризисного развития [Электронный ресурс] / М.А. Бендиков // Менеджмент в России и за рубежом. – 2000. – № 2.– С. 17-29. Режим доступа: [http:// www.cfin.ru/press/management/2000-2/02.shtml](http://www.cfin.ru/press/management/2000-2/02.shtml)
 6. Папехин, Р. С. Факторы финансовой устойчивости и безопасности предприятий [Текст] : автореф. дисс. ... канд. экон. наук / Р. С. Папехин. – Волгоград: Взд-во ВГУ, 2007. – 21 с.
 7. Полтініна, О. П. Оцінка рівня фінансової безпеки підприємств: методичний аспект [Текст] / О. П. Полтініна, А. В. Нескуба // Вісник економіки транспорту і промисловості. – Х., 2010. – № 29. – С. 161–163.
 8. Підхомний, О. М. Індикатори оцінки рівня фінансової безпеки суб'єктів господарювання [Текст] / О. М. Підхомний., Л. С. Яструбецька. // Економічні науки. Серія «Облік і фінанси». Луцький держ. техн. ун-т : зб. наук. пр. – Вип. 4 (16). – Ч. 2. – 2007.
 9. Судоплатов, А. П. Безопасность предпринимательской деятельности [Текст] / А. П. Судоплатов, С. В. Лекареп. – М. : ОЛМА-ПРЕСС, 2001. – 312 с.
 10. Копилов, В. А. Метрологічні підходи до оцінювання рівня фінансової безпеки держави [Текст] / В. А. Копилов, Т. І. Єфименко // Стратегічна панорама. – 2007. – № 2. – С. 38–45.

Надійшла до редколегії 06.12.2011.

Прийнята до друку 11.12.2011.

Е. И. ПОЧЕЧУН

ПРОБЛЕМЫ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ И УРОВНЯ СИСТЕМЫ ФИНАНСОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

В статье на первый план выходят вопросы эффективной методики оценки состояния и уровня системы финансовой безопасности предприятия железнодорожного транспорта. Актуальность статьи обусловлена именно этой проблемой. Недостаточное внимание к проблемам разработки методики оценки системы финансовой безопасности на транспорте может привести к потере финансовой устойчивости и финансовой независимости предприятия, что может стать причиной банкротства предприятия. Задачей является обеспечение высокого уровня финансовой безопасности на предприятиях железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: финансовая безопасность предприятия, железнодорожный транспорт, индикаторы системы финансовой безопасности предприятия

O. I. POCHUCHUN

METHODOLOGICAL PROBLEMS OF EVALUATING THE FINANCIAL SECURITY OF RAILWAY ENTERPRISES

The article highlights a problem concerning the ways of evaluation of financial security and its level on the railway transport enterprises. The relevance of this article is caused by this problem. Insufficient attention paid to the problems on the development of evaluation methods in this sphere could result in loss of financial stability and financial independence of the enterprise, which could lead to its bankruptcy. The challenge is to ensure a high level of financial security of railway enterprises.

Keywords: financial security of company, railway transport, indicators of financial security system of company

А. СЛАДКОВСКИ (Силезский технический университет, Катовице, Польша)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛИЗАЦИИ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

В статье рассматриваются проблемы, связанные с параллелизацией вычислительных процессов при решении связанных термоупругих задач при помощи метода конечных элементов. В качестве примера рассматривается задача генерации тепла в контактной зоне фрикционного гасителя колебаний пассажирских вагонов и определения распределения температур во взаимодействующих деталях.

Ключевые слова: параллелизация вычислений, метод конечных элементов, фрикционный гаситель колебаний

Введение

Метод конечных элементов (МКЭ) является в настоящее время одним из базовых методов решения задач механики. Он широко используется для исследования напряженно-деформированного состояния различных элементов конструкции, а том числе деталей и узлов, используемых на железнодорожном транспорте. Никого не удивит использование сеток конечных элементов (КЭ), содержащих миллионы узлов и еще большее количество степеней свободы. Такие подходы позволяют, например, рассматривать целиком напряженное состояние кузова локомотива или вагона. Это возможно в случае использования линейной постановки задачи.

Появление в задаче различного рода нелинейностей может существенно замедлить процесс их решения, поскольку в этом случае чаще всего приходится использовать итерационные методы решения и могут появиться проблемы сходимости таких процессов. Здесь следует говорить о задачах с сильной или слабой нелинейностью. Например, если в задаче учитываются также упруго-пластические свойства материала или сравнительно большие перемещения (нелинейные соотношения Коши), то следует отнести такую к задачам со слабой нелинейностью. Если к рассматриваемым нелинейностям добавляются другие, связанные, например, с необходимостью решения контактных задач или эффекты, возникающие при необходимости учесть тепловые потоки, то задачи следует относить к задачам с сильной нелинейностью. В плане решения это влияет, прежде всего, на увеличение времени их решения и, несмотря на постоянное усовершенствование вычислительной техники, решение подобных задач следует ограничить сравнительно небольшим количеством узлов, исчисляемым, например, в десятках тысяч.

Одним из способов ускорения решения таких задач могло бы быть использование параллелизации вычислительных процессов на машинах, имеющих процессоры с несколькими ядрами, многопроцессорных машинах или с использованием мощных суперкомпьютеров, построенных на кластерной схеме. Наиболее сложной задачей для создателей соответствующего программного обеспечения является обеспечение возможности параллелизации процессов. Чаще всего процесс решения является последовательным, т.е. если решение выполняется в перемещениях, то от перемещений в каком-то узле зависят перемещения во всех оставшихся. Тем не менее, существуют возможности параллелизации, в основе которых лежит разделение КЭ сетки на отдельные области (домены), для которых может быть найдено отдельное решение, зависящее от перемещений в стыковочных узлах. В любом случае, программное обеспечение, реализующее подобные процедуры решения должно быть изначально специализировано для выполнения параллелизации процесса решения задачи при помощи МКЭ.

Одним из программных пакетов, в рамках которого существует такая возможность, является MSC.MARC. Данное программное обеспечение является весьма специфическим в достаточно широком ряду ПО, позволяющих проводить расчеты с использованием МКЭ. Особенностью MSC.MARC является то, что данный пакет изначально был ориентирован на решение задач с сильной нелинейностью. Это позволяет считать, что именно этот пакет обеспечивает возможность решения наиболее широкого спектра механических, термических, электростатических, электромагнитных, гидравлических, акустических и ряда других физических проблем. В качестве альтернативы может быть указан только аналогичный пакет Abaqus FEA фирмы Dassault Systèmes Simulia Corp.

В статье сделана попытка выяснить целесообразность использования параллелизации процесса решения задачи для достаточно сложного класса связанных задач термоупругости.

Постановка задачи

В качестве примера рассмотрим задачу определения напряженно-деформированного состояния и поля температур для фрикционного гасителя колебаний вагонов. Конструкция такого гасителя колебаний была разработана в работах проф. Л. А. Губачевой [1, 2]. Основными элементами, участвующими в контактном взаимодействии, являются цилиндрическая втулка, в центральной части которой изготавливается призматическая шестигранная поверхность. К указанной втулке в месте данной контактной поверхности прижимаются фрикционные сухари. Относительное движение втулки и сухарей позволяет генерировать на контактной поверхности тепловой поток. В данном месте происходит преобразование кинетической энергии вертикального движения тележки вагона в тепловую, что, в конечном счете, способствует гашению колебаний. На рис. 1 показано геометрическое моделирование основных элементов фрикционного гасителя колебаний [3]. В цитируемой статье были рассмотрены проблемы, связанные с генерацией КЭ сетки. В результате удалось упростить решение задачи, рассматривая в силу ее симметричности только 1/12 часть приведенных на рис. 1 объектов. Удалось также в полуавтоматическом режиме сгенерировать КЭ сетку, которая позволяла получить адекватное решение контактной задачи.

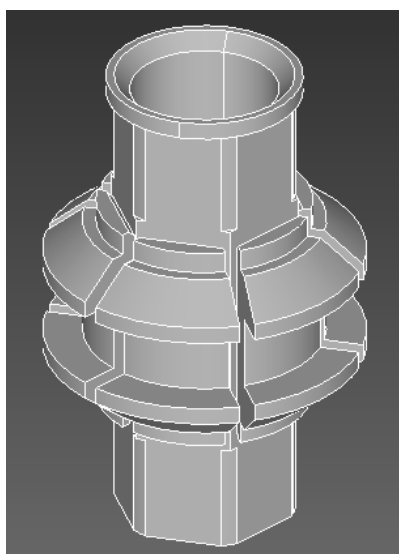


Рис. 1. Геометрическое моделирование фрикционного гасителя колебаний

Очевидно, что при генерации теплового потока происходит повышение температуры в указанной зоне. При этом величина генерируемого теплового потока зависит от величины контактных узловых сил. С другой стороны, распределение температур влияет на деформирование взаимодействующих тел, и, соответственно, на распределение контактных напряжений. Таким образом, задача определения генерируемых тепловых потоков в контактной зоне и последующей теплопроводности не может рассматриваться отдельно от контактной задачи теории упругости. Т.е. имеет место достаточно сложная нестационарная связанная задача термоупругости. При этом контактное взаимодействие осуществляется не только в контактной зоне между втулкой и сухарями, но и на конических поверхностях сухарей, где последние взаимодействуют с нажимными кольцами.

Описанную задачу удалось решить с использованием пакета MSC.MARC. В статье [4] были приведены результаты расчета взаимодействия деталей фрикционного гасителя колебания в течение 30 секунд с шагом интегрирования 0,015 с. Время решения задачи при помощи пакета MSC.MARC 2005r2 на компьютере с процессором Athlon 3000 64b и оперативной памятью 2 Гб составляло 21463 с. В настоящее время в рассматриваемое ПО внесены ряд изменений и новые версии работают более быстро. И тем не менее, повторение расчетов для той же задачи на более мощном компьютере с процессором AMD Phenom II X4 955 с частотой 3,2 ГГц и оперативной памятью 4 Гб (задействовано 3 Гб при установленной 32-битной операционной системе Windows 7), а также новой версии MSC.MARC 2011 все равно было достаточно длительным – 11941 с.

Результаты

Использование параллелизации для программы MSC.MARC 2011 не представляет значительных трудностей, если вычислительный процесс организовывается на одном компьютере. В этом случае используется сервис Intel MPI, программные модули которого поставляются в комплекте поставки с пакетом MSC.MARC. При этом предварительно должна быть проведена необходимая для данного сервиса регистрация.

Подготовленная к решению задача должна быть поделена на КЭ зоны (домены), количество которых должно соответствовать количеству процессоров, на которых будет решаться зада-

ча. При запуске на счет также необходимо указать в параметрах решения указанное количество процессоров. Деление КЭ сетки задачи на отдельные домены является специальной задачей исследования. В пакете MSC.MARC предусмотрено 2 режима деления (ручной и автоматический). При этом автоматический режим также позволяет использовать несколько алгоритмов.

В новой версии MSC.MARC 2011 использовано несколько алгоритмов разработанных в Университете Миннесоты, которые называются алгоритмами доменной декомпозиции Metis [5]. В данной статье рассматривается доменная декомпозиция, основанная на алгоритме Metis Best. Этот алгоритм является комбинацией алгоритмов Metis Element Based (т.е. алгоритма основанного на анализе элементов) и алгоритма Metis Node Based (основанного на анализе узлов КЭ сетки). На рис. 2 показано деление КЭ сетки рассматриваемой задачи на 2 домена. При этом алгоритм декомпозиции не обращает внимания на существующие контактные тела, включая в домены конечные элементы, относящиеся к разным контактным телам. В частности, домен 1 на рис. 2 включает все элементы втулки, а также часть элементов сухаря.

Последующее решение задачи с использованием параллельных двух процессоров было успешным только относительно. Решения, полученные при помощи однопроцессорной и двухпроцессорной схем, совпадали. Но решение с использованием двух процессоров оказалось значительно более длительным. Время счета было равно 18794 с.

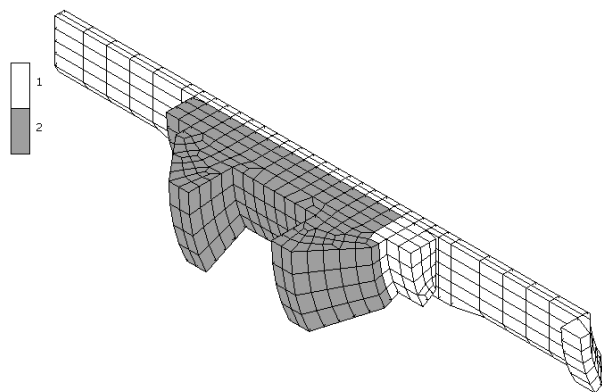


Рис. 2. Доменная декомпозиция КЭ сетки с использованием алгоритма Metis Best (2 домена)

Полученный результат был очень удивительным, поскольку кардинально противоречил ожидаемому эффекту. Использование двух процессоров вместо одного должно было бы ускорить процесс решения задачи, в то время как имело место замедление в 1,57 раза. Чтобы

как-то выяснить указанную ситуацию, была проведена декомпозиция согласно указанного выше алгоритма Metis Best для трех доменов. На рис. 3 показано соответствующее деление КЭ сетки.

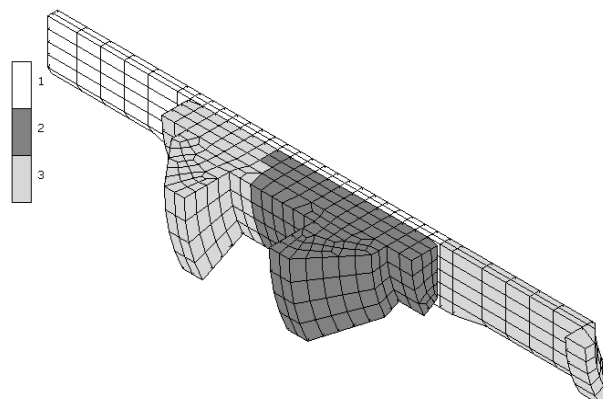


Рис. 3. Доменная декомпозиция КЭ сетки с использованием алгоритма Metis Best (3 домена)

В данном случае сетка была поделена таким образом, что домен 1 включал в себя часть элементов втулки, домен 2 включал часть элементов сухаря, и наконец, домен 3 состоял из оставшихся частей элементов сухаря и втулки не связанных между собой.

Время решения задачи с использованием трех процессоров составляло 11049 с. Указанный факт только запутал понимание проблемы. Поиск решения привел к необходимости проверки эффективности использования различных методов решения систем уравнений, которые реализованы в рамках пакета MSC.MARC 2011. В частности, существует возможность выбора метода решения задачи из нижеследующих (табл. 1).

Таблица 1

Решатели (методы решения), используемые в пакете MSC.MARC 2011

1	Multifrontal Sparse
2	Mixed Direct - Iterative
3	Casi Iterative
4	Pardiso Direct Sparse
5	Mumps Parallel Direct
6	Hardware Sparse
7	Iterative Sparse
8	Direct Profile (default)
9	Direct Sparse

Для рассматриваемой задачи были проведены расчеты с использованием всех методов для одно, двух и трех процессорных схем. Полученные результаты представлены на диаграмме (рис. 4).

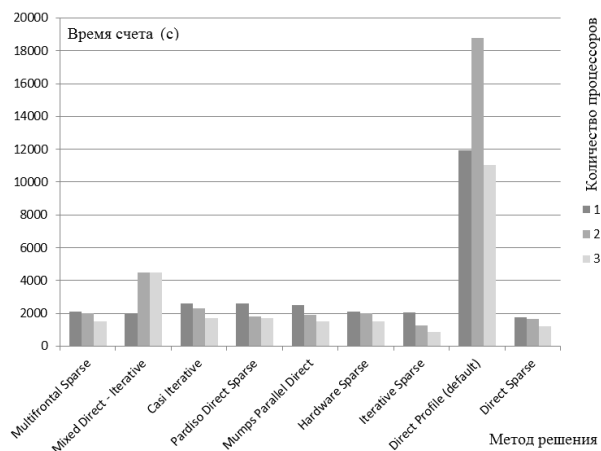


Рис. 4. Время расчета с использованием 1, 2 или 3 процессоров для разных методов решения

Полученные результаты оказались весьма неожиданными. Оказалось, что при использовании одного процессора используемый по умолчанию (default) метод (Direct Profile) оказался наименее эффективным, причем скорость вычислений с использованием метода Direct Sparse оказалась почти в 7 раз больше (время вычислений 1739 с).

И, тем не менее, не этот метод решения оказался лидером. При использовании метода Iterative Sparse для трех параллельных процессоров удается решить задачу в течение 850 с. Т.е. если принять решение для одного процессора на основе принятого по умолчанию метода, то использование указанной выше схемы решения позволяет в 14 раз! ускорить решение задачи.

Автор не ставил своей целью выяснение математических причин столь существенных ускорений. Можно при этом их найти в статье [6], где указывается, что с использованием профильного метода факторизации (Direct Profile) быстро решаются конструкции вытянутые в одном направлении. В рассматриваемом случае детали таковыми не являются. Так что ожидать высоких результатов от профильного метода не приходится. Хотя, конечно, в сравнении с другими методами, использующими разреженную оптимизацию (Sparse) отличие является разительным. В данном случае вызывает недоумение, почему создатели пакета MSC.MARC выбрали метод Direct Profile в качестве метода решения задач по умолчанию. Все-таки конструкции, вытянутые в одном направлении, не

являются наиболее часто встречающимися в конструкторской практике.

Сравнивая остальные методы решения следует отметить, что для метода Mixed Direct - Iterative использование многопроцессорных схем также противопоказано, хотя для одного процессора этот метод показал вполне хорошую скорость решения (1959 с).

Все остальные методы показали ожидаемый результат, т.е. с увеличением количества параллельных процессов время решения сокращается. При этом для каждого решателя такое сокращение разное. Если для лидера Iterative Sparse оно составляет 2,4 раза при использовании трех процессоров вместо одного, то, например, для Hardware Sparse оно равно только 1,4 раза.

Выводы

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что при решении сложных нестационарных механических и термических задач с использованием МКЭ применение параллелизации вычислений является целесообразным. Тем не менее, не следует опираться на решения предлагаемых разработчиками по умолчанию. Вопрос выбора решателя является ключевым и в каждом случае требует проведения дополнительных исследований. Указанные выводы являются весьма существенными при расчетах деталей и узлов подвижного состава, где зачастую приходится решать задачи указанного типа.

В дальнейшем планируется провести исследование влияния доменной декомпозиции на скорость решения задачи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Губачева, Л. А. Исследование изнашивания деталей фрикционного гасителя колебаний тележек пассажирских вагонов [Текст] / Л. А. Губачева // Новини науки Придніпров'я. – 2005. – Вип. 5. – С. 31-35.
2. Gubacheva, L. A. Assurance of operate reliability of rolling stock [Text] / L. A. Gubacheva, N.M. Naish // Journal of Guangdong non-ferrous metals. – 2005. – Vol. 15. – No. 2. – P. 200–212.
3. Губачева, Л. А. Контактные задачи механики при расчете подвижных сопряжений железнодорожного транспорта [Текст] / Л. А. Губачева, А. В. Сладковский, В. П. Щербаков // Вісник Східноукраїнського національного університету. – 2006. – № 8 (102), ч.1. – С. 111–114.
4. Śładkowski, A. Rozwiązanie problemu termospężystości dla współpracy kontaktowej elementów ciernego tłumika drgań / A. Śładkowski,

- L. Gubachova // I Kongres Mechaniki Polskiej. Materiały kongresowe. – Warszawa, 2007. – 8 s. (CD).
5. METIS - Serial Graph Partitioning and Fill-reducing Matrix Ordering // <http://glaros.dtc.umn.edu/gkhome/metis/metis/overview> (29.02.2012).
6. Мухин, А. Н. Новый разреженный прямой решатель (sparse direct solver) в системе ИСПА /

А. Н. Мухин, А. А. Мухин [Электрон. ресурс] – Режим доступа : <http://www.ispa-soft.ru/statxi/statxq15.htm> (29.02.2012).

Поступила в редколлегию 19.12.2011.
Принята к печати 22.12.2011.

A. СЛАДКОВСЬКИ

ВИКОРИСТАННЯ ПАРАЛЕЛІЗАЦІЇ ОБЧИСЛЕНЬ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

У статті розглядаються проблеми паралелізації обчислювальних процесів при вирішенні пов'язаних термомпружних завдань за допомогою методу кінцевих елементів. Як приклад розглядається задача генерації тепла в контактній зоні фрикційного гасителя коливань пасажирських вагонів і визначення розподілу температур у взаємодіючих деталях.

Ключові слова: паралелізація обчислень, метод кінцевих елементів, фрикційний гаситель коливань

A. ŚLADKOWSKI

THE USE OF COMPUTING PARALLELIZING FOR SOLVING OF THE PROBLEMS OF RAILWAY TRANSPORT

The article deals with the problems related to parallelize of computational processes for solving problems connected with the thermal stress by the finite element method. As an example, here considered the problem of heat generation in the contact zone of a friction damper of passenger wagons and determined the temperature distribution in the interacting parts.

Keywords: parallelization of computations, finite element method, friction damper

УТВОРЕННЯ НЕРІВНОВАЖНИХ ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ НА БАЗІ ГЕРМАНІЮ В Al-Ge-СПЛАВАХ

У роботі досліджено фазовий склад і мікроструктура швидкоохолоджених заевтектичних алюмінієво-германієвих сплавів. Встановлено утворення нерівноважних твердих розчинів на базі германію. Показано вплив швидкості охолодження і вмісту германію на фазовий склад сплавів.

Ключові слова: твердий розчин, фазовий склад, заевтектичні алюмінієво-германієві сплави, швидкість охолодження

На теперішній час відомо, що високі швидкості охолодження значно впливають на фазовий склад і процеси структуроутворення сплавів різних систем. Нерівноважні умови фазових перетворень, значно змінюючи багато-які параметри системи, спричиняють велику кількість специфічних фазових та структурних ефектів, що суттєво розширюють й урізноманітнюють коло сплавів даної системи з різними властивостями [1–3]. Великі перспективи з цього приводу мають системи із фазовими реакціями розпаду і, насамперед, системи з евтектичним перетворенням. Оскільки властивості матеріалів залежать від фазового складу і будови матеріалів, то керування зазначеними параметрами дає можливість значного розширення характеристик сплавів.

Метою даної роботи було дослідження фазового складу заевтектичних сплавів системи Al-Ge, тому що у попередніх дослідженнях було доведено на прикладі доевтектичних сплавів, що швидке охолодження алюмінієво-германієвих сплавів може значно змінювати їх фазовий склад і морфологію [1]. Відповідно до [4], рівноважна діаграма стану Al-Ge відбиває утворення твердих розчинів тільки на основі алюмінію та евтектичне перетворення, яке відбувається за наступною фазовою реакцією: $P_{30,3} \rightarrow \alpha + \text{Ge}$. Таким чином, рівноважними фазами сплавів даної системи є алюмінієвий твердий розчин α і германій (рис. 1).

Попередні дослідження доевтектичних сплавів даної системи довели, що прискорення охолодження до $10^2 \dots 10^4$ К/с призводить до значних змін не тільки в алюмінієвому твердому розчині α , ступінь пересичення якого на германій зростає більше ніж утричі порівняно з рівноважною розчинністю й становить 12,5 ат. % [5]. За результатами [6] у широкому діапазоні концентрацій має місце метастабільна кристалізація, і виникає метастабільна проміжна фаза AlGe, яка містить значну частку легко-

плавкого компонента – алюмінію. Ця фаза разом із пересиченим твердим розчином α' формує метастабільну квазіевтектику $\alpha' + \text{AlGe}$, що було зафіксовано металографічно [6]. У той же час заевтектичним сплавам не було приділено значної уваги. Саме тому в даній роботі й була поставлена задача встановлення особливостей фазового складу швидкоохолоджених заевтектичних сплавів системи Al-Ge.

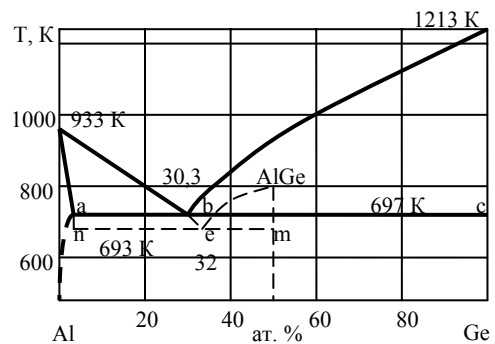


Рис. 1. Рівноважна [4] і частина метастабільної (пунктирні лінії) [1] діаграми стану Al-Ge

Матеріали і методика експерименту

В якості вихідних матеріалів використовували елементи високого ступеня чистоти: германій – 99,9999 ат. %, алюміній – 99,999 ат. %. Сплави виплавляли у вакуумній печі опору СВГ-2.3/15ЭМ1 в атмосфері аргону в алундових тиглях. Температура перегріву розплаву вище лінії ліквідус не перевищувала 30...50 К.

Для досягнення великих швидкостей охолодження підготовлені сплави переплавляли в сілотовій печі під шаром корнеліту (для попередження окислення), ретельно перемішували (для уникнення ліквіації за питомою вагою) та виливали в охолоджену мідну виливницю у вигляді клина. Швидкість охолодження за високою клиноподібного зразка змінювалась від $\sim 10^2$ К/с у верхній частині до $\sim 10^4$ К/с у лезі клина за товщини 0,5 мм.

Дослідження фазового складу та характеру розподілу елементів між структурними складовими сплавів із використанням електронного зонда проводили за допомогою рентгеноспектральних мікроаналізаторів МС-46 «Самеса» та СХ-42 «Самебах». Аналіз проводили за напруги 20 кВ та струму зонду 40 мА.

Якісний аналіз виконували шляхом запису кривих розподілу інтенсивності ліній K_{α} -випромінювання елементів при пересуванні зонду вздовж вибраного маршруту, а також методом сканування за площиною, величину якої вибирали в залежності від компактності структури.

Кількісний аналіз здійснювали на мікрозонді СХ-42. При дослідженні швидкоохолоджених сплавів системи Al-Ge як еталони використовували чистий германій та сполуку $FeAl_3$. Склад структурно вільних кристалів фаз, евтектик та квазіевтектик досліджували при розфокусованому зонді (діаметр зонду дорівнював $\sim 0,1 \cdot 10^{-4}$ м). Через структурну однорідність аналізованих фаз робили поправку на поглинання, атомний номер та флюоресценцію. Локальність аналізу становила $(0,2 \dots 0,3) \cdot 10^{-5}$ м, сумарна похибка не перевищувала 3 % відн.

Дослідження мікроструктури зразків проводили на оптичному мікроскопі Neophot-21.

Аналіз результатів дослідження фазового складу і структури заевтектичних сплавів також виявив їх залежність як від хімічного складу сплаву, так і швидкості охолодження.

Результати експерименту та їх аналіз

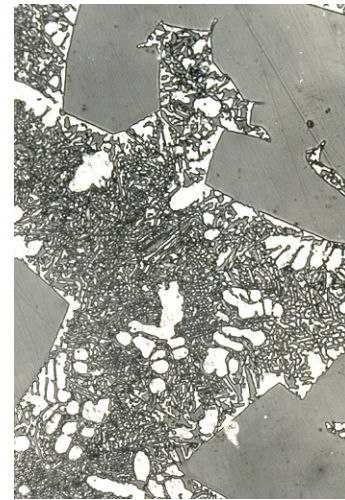
У досліджених сплавах з 50 % ат. Ge та 55 % ат. Ge при швидкості охолодження в діапазоні $10^2 \dots 10^4$ К/с мікроструктура складається з наступних складових (рис. 2).

По-перше, як надлишкові були присутні кристали германію (на рис. 2, а вони мають сірий колір). У той же час за результатами кількісного аналізу встановлено наявність достатньо високого ступеня розчинності алюмінію в цих кристалах. У сплаві з 50 % ат. Ge при швидкості охолодження 10^2 К/с вона досягає 11,1 ат. % Al, а при зростанні швидкості до 10^4 К/с – 7,1 ат. % Al.

Тобто в даному випадку можна стверджувати про утворення твердого розчину на основі германію, розчинність якого залежить від швидкості охолодження. Тому цю фазу пропонується позначати як β -твердий розчин.

У сплаві з 55 % ат. Ge при швидкості охолодження 10^2 К/с кількість алюмінію в кристалах β -фази (рис. 4, б) становить 11,6 ат. % Al, а при зростанні швидкості до 10^4 К/с – 6,7 ат. % Al.

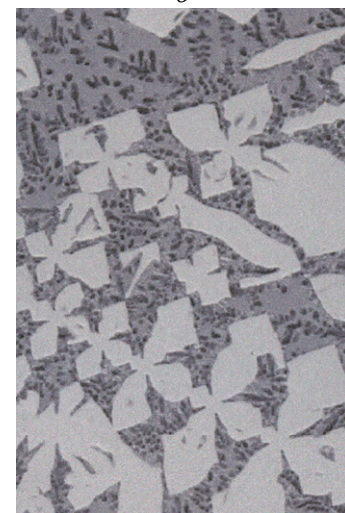
Таким чином, аналіз отриманих результатів показує, що не тільки швидкість охолодження, а й вміст германію в сплаві впливає на склад β -твердого розчину.



а



б



в

Рис. 2. Мікроструктура заевтектичного сплаву з 55 ат. % Ge: а – $V_{\text{охол}} = 10^2$ К/с, x 250; б – $V_{\text{охол}} = 10^2$ К/с, x 400; в – $V_{\text{охол}} = 10^4$ К/с, x 400

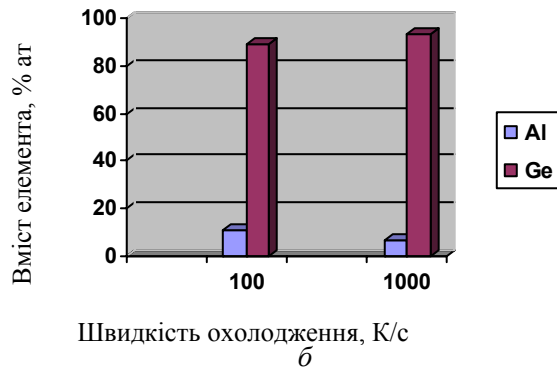
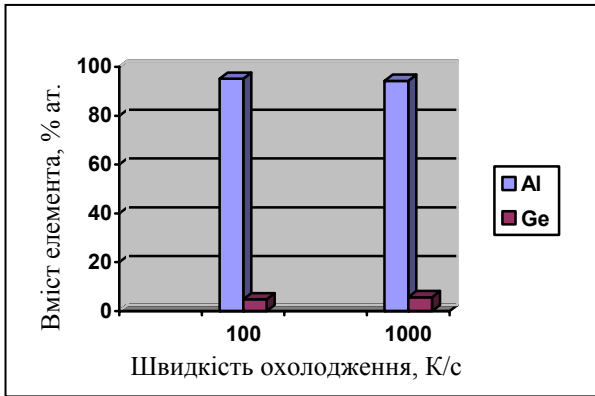


Рис. 3. Вплив швидкості охолодження на склад твердих розчинів на основі алюмінію (а) та германію (б) у сплаві з 50 % ат. Ge

Другою складовою мікроструктури були обідкові кристали α -твердого розчину (на рис. 2, а вони мають білий колір), склад яких також змінювався залежно від швидкості охолодження (рис. 3, а і 4, а). Так, у сплаві з вмістом 50 % ат. Ge при швидкості охолодження 10^2 К/с розчинність досягла 4,9 % ат. Ge, а при швидкості охолодження 10^4 К/с – 10,5 % ат. Ge. У сплаві з 55 % ат. Ge ці цифри, відповідно, дорівнювали 5,7 та 9,9 % ат. Ge (рис. 4). Таким чином, у даному разі і швидкість охолодження, і склад сплаву також впливали на розчинність германію у α -твердому розчині.

Крім структурно вільних кристалів спостерігали колоніальні структури двох морфологічних типів: скелетного та стільникового, базовими фазами яких були, відповідно, β -твердий розчин та метастабільна проміжна фаза AlGe [5]. Слід зауважити, що скелетний тип колоніальної структури на базі твердого розчину германію має морфологічну схожість із стабільною евтектикою даної системи.

Таким чином, в залежності від складу сплавів та швидкості охолодження в системі Al-Ge утворюється ціла низка метастабільних пересичених твердих розчинів на основі обох компонентів системи та колоніальних структур різно-

го складу та морфології. На рис. 5 схематично показано, що на діаграмі стану Al-Ge існує область β -твердого розчину алюмінію в германії та гіпотетична область формування метастабільної квазіевтектичної структури в досліджуваніх сплавах, яка знаходиться під лінією ab.

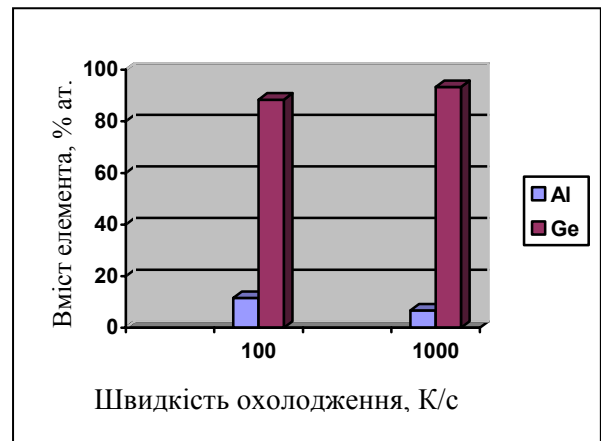
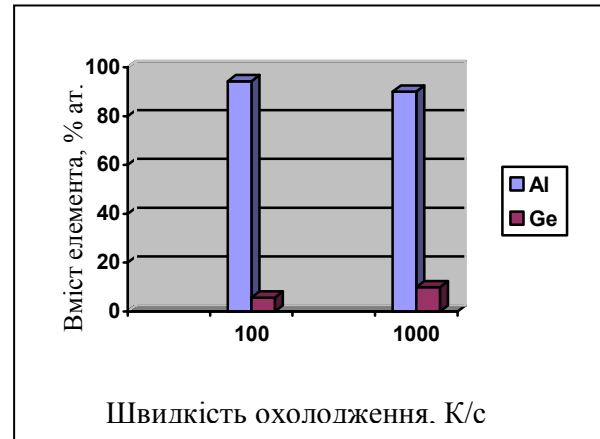


Рис. 4. Вплив швидкості охолодження на склад твердих розчинів на основі алюмінію (а) та германію (б) у сплаві з 55 % ат. Ge

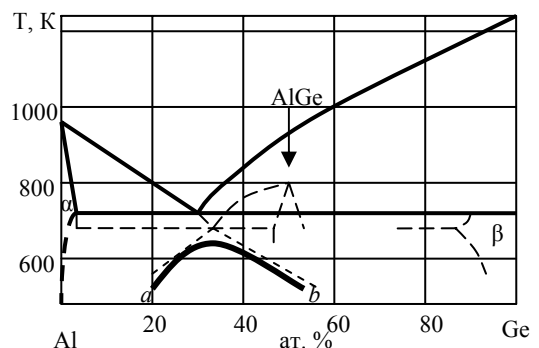


Рис. 5. Діаграма Al-Ge за результатами проведеного аналізу

Висновки

Встановлено, що у швидко охолоджених заэвтектичних сплавах системи Al-Ge змінюється фазовий склад і структура сплаву. Доведено, що у сплавах із вмістом 50...55 % ат. Ge утворюються тверді розчини на базі германію різної розчинності. Показано вплив швидкості охолодження і складу сплаву на параметри германієвого твердого розчину.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Шмырева, Т. П. Быстроохлажденные эвтектические сплавы [Текст] / Т. П. Шмырева, Е. Ю. Береза. – К. : Наук. думка, 1990. – 144 с.
2. Дорогань, Т. Е. Анализ состава неравновесных фаз в бинарных сплавах и вольфрама на основе представлений о межатомном взаимодействии компонентов [Текст] / Т. Е. Дорогань // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад.

- В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 34. – Д. : Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 199–205.
3. Береза, Е. Ю. О формировании квазиэвтектик на базе метастабильных фаз [Текст] / Е. Ю. Береза // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Фізика. Радіоелектроніка. – 2002. – Вип. 9. – С. 54–56.
 4. Шанк, Ф. А. Структуры двойных сплавов. [Текст] / Ф. А. Шанк : [пер. с англ.]. – М. : Металлургия, 1973. – 760 с.
 5. Береза, О. Ю. Метастабильна квазіэвтектична кристалізація сплавів [Текст] / О. Ю. Береза // Вісник Харк. нац. ун-ту ім. В. Н. Каразіна. – 2008. – № 794, вип. 1 (37). – С. 77–80.
 6. Береза, Е. Ю. О структуре метастабильных эвтектик [Текст] / Е. Ю. Береза // МИТОМ. – 1987. – № 9. – С. 4–6.

Надійшла до редколегії 08.12.2011.

Прийнята до друку 20.12.2011.

Е. Ю. БЕРЕЗА, О. В. БЕРЕЗА

ОБРАЗОВАНИЕ НЕРАВНОВЕСНЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ НА БАЗЕ ГЕРМАНИЯ В Al-Ge-СПЛАВАХ

В работе исследованы фазовый состав и микроструктура быстро охлажденных заэвтектических алюминий-германиевых сплавов. Обнаружено образование неравновесных твердых растворов на базе германия. Показано влияние скорости охлаждения и содержания германия на фазовый состав сплавов.

Ключевые слова: твердый раствор, фазовый состав, заэвтектические алюминий-германиевые сплавы, скорость охлаждения

O. Yu. BEREZA, O. V. BEREZA

FORMATION OF NON-EQUILIBRIUM GERMANIUM-BASED SOLID SOLUTIONS IN Al-Ge-ALLOYS

This article is devoted to the investigation of phase composition and microstructure of the higher cooled aluminum-germanium alloys. The formation of non-equilibrium germanium solid solutions is shown. The influence of the rate of cooling and the germanium percentage on the phase composition of alloys is shown.

Keywords: solid solution, phase composition, hypereutectic aluminum-germanium alloys, rate of cooling

Л. И. ВАКУЛЕНКО (Вагонное депо «Нижнеднепровск-Узел», Днепропетровск),
Ю. Л. НАДЕЖДИН (ДИИТ)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА В СТАЛИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ КАТАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС

В работе показано, что увеличение содержания углерода в стали облегчает процесс формирования дефектов на поверхности катания железнодорожных колес при эксплуатации.

Ключевые слова: железнодорожное колесо, сталь, углерод, структура, эксплуатация

Современный уровень развития промышленного производства сопровождается непрерывным ростом интенсивности эксплуатации железнодорожного транспорта. Одновременное повышение удельной нагрузки на колёсную пару и скорости движения транспорта, приводят к увеличению повреждаемости железнодорожных колёс и бандажей в процессе эксплуатации. Учитывая изменения состояния металла колеса в месте контакта с рельсом, при движении на участках с ускорением неизбежны эффекты проскальзывания [1]. В зависимости от интенсивности высвобождаемой энергии величина проскальзывания может достигать значительных значений. В этом случае в площади контакта, кроме нормальной составляющей, дополнительно возникают касательные напряжения. Соотношение и уровень указанных напряжений обуславливают развитие процессов трения и износа железнодорожных колёс при эксплуатации. Ограниченные размеры пятна контакта колесо – рельс, уже при незначительном проскальзывании способно обеспечивать резкий разогрев металла до относительно высоких температур в тонком поверхностном слое [2, 3]. На основании этого, для условий высоких скоростей движения железнодорожного транспорта и значительных контактных напряжений, даже кратковременное проскальзывание может быть достаточным для резкого повышения температуры до уровня начала фазовых изменений в металле колеса. В указанных объёмах металла обода колеса, неизбежное развитие процессов структурных превращений будет сопровождаться обязательным изменением комплекса свойств [4]. В зависимости от интенсивности выделяемой энергии в месте проскальзывания, длительности события и скорости охлаждения металла после завершения указанного явления, структурные изменения в приповерхностном слое обода колеса будут иметь различные последствия [5].

Учитывая разнообразие возникающих дефектов по поверхности катания колес, представляет определенный интерес анализ условий возникновения повреждений железнодорожных колес в местах так называемого «белого слоя» [5]. Проведенными исследованиями установлена природа формирования указанных участков: зарождение мартенситной фазы при охлаждении. Неизменным условием ее формирования считается достижение высоких температур нагрева при значительных по величине контактных напряжениях. На основании этого, с целью объяснения необходимости ограничения по содержанию углерода углеродистой стали, предназначенной для изготовления железнодорожных колёс различного уровня прочности, необходимо оценить условия развития качественных структурных изменений при нагреве и охлаждении металла.

Материалом для исследования служили фрагменты железнодорожных колёс КП-2 и КП-Т с характерными поверхностными повреждениями в виде выщерблин после эксплуатации. Содержание углерода в колёсной стали КП-2 составляло 0,6 %, а в КП-Т 0,69 %.

Учитывая, что процесс формирования выщерблин металла по поверхности катания колеса в определенной мере обусловлен достижением внутренними напряжениями уровня временного сопротивления разрушению, представляется необходимым изучить причины, способствующие возникновению указанных напряжений.

Так, если блокировать объёмные изменения металла при нагреве, будет происходить неизбежное увеличение внутренних напряжений. Дополнительный рост указанных напряжений может обеспечиваться развитием процессов изменения фазового состава стали. После превышения температурной нагрева критического значения начала полиморфного превращения, формирование аустенитной фазы будет сопро-

вождаться обязательным объёмным эффектом. С другой стороны, в случае теплоотвода от поверхности нагретого металла со скоростями вблизи критического значения, будут достигаться условия формирования структур по сдвиговому или промежуточному механизмам. Кроме объёмных эффектов, указанные структурные изменения сопровождаются обязательным ростом прочностных свойств и существенным снижением сопротивления зарождению трещин [6]. Учитывая высокие уровни градиента деформаций и контактных напряжений, после формирования даже незначительного по величине проскальзывания колеса по рельсу, становится достаточно для повышения температуры в металле для начала формирования аустенитной фазы. Таким образом, в тонком приповерхностном слое металла обода появляется фаза необходимая для структурных превращений по сдвиговому механизму. Действительно, если считать, что основной теплоотвод от нагретого участка обода, даже в случае не учета обдува обода набегающим потоком воздуха, обеспечивается присутствием соседних холодных объёмов, условия указанных структурных превращений могут быть достигнуты.

Так, из анализа диаграммы железо – углерод следует, что завершение превращения перлитных участков в аустенит наблюдается уже при температурах незначительно превышающих A_{c1} [7]. Для стали с 0,6 % С в изотермических условиях, при указанной температуре структура будет состоять примерно из 75 % аустенита и 25 % зерен структурно свободного феррита. Дальнейший нагрев такой стали, примерно выше $770...775\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($A_{c3} = 766\text{ }^{\circ}\text{C}$), приведёт к формированию полностью аустенитной структуры. С другой стороны, увеличение содержания углерода до значений соответствующих максимальной концентрации, как для колёс типа КП-Т (0,69 %) приведёт к более существенным изменениям фазового состава при нагреве. Так во-первых, объёмная доля аустенита после нагрева выше A_{c1} будет примерно на 10 % выше аналогичной величины стали с 0,6 % С. Следовательно, после нагрева до одинаковых температур (выше A_{c1}), в стали с повышенным содержанием углерода доля аустенита будет составлять более 86 % и лишь 14 % это структурно свободный феррит. Во вторых, с ростом содержания углерода в стали температура завершения превращения аустенита при нагреве (A_{c3}) снижается. Таким образом, рост содержания углерода в стали для колёс типа КП-Т до

0,69 % С по сравнению с 0,6 % С будет сопровождаться не только увеличением объёмной доли аустенита, но и снижением температуры завершения аустенитного превращения: для стали с 0,69 % A_{c3} составляет значение лишь $743\text{ }^{\circ}\text{C}$ [8].

На основании проведенного анализа можно с уверенностью полагать, что в сталях с повышенным содержанием углерода, при проскальзывании колеса по рельсу, будет не только возрастать объёмная доля аустенитной фазы, но и формироваться более толстый слой аустенита. Подтверждается приведенное положение ростом объёмной доли аустенита по стехиометрии и снижением температуры A_{c3} с увеличением концентрации углерода в стали.



0 20 40 60 80 100 мм

Рис. 1. Внешний вид выщерблены, сформированной при эксплуатации железнодорожного колеса с содержанием углерода 0,69 %

После завершения проскальзывания, начинается этап охлаждения разогретого объёма металла обода колеса. Скорость охлаждения обеспечивается теплоотводом от нагретой поверхности набегающим потоком воздуха (при движении колеса) и холодными, более удаленным от поверхности объёмами металла. Учитывая рост склонности стали к формированию структур по сдвиговому механизму с увеличением содержания углерода, представляет интерес оценить условия возникновения указанных структур при охлаждении металла после проскальзывания.

Так, с ростом содержания углерода в аустените его стабильность при охлаждении возрастает [7]. На основании этого, критическая скорость охлаждения для формирования мартенситной структуры должна снижаться. Температура начала мартенситного превращения (M_n) будет также уменьшаться (для стали с 0,69 % С $M_n = 255...300\text{ }^{\circ}\text{C}$ [8]). Критическая скорость

охлаждения для исследуемых сталей составляет примерно 20...25 °С/с. Не останавливаясь на деталях, оценим скорость охлаждения нагретого металла на спокойном воздухе. При скорости охлаждения в воде (V_1), для интервала температур 650...550 °С указанная характеристика составляет значение примерно 550 °С/с. Учитывая, что эффективность охлаждения на воздухе по сравнению с водой составляет 0,03 [8], для воздуха скорость охлаждения (V_2) в указанном температурном интервале, будет примерно 16,5 °С/с. Для температурного интервала начала мартенситной реакции (200...300 °С) V_2 составляет около 10 °С/с. Однако, с учетом уже не большого набегающего потока воздуха, либо пониженных температур окружающей среды (зимний период эксплуатации колёс) и дополнительного теплоотвода в более глубокие холодные слои металла обода, скорость охлаждения может уверенно достигнуть требуемых величин. На основании этого можно полагать, что незначительные добавки по содержанию углерода должны способствовать росту вероятности формирования структур по сдвиговому или промежуточному механизмам.

Наблюдаемые качественные изменения структурного состояния металла подтверждаются результатами анализа процессов формирования повреждений железнодорожных колёс различного уровня прочности [3,4]. Кроме объяснений по зависимости числа ползунов от эффекта пластификации металла, который обусловлен ускорением аустенитизации с увеличением содержания углерода в стали [2], представляется целесообразным учитывать различия в степени разупрочнения при нагреве холоднодеформированного металла с разным структурным состоянием.

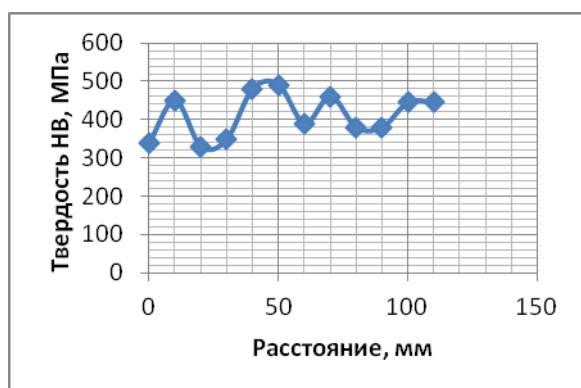


Рис. 2. Характер изменения твердости металла после формирования выщерблины

Учитывая, что при формировании выщерблины на поверхности катания колеса должно происходить изменение системы внутренних напряжений, наблюдаемое явление обязательно найдет отражение на комплексе свойств металла. Если рассматривать объемы металла, которые подвергаются значительным нагревам (ползуны – светлые участки, рис. 1) с последующим ускоренным охлаждением, прирост прочностных свойств (твёрдость рис. 2) обусловлен формированием структур мартенсито-бейнитного типа. Достаточно быстрое исчерпание ресурса накопления дефектов кристаллического строения в указанных объемах металла, при последующем (после формирования ползуна) качении колеса, возникает выщерблина. Таким образом, если при возникновении ползуна температура разогрева металла возрастает от периферийных участков к середине, последующее быстрое охлаждение должно привести к монотонному повышению твёрдости от границы к середине ползуна. Указанное положение подтверждается экспериментально (рис. 2). С другой стороны, отсутствие металла после возникновения выщерблины будет сопровождаться обязательными релаксационными процессами в холоднодеформированном металле по поверхности катания. При этом следует ожидать, что в железнодорожных колёсах с повышенным содержанием углерода, прирост твёрдости в середине ползуна должен быть выше по сравнению с низкоуглеродистым металлом, при одинаковых условиях нагрева и охлаждения [4, 5]. Следовательно, развитие релаксационных процессов с исходной мартенсито-бейнитной структурой металла должно иметь большее развитие по сравнению с пониженным содержанием углерода в стали. Представленная схема изменения твёрдости металла обода, после возникновения выщерблины наблюдается экспериментально. По поверхности катания железнодорожного колеса, металл после возникновения ползуна и формирования выщерблины имеет пониженные значения твердости по сравнению с участками без повреждений. При этом, чем выше содержание углерода и уровень твердости после эксплуатации колеса, тем больше наблюдается снижение твёрдости металла в середине выщерблины. Для колёс типа КП-Т, максимальное снижение твёрдости от значений на границе ползуна и выщерблины до середины выщерблины достигало уровня 30...40 %, в то время как для колёс типа КП-2 указанная величина примерно в 2 раза меньше.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ларин, Т. В. Износ и пути продления срока службы бандажей железнодорожных колес [Текст] / Т. В. Ларин. – М.: Трансжелдориздат, 1958. – 125 с.
2. Кривошеев, В. Н. Результаты исследования эксплуатационной стойкости цельнокатаных колес пассажирских и грузовых вагонов [Текст] / В. Н. Кривошеев // В кн.: Вопросы производства и эксплуатации железнодорожных колес и осей. – Д., 1971. – С. 101–106.
3. Иванов, С. Г. Основные направления по повышению надежности и увеличению ресурса цельнокатаных колес [Текст] / С. Г. Иванов // В кн.: «Современные проблемы взаимодействия подвижного состава и пути. Колесо – рельс 2003». – М.: Интекст, 2003. – С. 124–127.
4. Вакуленко, Л. І. Оцінка ступеня знеміцнення при відпуску загартованої колісної сталі [Текст] / Л. І. Вакуленко, Ю. Л. Надеждін // Вісник Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 31. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 259–261.
5. Дефекти залізничних коліс [Текст] / І. О. Вакуленко [та ін.]. – Д.: Маковецький, 2009. – 112 с.
6. Вакуленко, І. А. Морфологія структури і деформационне упрочнення сталі [Текст] / І. А. Вакуленко, В. І. Большаков. – Д.: Маковецький, 2008. – 196 с.
7. Кузін, О. А. Металознавство та термічна обробка металів [Текст] / О. А. Кузін, Р. А. Яцюк. – К.: Основа, 2005. – 324 с.
8. Шмыков, А. А. Справочник термиста [Текст] / А. А. Шмыков. – М.: ГНТИ, 1952. – 287 с.
9. Андрейко, І. М. Дослідження пошкоджуваності поверхні кочення залізничних коліс [Текст] / І. М. Андрейко, В. В. Кулик, В. І. Прокопець // Машинознавство. – 2011. – № 2. – С. 30–33.

Поступила в редколлегию 06.12.2011.
Принята к печати 15.12.2011.

Л. І. ВАКУЛЕНКО, Ю. Л. НАДЕЖДІН

ОЦІНКА ВПЛИВУ ВМІСТУ ВУГЛЕЦЮ В СТАЛІ НА ФОРМУВАННЯ ДЕФЕКТІВ НА ПОВЕРХНІ КОЧЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІС

В роботі показано, що збільшення вмісту вуглецю в сталі полегшує процес формування дефектів на поверхні кочення залізничних коліс при експлуатації.

Ключові слова: залізничне колесо, сталь, вуглець, структура, експлуатація

L. I. VAKULENKO, Yu. L. NADEZH DIN

ESTIMATE INFLUENCE OF CONTENT CARBON ON THE FORMATION DEFECTS ON THE SURFACE RAIL WHEELS AT EXPLOITATION

The observed questions of estimate influence content of carbon in steel on the formation defects on the surface rail wheels at exploitation.

Keywords: rail wheel, steel, carbon, structure, exploitation

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ ТЕРТЯМ З ПЕРЕМІШУВАННЯМ АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ

В роботі наведені експериментальні дані стосовно впливу режиму зварювання тертям з перемішуванням алюмінієвого сплаву на характер розподілу твердості по перетину зварного шву.

Ключові слова: сталь, розтягання, напруження, деформація, падіння напруження, деформаційне старіння, реверсивна деформація

На основі аналізу експериментальних даних [1-3], які стосуються технології зварювання тертям, окрім особливостей конструктивного характеру, одним з основних параметрів являється температура розігріву з'єднувальних елементів. Враховуючи, що температура в зоні зварювання не повинна перебільшувати значення початку переходу в рідкий стан можна вважати, що якість зварного з'єднання в значній мірі буде залежати від процесу структурних змін в металі. Обумовлено наведене положення залежністю дифузійного масопереносу металу при пластичній деформації по з'єднувальним поверхням, при формуванні зварного шву. На підставі цього, процес формування зварного з'єднання за умов відсутності розплавлення в значній мірі буде визначатися спроможністю металу до пластичної течії. В свою чергу рівень пластичних властивостей залежить від співвідношення між температурою і швидкістю деформації [4].

Метою роботи являється аналіз процесів, що визначають формування зварного з'єднання за технологією тертям з перемішуванням.

Матеріалом для дослідження був сплав на основі алюмінію марки АМг 5 з хімічним складом: 4,8 % Mg, 0,5 % Mn, 0,36 % Fe, у вигляді пластин товщиною 2 мм. З урахуванням експериментальних даних [3, 5] та технічних рішень [3] стосовно геометричних розмірів робочого елемента, для зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП) був виготовлений робочий інструмент, форма і розміри якого представлені на рис.1. Аналіз процесів структурних змін в металі поблизу з'єднувальних кромки проводили за допомогою рентгеноструктурних досліджень на дифрактометрі типу ДРОН-1УМ з ви-

значенням густини дефектів кристалічної будови і викривлень другого роду. Твердість вимірювали за методом Брінелля з використанням приладу типу ТДМ-1.

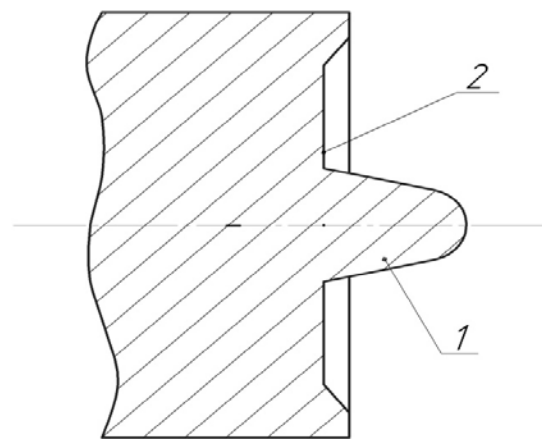


Рис. 1. Схематичне зображення робочого інструмента для зварювання тертям із перемішуванням: 1 – штифт; 2 – поверхня плеча

В процесі занурювання обертаючогося штифта робочого інструмента (рис. 1) в метал, за рахунок виділення теплової енергії від напружень тертя, кромки дуже швидко розігріваються до температур що забезпечують високі показники пластичності. Разом з цим, спрямований масоперенос металу при ротаційних ефектах від штифта супроводжується обов'язковим відхиленням зони зварювального шву від симетричного вигляду (рис. 2).

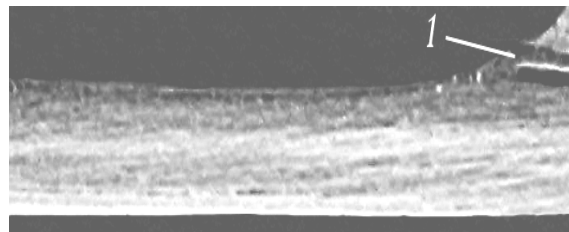


Рис. 2. Макроструктура перетину зварного шву: 1 – зона виносу металу

Як показали дослідження, формування зварного шву у випадку недостатньої температури розігріву алюмінієвого сплаву, супроводжується зростанням адгезії металу по поверхні тертя з штифтом, що неодмінно приводе до зниження якості з'єднання в цілому. Так, за умов частоти обертання робочого інструмента 600 хв^{-1} при швидкості переміщення уздовж з'єднувальних кромок (V) $0,4 \text{ мм/с}$, поверхня шву після розгону металу має дуже високу шорсткість (максимальні немонотонності металу по поверхні склали значення до $0,2\text{-}0,3 \text{ мм}$) (рис. 3, а). На підставі цього, з урахуванням впливу якості підготовки поверхні на розвиток процесів втоми при циклічному навантаженні [6], підвищена шорсткість поверхні зварного шву, сформованого по визначеній технології, вже буде обумовлювати підвищення вірогідності зародження осередків руйнування металу.

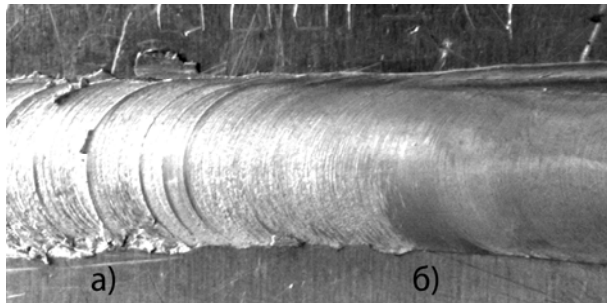


Рис. 3. Вигляд поверхні зварного з'єднання зі сторони поверхні переміщення робочого інструмента: а – ділянка з підвищеною шорсткістю зони термічного впливу; б – ділянка шву з високою якістю

Окрім підвищення шорсткості поверхні, за наведеним режимом зварювання, в області кореня зварного шву спостерігається формування дефекту у вигляді повздовжньої тріщини (рис. 4). Таким чином, недостатня температура розігріву кромок з'єднувальних елементів не дає змоги досягти умов необхідного рівня швидкості перемішування металу. Експериментально спостережувані нещільності металу уздовж з'єднувальних поверхонь є додатковим свідченням стосовно впливу температурно-деформаційних параметрів роботи інструмента на якість зварного з'єднання [2, 5].

Підвищення пластичних властивостей алюмінієвого сплаву за рахунок одночасної дії підвищення швидкості переміщення робочого інструмента уздовж шву до величини $0,7 \text{ мм/с}$ та частоти обертання до 1000 хв^{-1} привело до формування достатньо якісної поверхні в зоні розгону металу, над зварним швом (рис. 3, б). Можна вважати, що співвідношення між процесами

ковзання та зчеплення металу з поверхнею інструмента зміщується в сторону підвищення частки ковзання. Наведене положення достатньо якісно підтверджується відсутністю формування повздовжньої тріщини та об'ємів металу з локальною нещільністю в області кореня зварного шву. В порівнянні з низьким ступенем розігріву (рис. 3, а), зростання температури супроводжується якісними змінами характеру формування зварного шву. Так, за умов підвищеного зчеплення металу з штифтом та плечем інструмента, формується підвищена концентрація порожнин, що призведе до зниження щільності металу в області максимального масопереносу. В наслідок цього, підвищений тиск що виникає поблизу контактуючих поверхонь (метал-інструмент) компенсується низькою щільністю металу і витискання його з робочої зони інструмента практично не спостерігається. Інша річ, коли частка процесів масопереносу, що обумовлена ковзанням, зростає, а зчеплення зменшується. В наслідок цього щільність металу в зоні тертя зростає, що супроводжується очікуваним позитивним впливом на якість зварного з'єднання. Підтверджується наведене положення практично повною відсутністю низки порожнин та ділянок незварювання (вигляд, подібний повздовжній тріщині) в області кореня зварного шву. Додатковим доказом являється спостережуваний частковий винос матеріалу сплаву у вигляді викривленої фольги (рис. 5). Винос матеріалу із області термічного впливу обумовлений по-перше підвищенням пластичності сплаву від його розігріву до більш високих температур та зростанням питомого напруження. Враховуючи збільшення об'єму металу (пропорційно коефіцієнту термічного розширення) після розігріву до більш високих температур при незмінному напруженні притискування робочого інструмента до з'єднувальних кромок, зайва частка сплаву повинна бути видавлена.

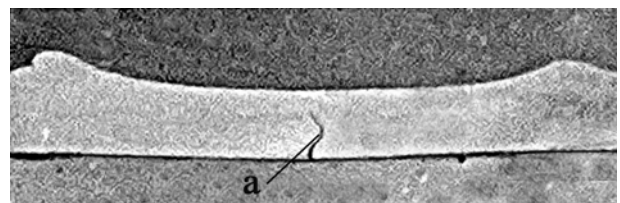


Рис. 4. Макроструктура перетину зварного шву з дефектом, який подібний повздовжній тріщині (а)

Враховуючи, що в процесі пластичного деформування при підвищених температурах підтримується визначене співвідношення між процесами накопичення і анігіляції дефектів кри-

талічної будови, представляє визначений інтерес оцінити частку пластичності, яка може бути зв'язана з дислокаційним механізмом.

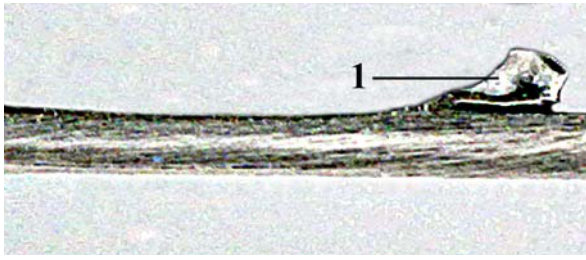


Рис. 5. Перетин зварного шву: 1 – частковий винос матеріалу сплаву у вигляді фольги

Так, в першому наближенні співвідношення напруження при деформуванні металевих матеріалів може бути оцінено у вигляді:

$$\sigma = A \cdot G \cdot b \sqrt{\rho}, \quad (1)$$

де σ – напруження; A – розмірний фактор; G – модуль зсуву; b – вектор Бюргерса; ρ – густина дислокацій.

За співвідношенням (1) пом'якшення деформованого матеріалу досягається за рахунок зменшення густини дислокацій. Наведена мета може бути досягнута двома шляхами. Перший напрямок – це міграція великокутових границь. При цьому процесі, який називають рекристалізацією [6], зайві дислокації при виході на границі зерен анігілюють, що підтверджується відомими експериментальними даними [7]. Другий процес супроводжується перебудовою дислокаційної структури – це повернення та полігонізація [6].

У загальному вигляді енергія активації дифузійних процесів, що визначають міграцію границь зерен при рекристалізації залежать від енергії активації процесів формування та міграції вакансій у визначеному мікрооб'ємі металу. На підставі цього, у випадку коли концентрація вакансій перебільшує термічно рівноважне значення, енергія активації розвитку рекристалізації знижується [8].

Аналіз експериментальних даних по деформації металевих матеріалів з різним типом кристалічної решітки, при різних температурах і швидкості деформації показує існування співвідношення між процесами деформаційного зміцнення та динамічного пом'якшення. Так, із аналізу характеру зміни мікротвердості після зварювання алюмінієвого сплаву можна, за якісними ознаками, визначити, які процеси мають перевагу за умов конкретних параметрів зварювання. При швидкості обертання 600 хв^{-1} , коли формується поверхня високої шорсткості

в зоні термічного впливу і області шву, спостерігається екстремальний характер зміни НВ з максимумом по з'єднувальним кромкам (рис. 6). Після підвищення швидкості обертання робочого інструменту до 1000 хв^{-1} , а також збільшення величини подачі, можна вважати досягнутими стабільні умови процесу зварювання. Поверхня зони термічного впливу формується достатньо якісною, з низькою шорсткістю (рис. 3, б). Характер зміни НВ має протилежний вигляд: екстремальна залежність, але з мінімумом мікротвердості в зоні зварного шву (рис. 7). Значне зниження мікротвердості в зоні термічного впливу вказує на досягнення умов, за яких розвиток процесів динамічного пом'якшення суттєво перебільшує вплив деформаційного зміцнення на розвиток структурних змін в алюмінієвому сплаві. За цих умов можна було б вважати, що при пластичній деформації в процесі зварювання з перемішуванням дислокаційний механізм не реалізується [2].

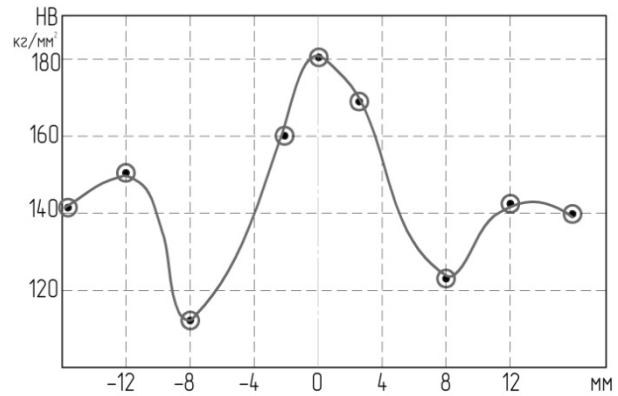


Рис. 6. Зміна твердості за Брінеллем по перетину зварного шву в залежності від режиму зварювання

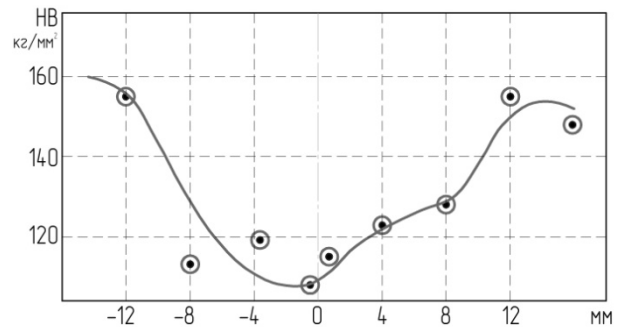


Рис. 7. Зміна твердості за Брінеллем по перетину зварного шву в залежності від режиму зварювання

Використання рентгеноструктурного аналізу для визначення густини дислокацій і викривлень другого роду показано, що в металі фольги, яка видавлена, густина дислокацій перебільшує аналогічну величину основного металу приблизно в 2 рази, по викривленням другого роду на 50 %. Отримані результати можна роз-

глядати як свідчення впливу деформаційного зміцнення на процеси структурних перетворень при пластичній деформації за умов зварювання з перемішуванням.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Gould, J. E. Heat Flow Model for friction stir welding of aluminum alloys [Текст] / J. E. Gould, Z. Feng // Mater. Process. Manuf. Sci. – 1998. – v. 7. – С. 185-194.
2. Reynolds, A. P. Microstructure development in aluminum alloy friction stir welds [Текст] / A. P. Shneider // Friction stir welding and processing. – 2007. – С. 51-70.
3. Patent 5,460,317. United States. Friction welding [Текст] / Thomas, W. M. Nicholas E. D., Needham, J. C. at al.; assignee The Welding Institute Cambridge, United Kingdom; public date: 10.06.1993; public № WO93/10935.
4. Вакуленко, И. А. О параметрах пластического течения реверсивно деформируемой при повышенной температуре углеродистой стали [Текст] / И. А. Вакуленко, В. П. Колпак, С. Ю. Таран-Жовнир // Черная металлургия. – 1992. – № 4. – С. 39–41.
5. Shneider, J. A. Temperature distribution and resulting metal flow [Текст] / J. A. Shneider // Friction stir welding and processing. – 2007. – С. 37–49.
6. Вакуленко, І. О. Дефекти залізничних коліс [Текст] : монографія / І. О. Вакуленко, В. Г. Анофрієв, М. А. Грищенко. – Д. : Маковецький, 2009. – 112 с.
7. Вакуленко, И. А. Морфология структуры и деформационное упрочнение стали [Текст]: монография / И. А. Вакуленко, В. И. Большаков. – Д. : Маковецький, 2008. – 196 с.
8. Бернштейн, М. Л. Структура деформированных металлов [Текст] : учеб. пособие для вузов / М. Л. Бернштейн. – М. : Металлургия, 1977. – 431 с.

Надійшла до редколегії 19.12.2011.

Прийнята до друку 20.12.2011.

И. А. ВАКУЛЕНКО, С. А. ПЛИТЧЕНКО, Ю. Л. НАДЕЖДИН

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

В работе приведены экспериментальные данные по влиянию режима сварки трением с перемешиванием алюминиевого сплава на характер распределения твердости по сечению сварного шва.

Ключевые слова: сталь, растяжение, напряжение, деформация, падение напряжения, деформационное старение, реверсивная деформация

I. A. VAKULENKO, S. A. PLITCHENKO, Y. L. NADEGDIN

USE OF TECHNOLOGY OF FRICTION STIR WELDING FOR ALUMINUM ALLOYS

This paper presents experimental data on the effect of mode of friction stir welding of aluminum alloy on the distribution of hardness over the cross section of the weld.

Keywords: steel, tension, stress, strain, drop stress, deformation ageing, reverse deformation

ПРИНЦИПИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КУРСУВАННЯ ПРИМІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ НА ЗАДАНОМУ НАПРЯМКУ РУХУ

Робота присвячена розробці принципів визначення ефективності курсування окремої групи приміських пасажирських поїздів на заданому напрямку руху з урахуванням недоврахованого пасажирообороту від неповної сплати витрат на перевезення пільгової категорії громадян місцевими адміністраціями та деякими Міністерствами.

Ключові слова: приміські пасажирські поїзди, недоврахований пасажирооборот, витрати на перевезення, доход від перевезень, ефективність перевезень

Вступ

Пасажирські перевезення в приміському сполученні є збитковими, оскільки мають соціальну спрямованість. Їх збитковість в останні роки сягає 88...89 %. Причинами такої збитковості є:

- неповна оплата проїзду пільгової категорії громадян місцевими адміністраціями та деякими Міністерствами;
- відсутність економічно обґрунтованих тарифів на перевезення пасажирів в приміському сполученні;
- відсутність статистичних даних щодо фактичної кількості перевезених пасажирів у приміському сполученні на окремих напрямках руху;
- значна кількість безквиткового проїзду пасажирів;
- неповна оплата проїзду деякими пасажирами, які купляють квиток на меншу відстань.

Постановка задачі

Мета даної роботи – розробка наукових принципів визначення ефективності курсування окремої групи приміських пасажирських поїз-

дів на конкретному напрямку за рахунок детального аналізу існуючих пасажиропотоків та впровадження економічно обґрунтованої організації руху, що дозволить зменшити кількість приміських поїздів та витрати на перевезення.

Мета дослідження зумовила розв'язання таких завдань:

- розробити методикку визначення реальних пасажиропотоків на конкретному полігоні залізниці в умовах відсутності статистичної інформації про фактичні перевезення пасажирів;
- розробити принципи розрахунку необхідної кількості приміських пасажирських поїздів відповідно до реальних пасажиропотоків;
- на конкретному полігоні залізниці економічно обґрунтувати нову організацію курсування приміських пасажирських поїздів з метою зниження їх кількості та витрат на перевезення;
- на конкретному полігоні залізниці визначити існуючу та нову ефективність курсування приміських поїздів;
- визначити величину втраченого доходу на конкретному полігоні залізниці за умови не-

повної оплати проїзду деякими пасажирями, які купляють квиток на меншу відстань.

Аналіз останніх досліджень та публікацій та виділення невирішених частин загальної проблеми

Окремі завдання даної проблеми вирішували: І. М. Аксьонов, Ю. С. Бараш, О. М. Гудков, В. П. Гудкова, В. О. Задоя, О. М. Кривопішин, О. П. Пінчук, О. В. Семенцова, К. В. Шерепа та ін., але принципи визначення ефективності курсування приміських пасажирських поїздів на заданому напрямку руху подаються вперше.

Результати

В теперішні часи на залізницях України відсутні методика та програмний продукт для розрахунку кількості відправлених пасажирів по різних станціям полігону. Кількість реально перевезених пасажирів з урахування окремих пільгових категорій громадян та безквиткового проїзду суттєво відрізняється від кількості проданих квитків. Відсутність вказаних даних не дозволяє точно визначити необхідну кількість приміських поїздів на різних дільницях полігону.

В таких умовах для визначення наближеної кількості перевезених пасажирів між окремими станціями конкретного полігона залізниці в даній роботі було використано метод «тяжіння», який використовується в Європі для проектування нових ліній.

Сутність цього методу полягає в тому, що кількість пасажирів між окремими містами, селищами та селищами міського типу розподіляється прямо пропорційно добутку кількості населення в кожному населеному пункті та зворотно пропорційно відстані між цими населеними пунктами.

Для наглядного рішення цієї важливої задачі було розглянуто полігон Дніпропетровськ – П'ятихатки, на якому курсує за розкладом руху

2010 / 2011 року такі поїзди приміського сполучення:

- Дніпропетровськ - Сухачівка – 1;
- Синельникове - Сухачівка – 1;
- Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ-Пас. – 5;
- Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ-Лів – 1;
- Дніпропетровськ - Верхівцево – 4;
- Дніпропетровськ - Кривий Ріг – 3;
- Верхівцево - Кривий Ріг – 1;
- Дніпропетровськ - П'ятихатки – 8.

За даними Придніпровської залізниці на заданому полігоні у 2010 році було перевезено:

- ЛВОК Дніпропетровськ – 13921,7 тис. пас.;
- Дільниця Дніпропетровськ – Дніпродзержинськ-Пас. – 313,0 тис. пас.;
- ЛВОК Дніпродзержинськ-Пас. – 2297,8 тис. пас.;
- Дільниця Дніпродзержинськ-Пас. – Верхівцево – 104,9 тис. пас.;
- ЛВОК Верхівцево – 721,7 тис. пас.;
- Дільниця Верхівцево – П'ятихатки – 95,8 тис. пас.;
- ЛВОК П'ятихатки – 106,2 тис. пас.

Всього за 2010 рік було організовано 14.235 поїздів (не враховуючи відміну поїздів для ремонту колії), що склалися з 3...5 електросекцій (1 моторний + 1 пасажирський вагон) [1]. При цьому середня населеність вагона у приміському сполученні склала – 41,85 осіб, а середня дальність курсування приміського вагона по Придніпровській залізниці – 44 км [1].

Крім того для визначення пасажиропотоків на даному полігоні, наближених до реальних, приймалися дані з Інтернету.

Чисельність населення: Дніпропетровськ – 1029,0 тис. осіб, Дніпродзержинськ – 246,0 тис. осіб, Верхівцево – 10,1 тис. осіб, П'ятихатки – 20,4 тис. осіб, Кривий Ріг – 681,0 тис. осіб.

Кількість перевезених пасажирів між окремими населеними пунктами
на полігоні Дніпропетровськ –П’ятихатки (побудовано за допомогою методу «тяжіння»)

	Дніпро	Дніпро- Дніпродз	Дніпродз	Дніпродз- Верхівц	Верхівц	Верхівц- П’ятихат	П’ятихат	Верхівц- Крив. Ріг	Разом
Дніпро	0,00	1479,00	8957,60	600,00	1300,00	215,50	369,00	1000,60	13921,70
Дніпро- Дніпродз	300,00	0,00	9,00	0,00	1,00	0,00	2,00	1,00	313,00
Дніпродз	2000,00	9,00	0,00	0,00	96,00	1,00	37,80	154,00	2297,80
Дніпродз- Верхівц	88,00	0,00	10,90	0,00	1,00	0,00	0,00	5,00	104,90
Верхівц	340,80	5,00	100,00	5,00	0,00	4,00	17,00	250,00	721,80
Верхівц- П’ятихат	65,00	0,00	16,80	3,00	4,00	0,00	4,00	3,00	95,80
П’ятихат	60,00	2,20	22,00	3,00	13,00	1,00	0,00	5,00	106,20
Верхівц- Крив. Ріг	1050,00	15,00	200,00	15,00	250,00	10,00	20,00	0,00	1560,00
Разом	3903,80	1510,20	9316,30	626,00	1665,00	231,50	449,80	1418,60	19121,20

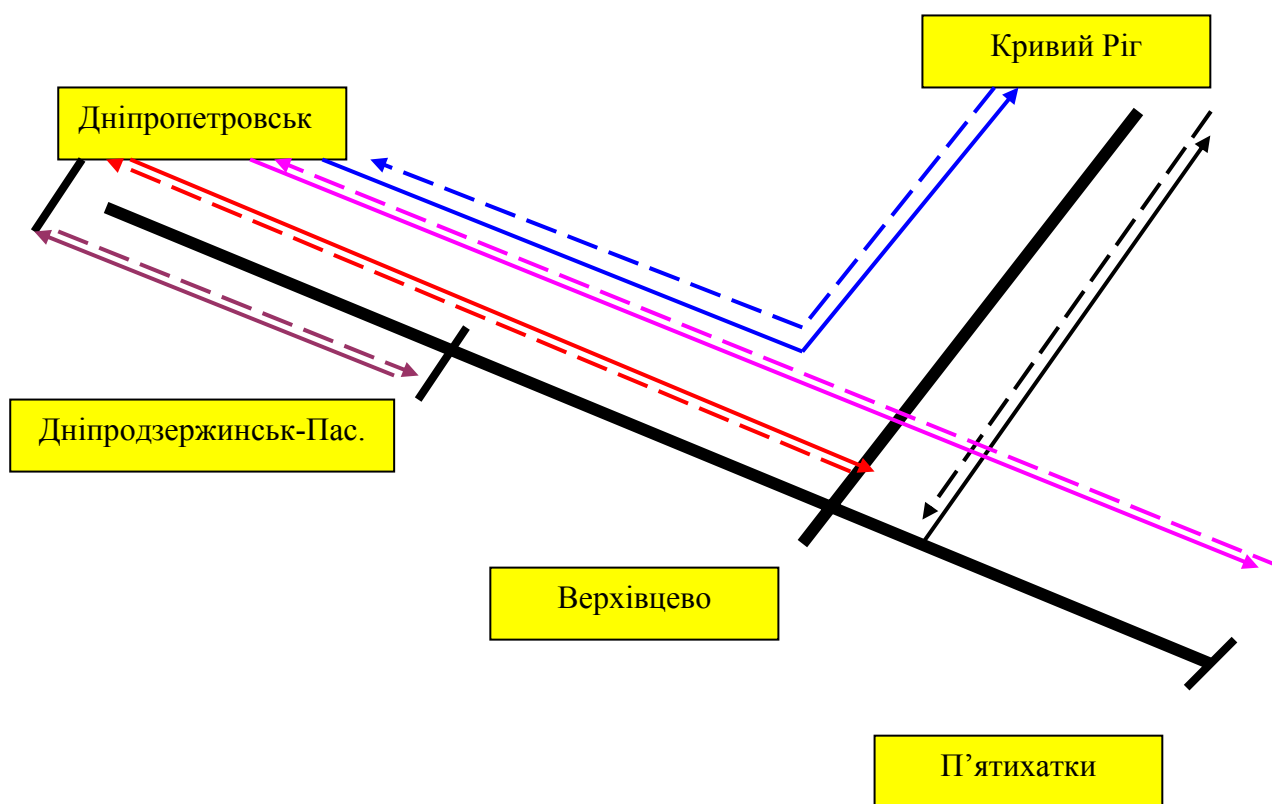


Рис. 1. Схема курсування приміських пасажирських поїздів на полігоні Дніпропетровськ –П’ятихатки

Таблиця 2

Кількість перевезених пасажирів між Кривим Рогом та іншими населеними пунктами на полігоні Дніпропетровськ –П’ятихатки (побудовано за допомогою методу «тяжіння»)

Найменування пасажиропотоку	Туди	Назад	Разом
Дніпропетровськ - Кривий Ріг	1000,60	1050,00	2050,60
Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ - Кривий Ріг	1,00	15,00	16,00
Дніпродзержинськ - Кривий Ріг	154,00	200,00	354,00
Дніпродзержинськ - Верхівцеве - Кривий Ріг	5,00	15,00	20,00
Верхівцеве - Кривий Ріг	250,00	250,00	500,00
Верхівцеве - П’ятихатки - Кривий ріг	3,00	10,00	13,00
П’ятихатки - Кривий Ріг	5,00	20,00	25,00
Разом	1418,60	1560,00	2978,60

Таблиця 3

Кількість перевезених пасажирів між Дніпропетровськом та іншими населеними пунктами на полігоні Дніпропетровськ –П’ятихатки (побудовано за допомогою методу «тяжіння»)

Найменування пасажиропотоку	Туди	Назад	Разом
Дніпропетровськ - Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ	1479,00	300,00	1779,00
Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ	8957,60	2000,00	10957,60
Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ - Верхівцеве	600,00	88,00	688,00
Дніпропетровськ - Верхівцеве	1300,00	340,80	1640,80
Дніпропетровськ - Верхівцеве - П’ятихатки	215,50	65,00	280,50
Дніпропетровськ - П’ятихатки	369,00	60,00	429,00
Разом	12921,10	2853,80	15774,90

Таблиця 4

Кількість перевезених пасажирів між Дніпродзержинськом та іншими населеними пунктами на полігоні Дніпропетровськ –П’ятихатки (побудовано за допомогою методу «тяжіння»)

Найменування пасажиропотоку	Туди	Назад	Разом
Дніпродзержинськ - Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ	9,00	9,00	18,00
Дніпродзержинськ - Дніпродзержинськ - Верхівцеве	0,00	10,90	10,90
Дніпродзержинськ - Верхівцеве	96,00	100,00	196,00
Дніпродзержинськ - Верхівцеве - П’ятихатки	1,00	16,80	17,80
Дніпродзержинськ - П’ятихатки	37,80	22,00	59,80
Разом	143,80	158,70	302,50

Таблиця 5

Кількість перевезених пасажирів між станцією Верхівцеве та іншими населеними пунктами на полігоні Дніпропетровськ –П’ятихатки (побудовано за допомогою методу «тяжіння»)

Найменування пасажиропотоку	Туди	Назад	Разом
Верхівцеве - Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ	5,00	1,00	6,00
Верхівцеве - Дніпродзержинськ - Верхівцеве	5,00	1,00	6,00
Дніпродзержинськ - Верхівцеве - Верхівцеве - П’ятихатки	0,00	3,00	3,00
Верхівцеве - Верхівцеве - П’ятихатки	4,00	4,00	8,00
Верхівцеве - П’ятихатки	17,00	13,00	30,00
Разом	31,00	22,00	53,00

Кількість перевезених пасажирів між станцією П'ятихатки та іншими населеними пунктами на полігоні Дніпропетровськ –П'ятихатки (побудовано за допомогою методу «тяжіння»)

Найменування пасажиропотоку	Туди	Назад	Разом
П'ятихатки - Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ	2,20	2,00	4,20
П'ятихатки - Дніпродзержинськ - Верхівцеве	3,00	0,00	3,00
П'ятихатки - Верхівцеве-П'ятихатки	1,00	4,00	5,00
Разом	6,20	6,00	12,20

Відстані між вказаними населеними пунктами приймалися: Дніпропетровськ – Дніпродзержинськ – 35 км, Дніпродзержинськ – Верхівцеве – 36 км, Верхівцеве – П'ятихатки – 49 км, Верхівцеве – Кривий Ріг – 81,0 км.

Для окремих ділянок відстань до населених пунктів та інших ділянок приймалася між серединами цих ділянок, а кількість населення за даними Інтернету.

За допомогою методу «тяжіння» в табл. 1 представлені обсяги приміських пасажирських перевезень на полігоні Дніпропетровськ – П'ятихатки (рис. 1) між окремими населеними пунктами. Для повного урахування пасажиропотоку на заданому полігоні слід обов'язково додати кількість перевезених пасажирів на ділянці Кривий Ріг – Верхівцеве, яка також розрахована за допомогою методу «тяжіння».

З табл. 1 випливає, що на ділянках полігону Дніпропетровськ – П'ятихатки кількість перевезених пасажирів на протязі року буде дорівнювати 19 121,2 тис. пас. (табл. 2–6). Такі складні розрахунки необхідно було провести, оскільки на Придніпровській залізниці відсутній статистичний матеріал для визначення реальної кількості перевезених пасажирів між окремими станціями.

Кількість приміських поїздів на кожній ділянці полігону визначалася за таким принципом:

- За даними табл. 2–6 визначається кількість перевезених пасажирів на кожній ділянці окремо залежно від найменування приміського поїзду;
- Для раціоналізації руху приміських

– поїздів на заданому полігоні залізниці було впроваджено зону організацію руху, яка передбачає три окремих зони на полігоні Дніпропетровськ – П'ятихатки;

– Поїзди першої приміської Дніпропетровськ – Дніпродзержинськ зони курсують з усіма зупинками в цій зоні;

– Поїзди другої зони Дніпродзержинськ – Верхівцеве проходять першу зону без зупинок і працюють тільки у другій зоні. При цьому термін курсування приміських поїздів скорочується за рахунок виключення терміну на зупинки у першій зоні та на розгін та уповільнення поїздів перед цими зупинками;

– Поїзди третьої зони Верхівцеве – П'ятихатки працюють в основному у третій зоні і проходять попередні зони без зупинок. Але для переміщення пасажирів, які сідають у поїзд на проміжних станціях першої та другої зони, мають на деяких станціях зупинки.

Така організація руху приміських поїздів дозволяє зменшити кількість приміських поїздів та витрати на їх курсування. При розрахунку кількості поїздів використовувалася формула (1).

$$n_{r-s}^i = \frac{KП^i * 1000 * K_c}{365 * HC * KB^i}, \quad (1)$$

де $KП^i$ – кількість перевезених пасажирів на даній ділянці конкретними приміськими поїздами, пас. (див. табл. 7);

K_c – коефіцієнт, що враховує зростання пасажиропотоку в літньому періоді та відміну поїздів для ремонту колії, дорівнює 1,17 разу;

**Кількість поїздів в середньому за добу для перевезення пасажирів
на полігоні Дніпропетровськ –П’ятихатки**

Найменування пасажиропотоку	Кількість перевезених пасажирів за рік, тис. пас.	Середня населеність вагону з урахуванням безквиткового проїзду, пас.	Середня кількість вагонів в поїзді, ваг	Кількість поїздів для даного напрямку, поїзд	Кількість поїздів для даного напрямку з урахуванням сезонного коливання, поїзд	Прийнято пар поїздів
Дніпропетровськ - Кривий Ріг	2050,60					
Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ – Кривий Ріг	16,00					
Дніпродзержинськ -Кривий Ріг	354,00					
Дніпродзержинськ - Верхівцеве - Кривий Ріг	20,00					
Поїзд Дніпропетровськ - Кривий Ріг	2440,60	199,00	10,00	4,07	4,76	3
Верхівцеве - Кривий Ріг	500,00					
Верхівцеве - П’ятихатки - Кривий ріг	13,00					
П’ятихатки - Кривий Ріг	25,00					
Поїзд Верхівцеве (П’ятихатки) - Кривий Ріг	538,00	199,00	8,00	0,93	1,08	1
Дніпропетровськ - Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ	1779,00					
Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ	10957,60					
Дніпродзержинськ - Дніпропетровськ-Дніпродзержинськ	18,00					
Поїзд Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ	12754,60	199,00	10,00	17,56	20,55	11
Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ - Верхівцеве	688,00					
Дніпропетровськ - Верхівцеве	1640,80					
Дніпродзержинськ - Дніпродзержинськ - Верхівцеве	10,90					
Дніпродзержинськ - Верхівцеве	196,00					
Верхівцеве - Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ	6,00					
Верхівцеве - Дніпродзержинськ - Верхівцеве	6,00					
Поїзд Дніпропетровськ - Верхівцеве	2547,70	199,00	8,00	4,38	5,13	3
Дніпропетровськ - Верхівцеве - П’ятихатки	280,50					
Дніпропетровськ - П’ятихатки	429,00					
Дніпродзержинськ - Верхівцеве-П’ятихатки	17,80					
Дніпродзержинськ - П’ятихатки	59,80					
Дніпродзержинськ-Верхівцеве - Верхівцеве-П’ятихатки	3,00					
Верхівцеве - Верхівцеве - П’ятихатки	8,00					
Верхівцеве - П’ятихатки	30,00					
П’ятихатки - Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ	4,20					
П’ятихатки - Дніпродзержинськ - Верхівцеве	3,00					
П’ятихатки - Верхівцеве - П’ятихатки	5,00					
Поїзд Дніпропетровськ - П’ятихатки	840,30	199,00	8,00	1,45	1,69	2
Разом	19121,20			28,38	33,21	20

**Порівняння кількості поїздів приміського сполучення
на полігоні Дніпропетровськ – П'ятихатки за різними видами організації перевезень**

Найменування приміського поїзду	Існуюча кількість поїздів, пар поїзд.	Кількість прийнятих поїздів за умови використання нової організації руху, пар поїзд.	Різниця, пар поїзд.
Дніпропетровськ - Сухачівка	1	0	-1
Синельникове- 1- Сухачівка	1	0	-1
Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ	6	11	5
Дніпропетровськ - Верхівцеве	4	3	-1
Дніпропетровськ - П'ятихатки	8	2	-6
Дніпропетровськ - Кривий Ріг	3	4	1
Верхівцеве - Кривий Ріг	1	0	-1
Всього	24	20	-4

НС – середня населеність приміського вагону на Придніпровській залізниці з урахуванням недоврахованого пасажирообороту. Вона дорівнює $41,85 \cdot 100 / 21 = 199$ осіб на вагон. Де 41,85 осіб на вагон прийнято за даними НФ Придніпровської залізниці у 2010 році, а співвідношення 100/21 – враховує недоврахований пасажирооборот відповідно до тимчасової інструкції від 25 березня 1994 року ;

КВⁱ – середня кількість вагонів у і-му приміському поїзді, ваг.

В табл. 7 розраховано кількість поїздів приміського сполучення на окремих дільницях полігона Дніпропетровськ – П'ятихатки за умови використання зонної організації руху, а в табл. 8 – порівняння їх з існуючим розкладом.

За допомогою табл. 9-11 були розподілені витрати на усі поїзди приміського сполучення.

Оскільки за новим варіантом курсування поїздів (табл. 11) кількість вагоно-км суттєво зменшена ніж за табл. 10 відповідно вдалося знизити витрати на перевезення пасажирів з 83 361,05 тис. грн до 64 341,53 тис. грн в основному за рахунок зменшення поїздів Дніпропе-

тровськ - П'ятихатки та збільшення поїздів на дільниці Дніпропетровськ – Дніпродзержинськ.

Для визначення ефективності курсування конкретної групи поїздів на полігоні Дніпропетровськ – П'ятихатки слід визначити реальний дохід, який отримала у 2010 році Придніпровська залізниця від їх курсування. Ці розрахунки наведені в табл. 12.

В таблиці 13 наведені розрахунки ефективності курсування приміських поїздів за двома видами організації руху (існуючою та новою), а саме визначені доходи, витрати, збитки та рентабельність (збитковість) кожної групи поїздів на конкретному напрямку.

Висновки

За результатами досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Нова організація руху дозволила скоротити кількість приміських поїздів на полігоні Дніпропетровськ – П'ятихатки на 4 одиниці.

2. Вдалося знизити річні витрати на курсування поїздів на 19019,53 тис. грн, а збитковість з 55,52 % до 42,37 %.

Таблиця 9

Порівняння двох варіантів курсування приміських поїздів на полігоні Дніпропетровськ - П'ятихатки

Найменування витрат	Варіант організації руху	Формула за розд. 3	Статті	Найменування показників				Величина витрат	Примітка
				$V_{квіт}^3$	$КП^1$	$КП^3$	$K_{нар}$		
Витрати пасажирських вокзалів $V_{квіт}^i$	старий	3.1	2001, 2002, 2005	2 408,00	19 121,20		1,042		
	новий			2 408,00	19 121,20		1,042		
Найменування витрат	Варіант організації руху	Формула за розд. 3	Статті	Найменування показників				Величина витрат	Примітка
				$V_{обсл}^i$	$n^i \cdot I^i$	$\sum n \cdot S$	$K_{нар}$		
Витрати на роботу та обслуговування електросекцій $V_{обсл}^i$	старий	3.6	5102, 5104	95 463,00	12 860 191,00		1,180		
	новий			95 463,00	9 894 420,00		1,180		
Найменування витрат	Варіант організації руху	Формула за розд. 3	Статті	Найменування показників				Величина витрат	Примітка
				$V_{проб}^3$	$n^i \cdot I^i$	$\sum n$	$K_{нар}$		
Витрати на притирання електросекцій $V_{проб}^i$	старий	3.7	5106	2 730,00	12 860 191,00		1,180		
	новий			2 730,00	9 894 420,00		1,180		
Найменування витрат	Варіант організації руху	Формула за розд. 3	Статті	Найменування показників				Величина витрат	Примітка
				Загальна амортизація	$n^i \cdot I^i$	$\sum n$	$K_{нар}$		
Амортизація електросекцій	старий	Прямий розрахунок	5108	40 655,00	12 860 191,00		1,000		
	новий			40 655,00	9 894 420,00		1,000		

Найменування витрат	Варіант організації руху	Формула за розд. 3	Статті	Найменування показників			Величина витрат	Примітка
				$V_{техн\ обсл}^3$	$n \cdot I^i$	$\sum n \cdot S$		
Витрати на технічне обслуговування електросекцій $V_{техн\ обсл}^i$	старий	3.8	5109, 5110, 5111, 5112, 5113, 6306	26 210,00	12 860 191,00		1,180	
	новий			26 210,00	9 894 420,00		1,180	
Найменування витрат	Варіант організації руху	Формула за розд. 3	Статті	Найменування показників			Величина витрат	Примітка
				$V_{поточ\ рем}^3$	$n \cdot I^i$	$\sum n \cdot S$		
Витрати на поточний ремонт електросекцій $V_{поточ\ рем}^i$	старий	3.9	6307, 6308, 6309	17 511,00	12 860 191,00		1,180	
	новий			17 511,00	9 894 420,00		1,180	
Найменування витрат	Варіант організації руху	Формула за розд. 3	Статті	Найменування показників			Величина витрат	Примітка
				$V_{кап\ рем}^3$	$n \cdot I^i$	$\sum n \cdot S$		
Витрати на капітальні ремонти та сервісне обслуговування $V_{кап\ рем}^i$	старий	3.10	6310, 6311	14 164,00	12 860 191,00		1,180	
	новий			14 164,00	9 894 420,00		1,180	
Найменування витрат	Варіант організації руху	Формула за розд. 3	Статті	Найменування показників			Величина витрат	Примітка
				$V_{ман}^3$	M^i	M^3		
Витрати на маневрові електровози $V_{ман}^i$	старий	3.19	5003	50,000			1,548	
	новий			50,000			1,548	

Найменування витрат	Варіант організації руху	Формула за розд. 3	Стаггі	Найменування показників					Величина витрат	Примітка
				$V_{ман}^3$	M^i	M^3	$\sum n \cdot S$	$K_{нар}$		
Витрати на маневрові тепловози $V_{ман}^i$	старий	3.20	5203, 5207, 5209, 5211, 5213, 5215, 5281	304,000				1,183		
	новий			304,000				1,183		
Найменування витрат	Варіант організації руху	Формула за розд. 3	Стаггі	Найменування показників					Величина витрат	Примітка
Витрати інфраструктури $V_{інфра}^i$	старий	3.21	Усі витрати	132 029,00	12 860 191,00			1,000		
	новий			132 029,00	9 894 420,00			1,000		
Разом витрат	старий									
	новий									

**Розрахунок витрат за окремими поїздами
на полігоні Дніпропетровськ – П'ятихатки (існуюча організація руху)**

Найменування витрат	Найменування приміського поїзду	Кількість па- сажирів	n^i	l^i	$n^i \cdot l^i$	Всього витрати, тис. грн
Витрати пасажирських вокзалів	Синельникове- 1- Сухачівка	86,0				3,35
	Дніпропетровськ - Сухачівка	10,0				0,39
	Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ	12658,6				493,54
	Дніпропетровськ - Верхівцеве	2547,7				99,33
	Дніпропетровськ - П'ятихатки	840,3				32,76
	Дніпропетровськ - Кривий Ріг	2440,6				95,16
	Верхівцеве - Кривий Ріг	538,0				20,98
	Всього	19121,2				745,51
Витрати приміського господарства	Синельникове- 1- Сухачівка		1,0	17,7	129210,0	528,21
	Дніпропетровськ - Сухачівка		0,1	17,7	12921,0	52,82
	Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ		6,0	35,0	1533000,0	6 266,92
	Дніпропетровськ - Верхівцеве		4,0	71,0	1658560,0	6 780,22
	Дніпропетровськ - П'ятихатки		8,0	120,0	5606400,0	22 919,04
	Дніпропетровськ - Кривий Ріг		3,0	152,0	3328800,0	13 608,18
	Верхівцеве - Кривий Ріг		1,0	81,0	591300,0	2 417,24
	Всього				12860191,0	52 572,63
Витрати на маневрові локомотиви	Синельникове- 1- Сухачівка		1,0	17,7	129210,0	1,44
	Дніпропетровськ - Сухачівка		0,1	17,7	12921,0	0,14
	Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ		6,0	35,0	1533000,0	17,05
	Дніпропетровськ - Верхівцеве		4,0	71,0	1658560,0	18,44
	Дніпропетровськ - П'ятихатки		8,0	120,0	5606400,0	62,34
	Дніпропетровськ - Кривий Ріг		3,0	152,0	3328800,0	37,01
	Верхівцеве - Кривий Ріг		1,0	81,0	591300,0	6,58
	Всього				12860191,0	143,00
Витрати інфраструктури	Синельникове- 1- Сухачівка		1,0	17,7	129210,0	300,41
	Дніпропетровськ - Сухачівка		0,1	17,7	12921,0	30,04
	Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ		6,0	35,0	1533000,0	3 564,22
	Дніпропетровськ - Верхівцеве		4,0	71,0	1658560,0	3 856,15
	Дніпропетровськ - П'ятихатки		8,0	120,0	5606400,0	13 034,87
	Дніпропетровськ - Кривий Ріг		3,0	152,0	3328800,0	7 739,45
	Верхівцеве - Кривий Ріг		1,0	81,0	591300,0	1 374,77
	Всього				12860191,0	29 899,91
Всього витрат	Синельникове- 1- Сухачівка					833,41
	Дніпропетровськ - Сухачівка					83,40
	Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ					10 341,73
	Дніпропетровськ - Верхівцеве					10 754,14
	Дніпропетровськ - П'ятихатки					36 049,01
	Дніпропетровськ - Кривий Ріг					21 479,80
	Верхівцеве - Кривий Ріг					3 819,56
	Всього					83 361,05

**Розрахунок витрат за окремими поїздами
на полігоні Дніпропетровськ – П'ятихатки (нова організація руху)**

Найменування витрат	Найменування приміського поїзду	Кількість пасажирів	n^i	l^i	$n^i \cdot l^i$	Всього витрати, тис. грн
Витрати пасажирських вокзалів	Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ	12754,6				497,3
	Дніпропетровськ - Верхівцеве	2547,7				99,3
	Дніпропетровськ - П'ятихатки	840,3				32,8
	Дніпропетровськ - Кривий Ріг	2978,6				116,1
	Всього	19121,2				745,51
Витрати приміського господарства	Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ		11,0	35,0	2810500,0	11 489,36
	Дніпропетровськ - Верхівцеве		3,0	71,0	1243920,0	5 085,16
	Дніпропетровськ - П'ятихатки		2,0	120,0	1401600,0	5 729,76
	Дніпропетровськ - Кривий Ріг		4,0	152,0	4438400,0	18 144,24
	Всього				9894420,0	40 448,52
Витрати на маневрові локомотиви	Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ		11,0	35,0	2810500,0	40,62
	Дніпропетровськ - Верхівцеве		3,0	71,0	1243920,0	17,98
	Дніпропетровськ - П'ятихатки		2,0	120,0	1401600,0	20,26
	Дніпропетровськ - Кривий Ріг		4,0	152,0	4438400,0	64,15
	Всього				9894420,0	143,00
Витрати інфраструктури	Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ		11,0	35,0	2810500,0	6 534,40
	Дніпропетровськ - Верхівцеве		3,0	71,0	1243920,0	2 892,11
	Дніпропетровськ - П'ятихатки		2,0	120,0	1401600,0	3 258,72
	Дніпропетровськ - Кривий Ріг		4,0	152,0	4438400,0	10 319,27
	Всього				9894420,0	23 004,50
Всього витрат	Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ					18 561,67
	Дніпропетровськ - Верхівцеве					8 094,58
	Дніпропетровськ - П'ятихатки					9 041,49
	Дніпропетровськ - Кривий Ріг					28 643,78
	Всього					64 341,53

Дохід від перевезень пасажирів у приміському сполученні на полігоні Дніпропетровськ – П'ятихатки

Найменування пасажиропотоку	Існуюча організація перевезень			
	Кількість перевезених пасажирів за рік, тис. пас.	Середня відстань, км	Тариф, грн	Вартість проїзду, тис. грн
Дніпропетровськ - Кривий Ріг	2050,60	152,00	20,25	8720,18
Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ - Кривий Ріг	16,00	134,50	18,75	63,00
Дніпродзержинськ - Кривий Ріг	354,00	117,00	16,75	1245,20
Дніпродзержинськ - Верхівцеве - Кривий Ріг	20,00	99,00	13,75	57,75
Поїзд Дніпропетровськ - Кривий Ріг				10086,12
Верхівцеве - Кривий Ріг	500,00	81,00	12,75	1338,75
Верхівцеве - П'ятихатки - Кривий ріг	13,00	106,00	14,75	40,27
П'ятихатки - Кривий Ріг	25,00	130,00	18,00	94,50
Поїзд Верхівцеве - Кривий Ріг				1473,52
Дніпропетровськ - Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ	1779,00	17,50	4,50	1681,16
Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ	10957,60	35,00	6,75	15532,40
Дніпродзержинськ - Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ	18,00	17,50	4,50	17,01
Поїзд Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ				17230,56
Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ - Верхівцеве	688,00	53,50	9,25	1336,44
Дніпропетровськ - Верхівцеве	1640,80	71,00	11,75	4048,67
Дніпродзержинськ - Дніпродзержинськ - Верхівцеве	10,90	18,00	4,50	10,30
Дніпродзержинськ - Верхівцеве	196,00	36,00	6,75	277,83
Верхівцеве - Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ	6,00	53,50	9,25	11,66
Верхівцеве - Дніпродзержинськ - Верхівцеве	6,00	18,00	4,50	5,67
Поїзд Дніпропетровськ - Верхівцеве				5690,57
Дніпропетровськ - Верхівцеве - П'ятихатки	280,50	96,00	13,75	809,94
Дніпропетровськ - П'ятихатки	429,00	120,00	16,75	1509,01
Дніпродзержинськ - Верхівцеве-П'ятихатки	17,80	56,00	9,25	34,58
Дніпродзержинськ - П'ятихатки	59,80	85,00	12,75	160,11
Дніпродзержинськ - Верхівцеве - Верхівцеве-П'ятихатки	3,00	42,00	8,00	5,04
Верхівцеве - Верхівцеве - П'ятихатки	8,00	25,00	5,00	8,40
Верхівцеве - П'ятихатки	30,00	49,00	8,00	50,40
П'ятихатки - Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ	4,20	102,50	14,75	13,01
П'ятихатки - Дніпродзержинськ - Верхівцеве	3,00	67,00	10,50	6,62
П'ятихатки - Верхівцеве - П'ятихатки	5,00	24,00	5,00	5,25
Поїзд Дніпропетровськ - П'ятихатки				2602,36
Разом				37083,13

**Ефективність курсування приміських пасажирських поїздів
на полігоні Дніпропетровськ – П'ятихатки**

Найменування приміського поїзду	Доходи від перевезень, тис. грн	Витрати на перевезення за варіантами організації, тис. грн		Збитки від перевезень за варіантами організації, тис. грн		Збитковість у відсотках за варіантами організації руху	
		Існуюча	Нова	Існуюча	Нова	Існуюча	Нова
Дніпропетровськ - Сухачівка	17230,56	83,40	18561,67	5972,02	-1331,11	53,04	-7,17
Синельникове- 1- Сухачівка		833,41					
Дніпропетровськ - Дніпродзержинськ		10341,73					
Дніпропетровськ - Верхівцеве	5690,57	10754,14	8094,58	-5063,57	-2404,01	-62,56	-29,70
Дніпропетровськ - П'ятихатки	2602,36	36049,01	9041,49	-33446,65	-6439,13	-369,92	-71,22
Дніпропетровськ - Кривий Ріг	10086,12	21479,80	28643,78	-13739,72	-17084,14	-54,31	-59,64
Верхівцеве - Кривий Ріг	1473,52	3819,56					
Всього	37083,13	83361,05	64341,52	-46277,92	-27258,39	-55,52	-42,37

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бараш, Ю. С. Нові принципи формування витрат на перевезення пасажирів [Текст] / Ю. С. Бараш, О. П. Пінчук // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2011. – Вип. 37. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2011. – С. 245–248.
2. Бараш, Ю. С. Принцип курсування зонних поїздів приміського та регіонального сполучення [Текст] / Ю. С. Бараш, О. П. Пінчук, О. О. Карась // Збірн. наук. пр. Держ. екон.-технол. ун-ту трансп.: Сер. «Економіка і управління». – К.: ДЕДУТ. – 2011. – Вип. 17. – С. 158-162.
3. Гудков, О. М. Організаційно-економічний розвиток пасажирського комплексу залізничного транспорту України на основі системного підходу [Текст] : автореф. дис. ... канд. екон. наук / О. М. Гудков. – Х.: УкрДАЗТ, 2009. – 21 с.
4. Гудкова, В. П. Методичні прийоми інформаційного забезпечення управління пасажирськими залізничними перевезеннями [Текст] / В. П. Гудкова, О. М. Гудков // Збірн. наук. пр. Держ. екон.-технол. ун-ту трансп. : Сер. «Економіка і управління». – К.: ДЕДУТ, 2007. – Вип. 10. – С. 70–78.
5. Кривопішин, О. М. Підвищення ефективності приміських пасажирських перевезень [Текст] / О. М. Кривопішин // Заліз. трансп. України. – 2007. – № 6. – С. 6–8.
6. Семенцова, О. В. Економічні аспекти адаптації приміського пасажирського залізничного транспорту до ринкових умов [Текст] : автореф. дис. ... канд. екон. наук / О. В. Семенцова. – Х.: УкрДАЗТ, 2009. – 21 с.
7. Аксёнов, И. М. Управление экономикой пассажирского поезда [Текст] / И. М. Аксёнов // Заліз. трансп. України. – 2003. – № 4. – С. 10–43.

Надійшла до редколегії 05.12.2011.
Прийнята до друку 14.12.2011.

Ю. С. БАРАШ, Т. Ю. ЧАРКИНА, Ю. П. МЕЛЬЯНЦОВА, Е. А. КАРАСЬ

ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КУРСИРОВАНИЯ ПРИГОРОДНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ В ЗАДАННОМ НАПРАВЛЕНИИ ДВИЖЕНИЯ

Работа посвящена разработке принципов определения эффективности эксплуатации конкретной группы пригородных пассажирских поездов на заданном направлении движения с учетом неучтенного пассажирооборота от неполной оплаты расходов за перевозку льготных категорий граждан городскими администрациями и некоторыми Министерствами.

Ключевые слова: пригородные пассажирские поезда, неучтенный пассажирооборот, затраты на перевозку, доходы от перевозки, эффективность перевозки

Yu. S. BARASH, T. Yu. CHARKINA, Yu. P. MELYANTSOVA, E. A. KARAS'

PRINCIPLES OF DETERMINING THE OPERATION EFFICIENCY FOR SUBURBAN PASSENGER TRAINS IN THE SET DIRECTION OF TRAFFIC

The work is devoted to development of principles of determination of operation efficiency of concrete group of suburban passenger trains in the set direction of traffic taking into account an unrecorded passenger turnover from incomplete payment of expenses for transportation of preferential categories of citizens by city administrations and some Ministries.

Keywords: suburban passenger trains, unrecorded passenger turnover, transportation costs, transportation income, transportation efficiency

КОМПЛЕКСНИЙ ОГЛЯД РЕФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ

Реформування залізничного транспорту України є сьогодні одним з важливих питань країни. В даній статті розглядаються тенденції шляху проведення реформування залізничного транспорту за останні роки. Розглянуті найважливіші етапи реформування, які були вжито стосовно законодавчих змін.

Ключові слова: реформування, залізничний транспорт, акціонерне товариство

Залізничний транспорт є невід'ємним елементом загальної планово-адміністративної системи, тобто об'єктом чіткого централізованого планування, ціноутворення, постачання та усього управління в державі. Зниження ефективності діяльності залізничного транспорту, зміна економічного становища, погіршення технологічного розвитку і загострення конкуренції потребує його реформування. Процес реформування залізничного транспорту впроваджується вже декілька років, але у роботі галузі не досягнуто істотних змін. Тому виникла потреба проаналізувати шлях реформування залізничної галузі України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що значний внесок в рішення цього питання внесли такі відомі вчені, як Гончаренко В. П. [7], Ейтутіс Г. Д. [8], Кривошшин О. М. [8], Левицький І. Ю. [9], Макаренко М. В. [10], Мукмінова Т. А. [11] та ін. Цими науковцями було розроблено та впроваджено багато концепцій, які спрямовані на вирішення поставленої задачі. Але в сучасних умовах загострення конкурентоздатності залізничного транспорту виникає ряд невирішених раніше питань, які потребують нових підходів та способів реалізації Програми реформування залізничної галузі. Виходячи з актуальності, і необхідності вирішення цього завдання, метою даного дослідження, є комплексний огляд змін прийнятих Концепцій, Програм та законів щодо реформування залізничного транспорту за останній час.

Виклад основного матеріалу

Існуючі на залізничному транспорті економічні відносини носять витратний характер при цьому вони не містять внутрішніх двигунів, або стимулів, для нарощування ефективності роботи, створення більш якісних і по можливості менш дорогих продуктів або послуг. Це є голо-

вним недоліком моделі залізничного транспорту, що прирікає його на швидку деградацію.

Робота залізничного транспорту, на даний час, визначається нормативними документами Міністерства інфраструктури, а також Укрзалізницею, причому обов'язковими для виконання не тільки його структурами, але також і користувачами транспортних послуг. До числа очевидних недоліків залізничної галузі варто віднести і його неймовірну забюрократизованість. Будучи як органом державної влади, так і одночасно господарюючим суб'єктом, Укрзалізниця сама визначає державну політику, сама її виконує, сама себе контролює, і сама ж себе карає. Жорстко централізована система управління не допускає волі підприємницької діяльності та навіть ініціативи, що не дає можливості активно працювати.

Крім того, досліджуючи стан і тенденції розвитку залізничного транспорту в останній період, відзначається ряд гострих і значимих негативних тенденцій, серед яких можна виділити наступні: низька швидкість доставки вантажів; незадовільна якість обслуговування клієнтури в порівнянні з роботою залізничного транспорту країн Європи; вичерпання пропускної здатності на основних вантажонапружених напрямках; застарілий технічний рівень рухомого складу (велика кількість електричних (1855) і дизельних (928) локомотивів застаріли або взагалі їх життєвий цикл закінчився) та ін.

Природно, що радикальне, базове реформування економіки, перехід від соціалістичних принципів господарювання та загальнодержавної власності до конкурентно-ринкових відносин із приватною власністю на засоби виробництва вимагають і відповідних перетворень на залізничному транспорті. Тобто реформування залізничного транспорту в Україні є об'єктивною необхідністю. Причому в Україні, як і в Росії, реформування залізничного транспорту

повинне сприяти організації роботи сталевих магістралей на принципах ринку з диктатом споживача над виробником, а не навпаки.

Теоретично основна суть Програми реформування полягає в проведенні наступних базових перетворень: поділ функцій державного управління та господарської діяльності, відокремлення окремих видів діяльності, створення незалежних виробників транспортних послуг, дерегулювання тарифів. Формування конкурентної моделі функціонування залізничного транспорту повинне привести до виникнення ринкових методів господарювання на принципах підприємництва з роботою на кінцевий фінансовий результат, оптимізацією витрат, механізмами особистої та корпоративної мотивації і т.д. [1].

В Україні поряд з об'єктивною потребою в лібералізації залізничного транспорту існують деякі особливості, що явно затрудняють проведення реформування. Сюди, насамперед, потрібно віднести фактори що впливають на роботу залізничного транспорту: монопольне положення залізниць у цілому ряді регіонів і галузей; неготовність багатьох підприємств промисловості та більшості населення перейти на ринкові тарифи; нераціональне розміщення продуктивних сил на пострадянському просторі; специфічна організація роботи на залізничному транспорті з відповідним менталітетом фахівців. Цілі тисячокілометрові залізничні напрямки, не говорячи вже про ті або інші тупикові напрямки, були нерентабельними. Швидкі і радикальні зміни роботи існуючої транспортної системи на принципах повноцінного ринку призводять як до значного поліпшення якості залізничних послуг в одних регіонах, так і їхнє повне зникнення в інших. Це безсумнівно викликало б загострення соціальної обстановки, посилення впливу лівих популістських партій і дезорганізацію загального ходу ринкових реформ, а також перешкоджало б формуванню цивільного суспільства. Тому реформування на залізничному транспорті України проходить сьогодні досить нерівномірно, з різною глибиною перетворень, з обліком місцевих політичних і економічних факторів.

Україна змогла надзвичайно довго та терпляче зберігати свій залізничний транспорт у первозданному стані, посиляючись на закон 1992 року «Про приватизацію державного майна», відповідно до якого майнові комплекси на залізничному транспорті приватизації не підлягають [2]. Але час і дефіцит невблаганні, а тому

восени 2004 року Міністерство транспорту і зв'язку все ж таки запропонувало ідею реструктуризації залізничної галузі України шляхом «корпоратизації». Але Програма була недосконалою. Розробка основних документів відповідно до плану, в надрах Міністерства, затверджена Кабміном 27 грудня 2006 року Концепція Державної програми реформування залізничного транспорту України, на базі «Укрзалізниці» передбачається створити ДАК «Українські залізниці» зі 100 %-вим державним капіталом. Основною метою перетворень продекларовано «задоволення зростаючих потреб національної економіки і населення в перевезеннях, підвищення їхньої якості та зменшення вартості транспортної складової в ціні продукції». За словами ініціаторів, Концепція враховує досвід реформування залізничного сектора держав ближнього і дальнього зарубіжжя, включаючи Росію, Казахстан, Польщу, Німеччину та ін. Відповідно до Концепції, реформа повинна бути проведена поетапно протягом 9 років і завершитися до 2015 року [1].

У 2009 році «Укрзалізниця» розробила та передала в Міністерство транспорту і зв'язку проект закону України «Про особливості реформування залізничного транспорту загального користування». Документ визначає правові, економічні і організаційні особливості створення ДАК «Українські залізниці» і управління та розпорядження майном залізничного транспорту загального користування.

Передбачалося, що держрегулювання щодо реформування залізничного транспорту буде здійснювати Міністерство транспорту і зв'язку України. У законопроекті воно визначено правонаступником «Укрзалізниці» із правом виконання економічних, тарифних і фінансових функцій. Документ передбачає обмеження на введення в ринковий оборот магістральної інфраструктури та об'єктів, що мають оборонне і мобілізаційне значення. У цей список попадає, у тому числі, рухомий склад, призначений для спеціальних залізничних перевезень, і майно «Укрзалізниці» аварійно-відновного профілю.

Спочатку «На Міністерство транспорту і зв'язку накладалися економічні, тарифні, фінансові функції, узгодження графіків руху поїздів, видача ліцензій і інші обов'язки, пов'язані з організацією роботи залізничного транспорту», – вказується в законопроекті. Але у 2010 році кількість міністерств в уряді змінилось, в плінні часу деякі з них були скасовані,

інші деградували до стану комітетів чи агентств. Відповідно до адміністративної реформи Указом Президента від 9 грудня 2010 року № 1085/2010 «Про оптимізацію системи центрального органів виконавчої влади» Міністерство транспорту та зв'язку України було реорганізовано шляхом створення Міністерства інфраструктури України, Державної автотранспорту служби України, Державна служба авіації України, Державної служби зв'язку України, Державної служби морського і річкового транспорту України [11].

На відміну від Концепції, новий проект Програми, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. № 1390, не був представлений широкої громадськості. Причиною висувається той факт, що він є поки «попередньою версією». Опорним документом для розробки проекту стала російська Програма структурної реформи на залізничному транспорті [3]. Однак як і раніше держава має намір залишити за собою досить широкі повноваження в частині управління залізничною галуззю.

Тобто в цілому в Україні простежується варіант, схожий на російський, але, можливо, більш стриманий у змісті самого головного питання переходу до ринку – дерегулювання тарифів. Очевидно, що і тут на перший план виступлять оператори рухомого складу. Вони з'явилися в Україні так само, як і скрізь, наприкінці 90-х років. За станом на 2003-й рік працювали 12 приватних операторських компаній із власним парком порядку 35 тис. вагонів і часток у перевезеннях українськими залізницями до 10%. В 2004-м році компаній-операторів було вже порядку 18 з парком близько 43 тис. одиниць. В 2005 році приватний парк нараховував близько 49 тис. вагонів, і його частка в сумарних перевезеннях перевищила 26%. У 2009-м році парк досяг 53,3 тис. одиниць. Найбільш помітні оператори на Україні – це «Лемтранс», «Укрметаллургтранс», «ЕксІмТранс» (піввагони), «Спецтранссервіс» (цистерни під нафтовантажі та зріджений газ). У цілому приватники працюють практично тільки маршрутами з піввагонами [4].

Характерно, що самим «темним» при цьому є тарифне питання. Як відзначають українські незалежні експерти, розшифровка тарифу «Укрзалізниці» залишається поки закритою, як у цілому є досить мало прозорими і всі відносини операторів із залізничним транспортом.

У подальшому було створено Центральну комісію з реформування яка здійснювала аналіз та узгоджувала пропозиції щодо моделі ринку залізничних послуг в цілому і по кожному господарству окремо, а також проекти законодавчих та нормативних актів, необхідних для реформування галузі.

Наступним етапом на шляху реформування галузі стала Постанова Кабінету Міністрів України №1106 від 26 жовтня 2011р., яка містить основні напрями державної цільової програми реформування залізничного транспорту на період до 2019 р. [4, 5]. Державною цільовою програмою реформування залізничного транспорту передбачено створення державного акціонерного товариства залізничного транспорту загального користування як національного перевізника вантажів та пасажирів на ринку транспортних послуг, в господарстві якого об'єкти інфраструктури залізничного транспорту загального користування, що перебувають у власності держави. Передбачено, що реформування залізничного транспорту України відбуватиметься, так як і планувалось у попередній концепції, у три етапи.

Законопроект № 9337 від 24.10.2011 р. «Про особливості створення державного акціонерного товариства залізничного транспорту загального користування» було ухвалено 23.02.2012 р. Зміна форми власності дозволяє прискорити реалізацію власних інвестиційних програм залізничного транспорту України. Компанія зможе залучати фінансування на модернізацію інфраструктури як своїх так і зовнішніх інвесторів та створювати спільні підприємства. Закон забороняє приватизацію або відчуження магістральних залізничних ліній, станцій, споруд, які прямо залучені в процес забезпечення перевезень, контактної енергомережі, систем контролю перевезень [6]. Створення такого акціонерного товариства на базі залізничного транспорту України відповідають міжнародній практиці, а також – вимогам міжнародних організацій та Європейського Союзу. Крім того, закон визначає, що створення, реорганізація та ліквідація товариства здійснюються за рішенням Кабінету міністрів України і не вимагатиме попереднього дозволу Антимонопольного комітету України.

Однак, пріоритетом для транспортного сектора, як і раніше є реформи для модернізації інфраструктури та покращення якості транспортних послуг які надаватимуться громадянам і

бізнесу. Кращим способом для досягнення цих цілей є залучення приватного капіталу в транспортний сектор. Однак поки залізничний транспорт знаходиться у власності держави це ускладнює залучення інвестицій для модернізації галузі.

Виходячи з вище зазначеного, бачимо, що зроблено вже багато шагів щодо проведення реформування залізничного транспорту України, але є ще низка невіршених питань. Стан магістралей залізничного транспорту залишається на низькому рівні, все також маємо високий знос основних виробничих фондів, низький рівень заробітної плати працівників, у порівнянні з країнами СНД. І це при не вдоволеному до кінця попиті на транспортно-логістичні послуги, у тому числі підвищеної якості. Виходить, з економікою залізничної галузі як і раніше не все в порядку.

Одним з рішень із даної ситуації є пропозиції Президента України щодо «часткової приватизації державної Укрзалізниці як частини економічного пакета, протягом наступних трьох років», які були представлені до парламенту у листопаді 2010 року [12]. Однак, існуюча система залізниць України не в змозі залучити інвестиції в модернізацію активів без державних гарантій.

Досвід ЄС показує, що поєднання державних і приватних інвестицій в залізничній інфраструктурі є набагато краще, ніж моделі тільки державної підтримки, як це відбувається в Україні.

Ще одним з не менш важливіших рішень щодо перспективи подальшого успішного проведення наміченого реформування залізничного транспорту до рівня реального цивілізованого транспортного ринку є вдосконалення організаційної структури управління галуззю. Удосконалена структура повинна легко, без додаткових витрат, адаптуватися до будь-яких змін економіки держави, змін обсягів залізничних перевезень і зміни форми власності галузі. При цьому необхідний якісний механізм державного регулювання проведення реформування залізничного транспорту. У першу чергу це вдосконалення законодавчо-правової та нормативно-правової баз до сучасних умов розвитку залізничної галузі. По-друге, фінансування збиткових пасажирських перевезень у місцевому русі. По-третє, забезпечення розвитку галузей, які обслуговують залізничні підприємства.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Концепція Державної Програми реформування залізничного транспорту від 27 грудня 2006 р. за № 651-р [Текст] // Офіц. вісник України. – К., 2007. – № 1. – 250 с.
2. Закон України «Про приватизацію майна державних підприємств» від 04 березня 1992 р. № 2164-ХІІ [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.yur-info.org.ua>
3. Законопроект України «Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010-2015 роки» від 16 грудня 2009 р. № 1390 [Текст; Електрон. ресурс] // Магістраль. – К., 2011. – № 6 (Режим доступу: <http://magistral-uz.com.ua>).
4. Про створення Центральної комісії з реформування залізничної галузі [Текст; Електрон. ресурс] : Наказ Укрзалізниці № 132-Ц від 12.04.11 // Магістраль. – К., 2011. – № 6 (Режим доступу: <http://magistral-uz.com.ua>).
5. Про утворення робочої групи Укрзалізниці з реформування залізничного транспорту України [Електрон. ресурс] : Наказ Укрзалізниці від 12.04.2011 № 133-Ц. – Режим доступу: mintrans.gov.ua. – К., 2011. – 15 с.
6. Законопроект № 9337 від 24.10.2011 «Про особливості створення державного акціонерного товариства залізничного транспорту загального користування» [Текст] // Офіц. вісник України. – К., 2011. – № 4. – 160 с.
7. Гончаренко, В. П. О законодательных предпосылках реформирования железнодорожного транспорта Украины [Текст] / В. П. Гончаренко // Заліз. трансп. України. – К., 2007. – № 4. – С. 32–35.
8. Кривошипин, А. М. Региональная политика железных дорог Украины в период их реформирования [Текст] / А. М. Кривошипин, Г. Д. Эйтулис // Заліз. трансп. України. – К., 2007. – № 1. – С. 44–46.
9. Левицкий, И. Е. Реформирование железнодорожного транспорта Украины [Текст] / И. Е. Левицкий // Заліз. трансп. України. – К., 2007. – № 4. – С. 29–32.
10. Проблеми та основні напрямки реформування залізничного транспорту України [Текст] : навч. посібник / М. В. Макаренко [та ін.]. – К.: КУЕТТ, 2007. – 222 с.
11. Мукмінова, Т. А. Реформування залізничної галузі: ключові аспекти [Текст] / Т. А. Мукмінова // Заліз. трансп. України. – К., 2006. – № 3. – С. 10–13.
12. Офіційний сайт Міністерства інфраструктури України [Електрон. ресурс]. – К., 2011. – Режим доступу: <http://www.mtu.gov.ua>.

Надійшла до редколегії 07.12.2011.

Прийнята до друку 15.12.2011.

Н. В. ГРИЦЕНКО

КОМПЛЕКСНЫЙ ОБЗОР РЕФОРМИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА УКРАИНЫ

Реформирование железнодорожного транспорта Украины является сегодня одним из важных вопросов страны. В данной статье рассматриваются тенденции пути проведения реформирования железнодорожного транспорта за последние годы. Рассмотрены важнейшие этапы реформирования, которые были приняты относительно законодательных изменений.

Ключевые слова: реформирование, железнодорожный транспорт, акционерное общество

N. V. GRITSENKO

A COMPREHENSIVE REVIEW OF RAILWAY REFORM IN UKRAINE

At present the reform of railway transport of Ukraine is one of important issues in the state. This paper examined trends in the way of reform of rail transport in recent years. The major stages of reform, which were adopted on legislative changes, are considered/

Keywords: reform, railway transport, joint-stock company

РЕФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ НАДАННЯ ПІЛЬГ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ

В статті пропонується варіант реформування системи надання пільг на залізничному транспорті за принципом компенсації гарантій тільки найбільш не захищеному, в соціальному відношенні, населенню.

Ключові слова: пільгові категорії, пасажирський залізничний транспорт

Система надання пільг на залізничному транспорті потребує реформування, через застарілий принцип надання пільг, який не відповідає ринковим важелям ефективного функціонування пасажирських залізничних перевезень. Необхідність реформування системи надання пільг на залізничному транспорті обумовлено Стратегією упорядкування системи надання пільг окремим категоріям громадян до 2012 року [1], одним з основних завдань якої, є: надання пільг, компенсацій і гарантій лише найменш захищеним верствам населення, та особам, які мають заслуги перед Батьківщиною; та посилення адресності надання пільг.

Тому, необхідно розробити чіткий механізм реформування діючої системи надання пільг для користування проїздом на залізничному транспорті України, на пільгових умовах. Так, в даній статті пропонується **перший етап** реформування проїзду пільгових категорій пасажирів залізницями України:

Перегляд системи надання пільг для деяких категорій громадян за принципом надання пільг найменш незахищеним, у соціальному плані, верствам населення.

Так, надзвичайно важливо розмежувати та створити основну мету надання пільг на проїзд залізничним пасажирським транспортом. Метою повинно бути не охоплення якомога більшої кількості населення, а, насамперед, захист малозабезпечених громадян з різних причин: через особливий стан здоров'я (інваліди різних груп, через різні причини); допомога багатодітним сім'ям, які не в змозі підвищити рівень своїх доходів через опіку за дітьми; захист дітей, позбавлених батьківської опіки; допомога пенсіонерам, з низьким рівнем пенсії (близьким до мінімального) та ін.. В пострадянських країнах історично склалася необхідність заохочення працівників зі складними умовами праці заохочувати наданням пільг замість гідного високого рівня заробітної плати. Така система стосується і заохочення виконання особливих заслуг перед Батьківщиною, що, звичайно ж, не

знайшло підтримки у європейських країнах. Дійсно, механізм звільнення від оплати за користування якимсь благом в процесі життєдіяльності не є відповідним ринковому механізму, тому що економічна система світу побудована на споживанні та оплаті за це споживання, що надалі дає можливість формувати блага для наступного споживання. Інакше кажучи, і попит і пропозиція не можуть існувати в так званому віртуальному світі, між цими субстанціями повинна існувати ще одна одиниця, яка відображає та регулює відносини між економічними суб'єктами, що відображає покупну спроможність в наявному еквіваленті – гроші. А пільги не являються грошовою формою покупної спроможності ні населення ні держави, тому вони не може довго існувати та відображати інтереси жодної економічно розвиненої країни. Гроші повинні мати свою форму та повинні працювати, створюючи відповідні блага для кожної людини у малих масштабах, та для всієї країни – у великих. Тому існування нематеріальної субстанції грошового виміру, якою являється пільга, не являється дієвою, бо отримання та користування цим благом не спонукає до більш ефективного виробництва, несення більш сумлінної служби, виконання героїчних вчинків перед Вітчизною, пільга не є заохоченням, а лише вимушеною мірою, для того щоб відзначити заслуги таких людей. Практика надання пільг дієва в умовах командно – адміністративного устрою держави, а не в умовах ринкової економіки, тому що пільга не матеріальна одиниця, а саме – віртуальна. За надання пільг у механізмі ринкової економіки все одно повинен хтось платити, наприклад, не люди які отримують грошову винагороду за свою відвагу, чи відмінне несення служби, а держава, якій, звісно, історично не вистачає коштів, на покриття тих пільг, які вона надає.

Звичайно, в ситуації, коли держава повинна покривати витрати від користування пільгами, які сама ж призначила, в повній мірі, а не частково, більш дієва та ефективна система збіль-

шення заробітних плат за несення служби, або призначення грошових допомог, пенсій за особливі заслуги перед Батьківщиною, тобто перехід до адресності надання грошових але не допомог, а саме винагород. Такий механізм виявляється більш дієвим в умовах ринкової економіки, тому що відображає не тільки повагу та винагороду, а й стимул до виконання сумлінної праці. А й пропонує купувати більше, тобто збільшує грошовий оборот та покупну спроможність, тим самим збільшуючи попит, пропозицію та інші важливі для країни макро- та мікроекономічні показники країни.

Реформування умов проїзду пільгових категорій пасажирів залізницями України є необхідною пропозицією у переході до ринкової форми господарювання. Зважаючи багато факторів, таких як: тенденція зростання кількості перевезеного пільгового контингенту на фоні тенденції зменшення кількості перевезеного контингенту, скорочення субвенцій із року в рік, постійне недофінансування залізничної галузі, порушення законодавчої бази, з цього приводу, через постійний брак коштів у державному та місцевому бюджетах, існуючу кількість проблем, пов'язаних з нестатком коштів та порушенням правової бази, доцільно було б переглянути категорії пільговиків, яким надається пільги на проїзд у пасажирському залізничному транспорті у бік скорочення.

В такому разі, пропонуємо переглянути кількість категорій пільговиків з запропонованої Класифікації категорій пільгового контингенту на залізничному транспорті України [2].

До розгляду пропонуємо взяти таку категорію пільговиків за професійною ознакою: 3) Особи, які отримали верховний суспільно – значущий статус: суддів; депутатів ВР, депутатів АРК, депутати місцевих Рад (на території відповідної Ради), працівники прокуратури, колишніх народних депутатів, починаючи з двадцятого скликання ВР УРСР, народних депутатів, які вийшли на пенсію. Ця категорія ввійшла до переліку через суспільно – значущу функцію. Але зважаючи, на соціальну забезпеченість цієї верстви населення, та величини дефіциту коштів у бюджетах (хоча із Таблиці 1, бачимо, що саме по цій категорії пільговиків заборгованості щодо перевезень не має, тобто саме за перевезення цієї категорії субвенції перераховуються вчасно), на наш погляд, можна було б впровадити механізм відшкодування збитків народному депутату при оформленні відрядження, тобто своєрідної адресної допомоги, яка буде призначатися цій категорії піль-

говиків не через малозабезпеченість, а якщо поїздка носить важливий загальнодержавний характер, та має відповідне узгодження або розпорядження, але якщо поїздка носить приватний характер, вона має бути сплачена з власного рахунку.

Наступна категорія, яка пропонується до розгляду – категорія, яка має найбільш поважних статус – І. За особливо великі та значимі заслуги перед Батьківщиною – Герої України; Герої Радянського Союзу; Повні кавалери ордена Слави; Повні кавалери ордена трудової Слави; Особи, нагороджені чотирма і більше медалями «За відвагу»; Герої соціалістичної праці; особи з трудовими відзнаками – ветерани війни, ветерани праці, діти війни, жертви політичних та нацистських репресій, та реабілітовані жертви політичних та нацистських репресій; ветерани військової служби, ветерани органів внутрішніх справ. Тобто, категорій громадяни, яким присвоєна нагорода по життєво за особливо великі та державно-значимі події. Та за заслуги перед Батьківщиною.

Для цієї категорії потрібне запровадження адресної грошової винагороди від держави, що відповідає одному з завдань Стратегії [1].

Далі пропонується розглянути таку категорію пільговиків за наведеною Класифікацією [2]: II. За заслуги перед Батьківщиною. Категорія осіб, яким надано соціальний статус та підтримка у зв'язку з поважним віком, або втраченим здоров'ям через виконання службового завдання, або отримання інвалідності через травми на виробництві тощо. Згідно цієї категорії пільги отримують: пенсіонери за віком, інваліди, які отримали статус через отримання травми на виробництві, сім'ї загиблих військовослужбовців, та інших громадян, які постраждали у разі несення служби, сім'ї загиблих шахтарів, сім'ї громадян, осіб або померлих на виробництві, учасники бойових дій, інваліди війни, ліквідатори наслідків катастрофи на ЧАЕС.

Більш детально пропонується розглянути для реформування систему надання пільг пенсіонерам за віком, які мають право безкоштовного проїзду. Ця категорія громадян займає найбільшу питому вагу в категорії безкоштовних пільгових пасажирських перевезеннях на залізничному транспорті. Та є категорією, за пільгове перевезення якої взагалі немає компенсацій в жодному році за вивчений період (табл. 1). На залізничному транспорті законодавством враховується поважний вік людини у зв'язку з виходом на пенсію. Основними про-

блемами, які обумовлюють необхідність розгляду цієї категорії є [3]:

- демографічна ситуація – в Україні за даними 2010 року – 13,7 млн. пенсіонерів. Зараз на 98 пенсіонерів припадає 100 осіб, що сплачують єдиний соціальний внесок;

- відсутня належна диференціація пенсій в залежності від трудового стажу та страхових внесків. На сьогодні 1,5 млн. пенсіонерів отримують пенсії в межах одного прожиткового мінімуму, а в межах двох прожиткових мінімумів – 10,1 млн. пенсіонерів;

- значний розрив між розмірами пенсій жінок і чоловіків. Середній розмір пенсії за віком у жінок становить в середньому 993,09 гривні, у чоловіків – 1441,93 гривні;

- незбалансований бюджет Пенсійного фонду України/

Тобто є пенсіонери, які дійсно потребують допомоги з боку держави через складне матеріальне становище (так як отримують мінімальну пенсію), а є пенсіонери, які мають достатній рівень забезпечення і, тому, в підтримці держави, по забезпеченню пільгових перевезень, не потребують. Саме в цьому виявляється принцип підтримки завдяки наданню пільг найменш захищених верств населення, згідно Стратегії [1].

Також нинішнє законодавство враховує поважний вік пенсіонера, але не враховує стаж (хоча він у всіх пенсіонерів різний, адже є гро-

мадяни, які не працювали (за різних причин) протягом працездатного віку легалізовано ніде, або мають малий стаж роботи). Така ситуація урівнює тих громадян, які сумлінно працювали все життя, та тих які з тих чи інших не поважних причин, наприклад пияцтва, засудження та відбування покарання у місцях позбавлення волі, не працювали зовсім, що викликає зрозуміле обурення у народних масах. Звісно, це повинно мати відображення при підході до надання пільг на проїзд залізничним транспортом.

Таким чином, запропонований варіант реформування системи надання пільг на залізничному транспорті за принципом надання пільг тільки малозабезпеченим верствам населення, за соціальним статусом, відповідає завданням Стратегії [1]; знімає соціальну напругу у суспільстві через особистий підхід до кожного громадянина-претендента на отримання пільги на залізничному транспорті; надає змогу контролювати кількість отриманих пільг та ефективно розпоряджатись коштами, направленими на компенсації від пільгових залізничних перевезень. Також, запропонований варіант реформування надасть змогу більш ефективно контролювати кількість використаних пільгових поїздок службової направленості та ін.. Таким чином позитивно відобразиться на подальшому реформуванню залізничних перевезень.

Таблиця 1

Компенсації за пільгові та безкоштовні перевезення громадян по Південній залізниці з 2005 по 2010 рр.

№	Категорії громадян, яким надається пільга	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	Інваліди ВВВ I,II,III груп , особи порівняні до них, супровідники	3076	3480	4464	5700	5232	3002
2	Постраждали, ліквідатори, внаслідок катастрофи на ЧАЕС	159	23,9	16,8	14,9	23,7	26,9
3	Діти, потерпілі від ЧАЕС	0	0	0	0	0	0
4	Діти загиблих військовсл., працівників правоох. орг., шахтарів	0	0	0	0	0	0
5	Пенсіонери за віком, ветерани праці	0	0	0	0	0	0
6	Депутати ВР супровідники деп.-інв. I груп	22,6	46,7	71,5	44,5	86,7	118,3
7	Діти-сироти	0	0	0	0	0	0
8	Діти-інваліди всіх категорій	0	0	0	0	0	0
9	Студенти та учні ПТУ	5902	4856	5550	6680	6350	6230
10	Діти віком від 6...14 років (25 % скидки)	0	0	0	0	0	0

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Стратегія упорядкування системи надання пільг окремим категоріям громадян до 2012 р. [Електрон. ресурс] : Затв.: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 3 червня 2009 р. № 594-р. – Режим доступу: www.rada.gov.ua
2. Гулай, О. С. Удосконалення класифікації категорій пільгового контингенту на залізничному транспорті України [Текст] / О. С. Гулай // Вісник екон. транспорту і промисловості (збірн. наук.-практ. статей). – Х., 2012. – Вип. 36.
3. Пояснювальна записка до проекту Закону України «Про заходи щодо законодавчого забезпечення реформування пенсійної системи» [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: www.profiwins.com.ua/ru/legislation/project/1405.html

Надійшла до редколегії 02.11.2011.
Прийнята до друку 14.11.2011.

О. С. ГУЛАЙ

РЕФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ЛЬГОТ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

В статье предлагается вариант реформирования системы предоставления льгот на железнодорожном транспорте по принципу компенсаций гарантий только наиболее незащищенному в социальном отношении населению.

Ключевые слова: льготные категории, пассажирский железнодорожный транспорт

O. S. GULAY

REFORMING THE PROVISION OF BENEFITS ON RAILWAYS

In the article the variant of reforming of system of granting of privileges on a railway transport by principle of indemnification of guarantees only to the most unprotected, in the social sense, population is offered.

Keywords: preferential categories, passenger railway transport

МЕХАНІЗМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ: ПРОБЛЕМИ ТА ЗАДАЧІ

Світова економіка зіткнулася з проблемою обмеженості практично всіх видів ресурсів, що приводить останнім часом не тільки до спаду економічного росту, а й до виникнення глобальних екологічних та соціальних проблем. Одним з найбільш перспективних шляхів вирішення цих проблем вважається концепція «сталого розвитку». Проте, економіка України розвивається здебільшого без застосування принципів сталого розвитку та збалансування економічних інтересів з екологічними та соціальними принципами. У статті встановлюються основні проблеми, причини їх виникнення та принципові задачі сталого розвитку української економіки.

Ключові слова: сталий розвиток, економіка України, механізм забезпечення, проблеми, задачі

Постановка проблеми

Економічне зростання світової та національних економік протягом ХХ ст. ототожнювалось, перш за все, з економічним, технологічним розвитком та зростанням валового внутрішнього продукту. Проте наприкінці ХХ ст. і особливо на початку ХХІ ст. світова економіка зіткнулася з проблемою обмеженості практично всіх видів ресурсів, що приводить останнім часом не тільки до спаду економічного росту, а і до виникнення глобальних екологічних та соціальних проблем. Одним з найбільш перспективних шляхів вирішення цих проблем вважається концепція «сталого розвитку», яка є об'єктивною необхідністю подальшого росту як світової, так і національних економік.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Теоретичні та практичні аспекти сталого розвитку економіки України та підприємств розглядаються вченими багатьох галузей економіки, серед яких: В.М. Геєць, Ю.С. Бараш, І.П. Корженевич, Л.Г. Мельник, В.М. Тарасевич та багатьма іншими [5, 6]. Проте, і через 20 років після розповсюдження принципів та рекомендацій щодо реалізації сталого розвитку, економіка України розвивається здебільшого без їх застосування та збалансування економічних інтересів з екологічними та соціальними вимогами.

Метою даної статті є встановлення основних проблем, причин їх виникнення та принципових задач сталого розвитку української економіки.

Виклад основного матеріалу

Ідеологія сталого розвитку людської цивілізації започаткована у 1987 р. Модель сталого розвитку передбачає задоволення життєвих по-

треб нинішнього покоління людей без позбавлення такої можливості майбутніх поколінь, зокрема щодо забезпечення розв'язання соціальних, економічних, екологічних проблем. Подальшого розвитку ця ідея набула на Конференції ООН з навколишнього середовища в Ріо-де-Жанейро (1992 р.). У документі «Порядок денний на ХХІ століття» міститься 27 принципів, близько 120 проблемних полів, понад 2500 широких рекомендацій щодо інтеграції соціальної, економічної та екологічної політики в єдину політику сталого розвитку.

Використання принципів сталого розвитку впливає не тільки на якість навколишнього середовища, але й на підвищення конкурентоспроможності і продукції, і національних економік, особливо країн, що розвиваються.

Проте основою конкурентоспроможності економіки України залишаються традиційні чинники зумовлені сприятливою світовою кон'юктурою на базові низько- та середньотехнологічні категорії товарного експорту України, відносно дешевою ресурсною базою, низькою вартістю робочої сили.

Згідно з даними Всесвітнього економічного форуму, у 2010 р. серед 139 країн Україна посіла: за конкурентоспроможністю – 89 місце, за рівнем інноваційного розвитку – 62, за якістю життя – 73, за індексом розвитку людського потенціалу – 69 місце. На жаль, ці показники мають тенденцію до погіршення [1].

Незважаючи на істотне скорочення виробництва, Україна залишається однією з найпроблемніших країн світу за кількістю шкідливих викидів в навколишнє середовище. Щороку в атмосферне повітря викидається понад 10 т небезпечних для людини речовин на кожний квадратний кілометр території нашої країни. Із 163

країн Україна посідає 87 позицію в рейтингу екологічних досягнень.

Необхідно зазначити основні причини такого становища. Першою причиною такого становища є регресивність структури інвестиційної діяльності в промисловості: значною мірою за рахунок інвестицій зберігається низько технологічна структура промислового виробництва, оскільки лєвова частка інвестицій надходить у галузі III-IV укладів, зокрема добувну промисловість, виробництво харчових продуктів, металургійне виробництво, виробництво електроенергії, газу та води, а частка найбільш інноваційно активних виробництв становить менше 15 % [2].

Іншою причиною такого стану є те, що на мікрорівні сталий розвиток частіше ототожнюється зі стабільним економічним розвитком та стійким фінансовим станом. Тобто ігноруються екологічні та соціальні наслідки виробничої діяльності, що порушує змістовну сутність сталого розвитку. Такий підхід не тільки призводить до постійного збільшення антропогенного забруднення, але й гальмує економічний сталий розвиток самого підприємства [3].

Також дуже важливою причиною є те, що впровадження інноваційних технологій, здатних забезпечити сталий розвиток, та, відповідно, витрати на них здійснюються на рівні підприємств, а ефекти отримуються на рівні суспільства, а також глобальної світової екосистеми, до того ж не оцінюються належним чином.

В сучасних умовах, оцінюючи варіанти розвитку транспортної системи України та підприємств суспільного транспорту, не можна нехтувати вимогами сталого розвитку суспільства.

В значній мірі проблема сталого розвитку економіки України залежить від стану залізничного транспорту. Адже він відіграє важливу соціально-економічну роль не тільки у секторі пасажирських, а і вантажних перевезень, які забезпечують обмін товарами, і експлуатаційні витрати яких входять до собівартості продукції практично всіх галузей економіки. При цьому частка транспортних витрат у вартості продукції промисловості та сільського господарства складає 15...20 %, а по деяких видах вантажу досягає 40...50 %.

Усі ці обставини свідчать про те, що для забезпечення сталого розвитку підприємств промисловості і транспорту необхідне державне сприяння та створення механізму вирішення наступних задач:

- впровадження системи оподаткування ресурсопотоків підприємств на принципах стимулювання зменшення споживання ресурсів та забруднення довкілля;

- сприяння залученню інвестицій в інноваційні технології вищих технологічних укладів на базі новітніх досягнень науки.

Але вирішення цих задач значною мірою залежить і від рівня доходів бюджету та ВВП країни, рівень яких в Україні значно нижчий, ніж в країнах Західної та Східної Європи (рис. 1).

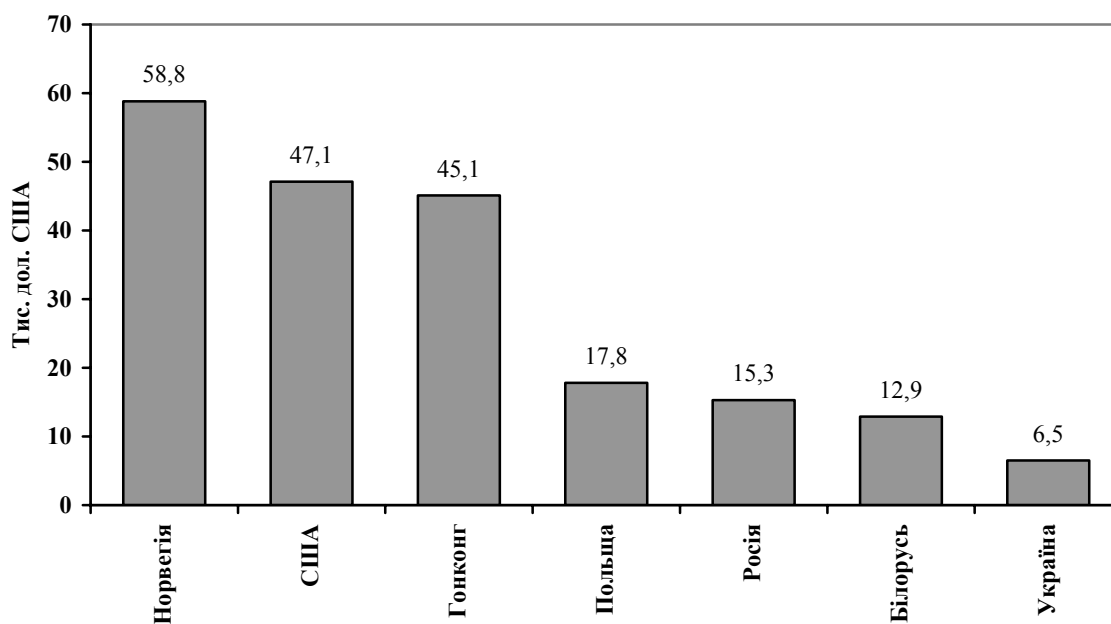


Рис. 1. ВВП на душу населення, 2010 р.

Висновки

Отже впровадження сталого розвитку в економіку потребує значних витрат, що доступно економічно розвиненим країнам, які мають необхідні для цього технології та фінансові ресурси. Тому на внутрішньодержавному рівні важливим є впровадження оподаткування, стимулюючого зниження питомої ресурсовитратності та еколого-соціальної шкідливості підприємств, а на міждержавному – створення глобального світового еколого-соціального механізму, який забезпечуватиме передачу від розвинених країн фінансових ресурсів та, найголовніше, технологій, а для впровадження принципів сталого розвитку в країнах, що розвиваються, і для яких це є найбільш необхідним.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Звіт про конкурентоспроможність України 2010. Назустріч економічному зростанню та процвітання [Електрон. ресурс] / Фонд «Ефективне управління». – Режим доступу: www.fed.org.ua
2. Геєць, В. М. Перспективи розвитку економіки України та можливий вплив на нього іннова-

ційних факторів [Текст] / В. М. Геєць // Наука та наукознавство. – 2006. – № 3. – С. 24–28.

3. Єлагін, Ю. В. Проблеми забезпечення сталого розвитку суспільного транспорту та суспільні транспортні витрати [Текст] / Ю. В. Єлагін // Вісник екон. транспорту та промисловості. – Вип. 35. – Х.: УкрДАЗТ, 2008. – С. 254–256.
4. Програма дій по подальшому здійсненню Порядку денного на ХХІ століття, прийнята Генеральною Асамблеєю ООН 23-28 червня 1997 р. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.un.org/russian/conferen/summit5/ag21.htm>
5. Бараш, Ю. С. Сравнение видов транспорта с учетом устойчивого развития общества [Текст] / Ю. С. Бараш, И. П. Корженевич, П. А. Лихопек // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 28. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 210–214.
6. Мельник, Л. Г. Устойчивое развитие: теория, методология, практика [Текст] : учебник / Л. Г. Мельник, В. М. Тарасевич, Е. А. Завгородняя; под науч. ред. Л. Г. Мельника; Сумской гос. ун-т МОН Украины. – Сумы: Универс. книга, 2009. – 1216 с.

Надійшла до редколегії 14.12.2011.
Прийнята до друку 20.12.2011.

Ю. В. ЕЛАГИН

МЕХАНІЗМ ОБЕСПЕЧЕННЯ УСТОЙЧИВОГО РОЗВИТКУ: ПРОБЛЕМИ І ЗАДАЧІ

Економіка столкнулась с проблемой ограниченности практически всех видов ресурсов, что приводит в последнее время не только к спаду экономического роста, но и к возникновению глобальных экологических и социальных проблем. Одним из наиболее перспективных путей решения этих проблем считается концепция «устойчивого развития». Однако экономика Украины развивается по большей части без применения принципов устойчивого развития и сбалансирования экономических интересов с экологическими и социальными принципами. В статье обусловлены основные проблемы, причины их возникновения и принципиальные задачи устойчивого развития украинской экономики.

Ключевые слова: устойчивое развитие, экономика Украины, механизм обеспечения, проблемы, задачи

Yu. V. ELAGIN

MECHANISMS ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT: PROBLEMS AND TASKS

A world economy ran into the problem of limit nature of practically all types of resources that results lately not only in the slump of the economy growing but also to the origin of global ecological and social problems. One of the most perspective ways of decision of these problems, i.e. the conception of "sustainable development" is considered. However, the economy of Ukraine develops mostly without application of principles of sustainable development and balancing the economic interests with the ecological and social principles. In the article the basic problems, reasons of their origin and fundamental tasks of sustainable development of Ukrainian economy are conditioned.

Keywords: sustainable development, Ukrainian economy, mechanism of ensuring, problems, tasks

НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

Розглядаються напрями розвитку транспортної інфраструктури як базового фактора національної безпеки, стійкого і динамічного зростання економіки, її інтеграції у європейський та світовий економічний простір. Найважливішим елементом транспортної інфраструктури в сучасній економіці стає мережа логістичних провайдерів, що знижують транзакційні витрати та підвищують якість транспортного обслуговування. А основним напрямом державної політики щодо інфраструктури повинен стати поступовий перехід діяльності зі створення й експлуатації об'єктів інфраструктури з витратної сфери, що є тягарем для держави, в ефективний бізнес на основі державно-приватного партнерства.

Ключові слова: транспортна інфраструктура, транспортна система, логістичні центри, елементи інфраструктури, транзакційні витрати, державно-приватне партнерство

Постановка проблеми

Глобалізація світової економіки, розширення міжрегіональних та міжнародних торговельних відносин обумовили потребу у форсованому розвитку транспортної інфраструктури як базового фактора національної безпеки, стійкого і динамічного зростання економіки, її інтеграції у європейський та світовий економічний простір. Недостатній рівень міжгалузеві та міжрегіональної координації нації в розвитку транспортної інфраструктури веде до нераціонального витрачання ресурсів і зниження ефективності її роботи. Слабка взаємодія різних видів транспорту, відсутність сучасних логістичних технологій організації транспортного процесу, тривалі терміни доставки, низький рівень контейнеризації та контрейлеризації перевезень і багато інших чинників стримують наростаючі потоки товарів і пасажирів. Транспортна система України відстає від більшості європейських країн у галузі мультимодальних перевезень. Актуальність досліджень в цьому напрямку обумовлена тим, що транспорт і створює умови його роботи транспортна інфраструктура є однією із системоутворюючих галузей економіки, що забезпечує територіальну цілісність держави і єдність економічного простору країни.

Огляд останніх досліджень і публікацій

Проблеми розвитку інфраструктури різних галузей на державному та регіональному рівнях досліджувалися в роботах вітчизняних вчених Бутка М. П., Алешугіної Н. О., Ейтутіса Г. Д., Диканя В. Л., Кельмана І. І., Аксьонова І. М., Бараша Ю. С., Дейнеко О. Г., Кулаєва Ю. Ф., Загорюлька В. М., Пашенка Ю. Є. та ін. Проте

питання особливостей функціонування транспорту та відповідної інфраструктури на регіональному рівні детально не розглядалися. У науковій літературі транспорт і транспортна інфраструктура розглядаються, як правило, ізольовано від територій, на яких вони функціонують. У науковій літературі недостатньо повно розглянуто особливості функціонування транспортної інфраструктури в Україні, а також концептуальні засади формування та реалізації стратегії її розвитку.

Виклад основного матеріалу

Сучасні проблеми розвитку транспортної системи обумовлені неупорядкованістю, а в ряді випадків відсутністю належного інституційного середовища, адекватного новим умовам, а також необхідних механізмів, що забезпечують виконання відповідних законів, норм і правил. Актуальною є розробка положень щодо створення інфраструктури, що забезпечує реалізацію геополітичних та економічних аспектів транспортної політики та сучасних стратегій розвитку транспортної інфраструктури, що відповідає національним інтересам України в умовах розвитку світогосподарських зв'язків.

Водночас, сучасний стан транспортної інфраструктури в Україні більшістю експертів визнається незадовільним. Про це свідчить порівняння основних показників транспортної забезпеченості окремих європейських держав з українськими (табл. 1). Україна має досить високий рівень забезпеченості залізницями (за цим показником вона входить до першої десятки світу), хоча дещо відстає від Польщі, Франції та Німеччини. Рівень електрифікації залізниць теж є досить високим.

Порівняння транспортної забезпеченості України та деяких країн Європи

Країна	Площа, тис. км	Довжина автошляхів, тис. км	Щільність автошляхів, км/тис. км ²	Довжина залізниць, тис. км	Щільність залізниць, км/тис. км ²
Україна	603,7	169,4	280,6	21,7	35,9
Польща	312,6	424,0	1355,9	22,3	71,4
Франція	551,6	951,5	1749,1	29,2	53,7
Німеччина	357,0	644,5	1805,3	41,9	117,4
Іспанія	307,6	681,2	1349,5	15,3	30,3
Італія	301,2	487,7	1618,7	19,7	65,5

Проте, в частині забезпеченості автомобільними дорогами Україна зовсім не вигідно відрізняється від інших країн. Будучи більшою за площею від Франції та Німеччини, Україна має, відповідно, у 5,6 та 3,8 рази менше автошляхів. Якщо брати до уваги щільність автодоріг, то вона залишається далеко позаду [1].

В останні роки загострилися питання не тільки транспортування вантажів українських відправників і одержувачів, а й транзитного забезпечення. Україна використовує свій транзитний потенціал ще недостатньо. Так, в роботі [2] зазначається, що стан транспортної інфраструктури та проблеми її розвитку на сучасному етапі перетворюються у серйозну перешкоду на шляху реалізації національних інтересів та забезпечення економічної безпеки держави як у цілому, так і за окремими її елементами. Саме тому можна стверджувати, що глобалізація економіки та процеси розвитку зовнішньоторговельного обігу, що її супроводжують, вимагають нових підходів до розвитку транспорту, пошуку нових технологій та раціональних шляхів освоєння перевезень пасажирів та вантажів. Розвиток транспортної інфраструктури є важливим напрямом соціально-економічного прогресу, підвищення ефективності виробництва. При цьому успішне вирішення багатьох проблем визначається ефективністю механізму управління транспортним комплексом.

Вагомим дестабілізуючим фактором економіки є порушення координування між пропускною спроможністю окремих видів транспорту та розвитком продуктивних сил України [3, с. 112–113]. Так, на сьогоднішній день не забезпечується пропускна спроможність на залізничному транспорті, на міських маршрутах автомобільним транспортом при перевезенні пасажирів, а також не набули належного розвитку авіаперевезення, які в основному викорис-

товуються в системі міжнародних перевезень. Недостатньо використовується транзитний потенціал, транзит через територію України складає менше 1 % товарообігу між країнами Європи та Азії, а, отже, використовується лише 5...7 % її транзитного потенціалу [4, с. 225]. У зв'язку з цим належить досліджувати методичні та практичні вимоги до становлення інтегрованої транспортної інфраструктури регіонів України; розробити механізми координації інфраструктурних інститутів. Необхідність більш глибокого осмислення особливостей формування транспортної інфраструктури прикордонних регіонів, де висока їх значимість для розвитку економіки в цілому, враховуючи те, що знос основних засобів рухомого складу на залізницях України становить до 70 %. Значна частина транспортних засобів працює за межами нормативного терміну служби, тому через зношеність вагонного парку щорічно необхідно закуповувати 7 тис. нових вагонів [5]. Здійснений «Укрзалізницею» аналіз показав, що одна з причин дефіциту вантажних вагонів, насамперед напіввагонів, криється у безвідповідальному ставленні до вимог нормативів із термінів навантаження та розвантаження цих вагонів на державних підприємствах вугільної та енергетичної галузей. Так, з 38 вугільних об'єднань 36 не виконують встановлені норми на вантажні операції. Замість передбачених 5...16 годин кожний вагон простоє майже добу, у зв'язку з чим втрати вантажних ресурсів сягають понад 570 вагонів щодобово. Причини – у технічній відсталості інфраструктури вугільних підприємств, недосконалії технології визначення якості продукції (аналіз здійснюють після завантаження у вагони), чимало проблем на під'їзних путях державних шахт і збагачувальних фабрик (на недержавних аналогічних підприємствах, наприклад, ВАТ «Краснодонвугіл-

ля», час використання вагонів на 5...10 годин менше). Багато вагонів пошкоджується в морських портах, де працюють грейферні крани, внаслідок чого Одеська залізниця втратила 733, Придніпровська – 540, Донецька – 381, Львівська – 194 вантажних вагонів. Лише на Південно-Західній залізниці за 8 місяців 2010 р. відремонтовано 3997 вагонів [6].

На думку аналітиків [7, с. 9], Україна володіє розвиненою інфраструктурою залізничного, водного, автомобільного та авіатранспорту. За довжиною мережі залізниць вона посідає друге місце у Європі (21,7 тис. км). У Чорноморському, Азовському та Дунайському басейнах розташовано 18 морських торговельних портів. Довжина внутрішніх водних шляхів на найбільших європейських річках Дунай та Дніпро становить майже 2,2 тис. км, вздовж них розташовано 10 річкових портів. Авіаційний транспорт представлений інфраструктурою 33 аеропортів, з яких 17 міжнародних. Загальна мережа автодоріг загального користування становить 169,5 тис. км, з яких 165,8 тис. км – із твердим покриттям. Вигідне географічне положення України обумовлює проходження її територією Пан'європейських транспортних коридорів №№ 3, 5, 7, 9; коридорів Організації співробітництва залізниць (ОСЗ) №№ 3, 4, 5, 7, 8, 10 та транспортного коридору Європа – Кавказ – Азія (ТРАСЕКА).

Між тим, на сьогодні транспортний сектор України у цілому задовольняє лише базові потреби економіки та населення у перевезеннях. Якісні показники щодо швидкості, якості й ефективності перевезень пасажирів та вантажів поки що не відповідають сучасним вимогам. Технологічні потужності національної транспортної інфраструктури дозволяють щороку перевозити залізницями понад 1 млрд т вантажів, переробляти в портах понад 160 млн т вантажів та доставляти трубопровідним транспортом близько 200 млн т вуглеводнів. Значна частина цього потенціалу може забезпечувати транзитні перевезення. Ці потенційні потужності використовуються не в повну міру, а затяжний період спаду промислового й сільськогосподарського виробництва та адекватне зниження доходів і обумовлені ними скорочення обсягів перевезень призвели до значного погіршення відтворювального процесу на транспорті та стану його виробничо-технічної бази, яка не зможе в перспективі у повному обсязі та з потрібною якістю забезпечити потреби як у внутрішніх, так і в міжнародних перевезеннях. Вже на сьогодні, як констатується у Стратегії розвитку

залізничного транспорту на період до 2020 р., резерви технічних потужностей залізничного транспорту, його провізної спроможності практично вичерпані, що ставить під загрозу можливість безперервного задоволення зростаючих потреб суспільства у транспортному обслуговуванні, особливо у напрямках морських торговельних портів Чорного та Азовського морів, гальмуючи подальший розвиток продуктивних сил у регіонах. Це стосується також міжнародних перевезень, де на ринку транспортних послуг йде жорстка конкурентна боротьба. Водночас, спроможності залізничних транспортних коридорів №№ 3, 5, 9 використовуються лише наполовину, автошляхи мають резерви пропуску додаткових потоків автотранспортних засобів, збільшених у 2...3 рази.

Прогнозуючи розвиток транспортної інфраструктури, слід забезпечити її модернізацію, що забезпечить:

- збільшення пропускнуої спроможності транспортної мережі;
- впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів, передусім денних;
- розвиток мережі автомобільних доріг, насамперед швидкісних та обходів населених пунктів;
- розвиток пропускнуої спроможності морських портів;
- розвиток транспортних вузлів та залізничних, автомобільних підходів до морських портів;
- розвиток мережі пунктів пропуску через державний кордон України;
- розвиток аеропортової мережі, передусім у рамках підготовки до чемпіонату Європи 2012 року з футболу;
- розвиток державної системи використання повітряного простору України;
- удосконалення та розвиток мережі громадського транспорту загального користування;
- збільшення пропускнуої спроможності транспортної мережі в м. Києві та обласних центрах;
- створення мережі логістичних центрів;
- удосконалення мережі інформаційно-комунікаційних технологій транспорту.

До найбільш важливих інвестиційних проєктів, враховуючи затверджену КМ України транспортну стратегію України, належать:

- впровадження руху швидкісних пасажирських поїздів: Київ–Полтава–Харків, Київ–Дніпропетровськ, Київ–Тернопіль–Львів, Київ–Жмеринка–Одеса, Київ–Донецьк та між великими обласними центрами;

- будівництво, реконструкція та капітальний ремонт автомобільних доріг державного значення, зокрема: Львів–Броди, Львів–Тернопіль, Вінниця–Київ, Кіпті–Бачівськ, Київ–Чоп, Київ–Харків–Довжанський, Київ–Одеса, Київ–Ковель–Ягодин, Стрий–Кіровоград–Знам'янка, Херсон–Сімферополь, Харків–Сімферополь–Севастополь, Одеса–Рені, Знам'янка–Луганськ–Ізварине, Великої кільцевої автомобільної дороги навколо м. Києва;

- підготовка транспортної мережі до обслуговування фінальної частини чемпіонату Європи з футболу 2012 року, в тому числі будівництво та реконструкція аеропортів у Києві, Донецьку, Львові, Харкові;

- збільшення пропускної спроможності залізничного руху в напрямку Криму, а також на напрямку Київ–Трипілля–Миронівка, розвиток паралельного залізничного напрямку Долинська–Миколаїв–Херсон–Джанкой;

- впровадження технологій енергозбереження при перевезеннях залізничним транспортом на напрямку Знам'янка–Долинська–Миколаїв–Херсон–Джанкой;

- будівництво нового залізничного тунелю Бескид–Скотарське (МТК № 5);

- добудова, будівництво та реконструкція мостів у Києві, Дніпропетровську, Запоріжжі, Миколаєві та Херсоні;

- розбудова метрополітену в Києві, Харкові, Дніпропетровську, Донецьку;

- удосконалення системи супроводу транспортних засобів шляхом впровадження систем супутникової радіонавігації;

- будівництво та реконструкція терміналів (перш за все контейнерних) у морських портах;

- оновлення портового допоміжного і криголамного флоту та модернізація засобів портової механізації;

- створення логістичних центрів у транспортних вузлах зі значними вантажопотоками;

- будівництво другої черги глибоководного суднового ходу Дунай – Чорне море,

Все це планується вирішити за рахунок оновлення рухомого складу, нових інноваційних проектів, забезпечення конкурентоспроможності та якості транспортних послуг для економіки та підвищення якості послуг пасажирського транспорту загального користування.

Найважливішим елементом транспортної інфраструктури в сучасній економіці стає мережа логістичних провайдерів, що знижують транзакційні витрати, підвищують якість транспортного обслуговування і функціонують на основі взаємної довіри всіх учасників логі-

стичних процесів і процедур. Високий рівень довіри стимулює створення мережеских організацій, міжгалузевих кластерів.

Ще одна особливість розвитку транспортної інфраструктури – це її інтеграція з інфраструктурою зв'язку. У сучасному світі з відчутним прискоренням переміщуються не тільки люди і матеріальні цінності, але інтелект та інформація.

При цьому переміщення нематеріальних факторів виробництва, якими є інформація і знання, стає частиною загального логістичного процесу. Іншими словами, сучасний логістичний процес об'єднує в собі логістику не тільки матеріальних об'єктів, але і нематеріальних у вигляді інформації та знань.

Висновки

Традиційні чинники, такі як підвищення рівня міжгалузевої і міжрегіональної координації в розвитку транспортної інфраструктури, використання сучасних логістичних технологій організації транспортного процесу, – доповнені фактором створення належного інституційного середовища, що визначає взаємодію державних, регіональних і місцевих органів управління, а також транспортних підприємств різних форм власності, формує основу державно-приватного партнерства. Запропоновано форми взаємодії адміністрації, населення та господарюючих суб'єктів у процесі формування та реалізації стратегічного плану розвитку транспорту. Слід розробити методичні вимоги до генеральної схеми розвитку інтегрованої транспортної інфраструктури в регіонах, що використовує мультимодальні транспортні центри і транспортні коридори. Транспортна стратегія повинна передбачати вирішення двох першочергових завдань. Перше – створення опорної транспортної мережі, ліквідацію диспропорцій у розвитку транспортної системи між окремими територіями. Друге – включення в систему міжнародних транспортних коридорів для забезпечення експортно-імпортних перевезень вантажів і міжнародного транзиту із залученням на вітчизняні комунікації міжнародних вантажопотоків. Основним напрямом державної політики щодо інфраструктури повинен стати поступовий перехід діяльності зі створення й експлуатації об'єктів інфраструктури з витратної сфери, що є тягарем для держави, в ефективний бізнес, що регулюється загальними принципами ринкової економіки. Впровадження методів державно-приватного партнерства в розвиток та експлуатацію інфра-

структури є одним з перспективних способів переходу від бюджетно-витратної до ринково-прибуткової моделі господарювання.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бутко, М. П. Транспортна інфраструктура як складова туристичного потенціалу України [Електрон. ресурс] / М. П. Бутко, Н. О. Алешугіна // Електронне наук. фах. видання «Ефективна економіка» включено до переліку наук. фах. видань України з питань економіки (постанова президії ВАК України № 2-05/3 від 08.07.2009 р.). – Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/index.php?operation=1&iid=62>
2. Іксарова, Н. О. Транспортна інфраструктура як компонент економічної безпеки України [Електрон. ресурс] / Н. О. Іксарова. – Режим доступу: www.nbuv.gov.ua/portal/Soc_Gum/Ekpr/2010_36/Zmist/6PDF.pdf
3. Ткаченко, А. М. Логістика і територіальний розвиток [Текст] / А. М. Ткаченко // Управління сучасним містом. – 2003. – № 1.3 (9). – С. 9–17.
4. Логинов, Е. Г. Системные проблемы экономической безопасности [Текст]. В 20 тт. – Том. 6: Экономическая безопасность: Инвестиции / Е. Г. Логинов. – М.: Научтехлитиздат, 2009. – 298 с.
5. Дзензерський, В. О. Ефективний рухомий склад для вантажних перевезень – запорука розвитку всіх галузей промисловості [Текст] / В. О. Дзензерський // Урядовий кур'єр. – 2010. – 13 жовт.
6. Дацюк, Л. Вантажів – хоч відбавляй, а вагонів катма [Текст] / Л. Дацюк // Урядовий кур'єр. – 2010. – 26 жовт.
7. Прейгер, Д. К. Реалізація потенціалу транспортної інфраструктури України в стратегії посткризового економічного розвитку [Текст] / Д. К. Прейгер, д.е.н., проф. (кер. авт. кол.), О. В. Собкевич, О. Ю. Ємельянова. – К.: НІСД, 2011. – 37 с.

Надійшла до редколегії 09.12.2011.

Прийнята до друку 20.12.2011.

В. И. КОПЫТКО

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ УКРАИНЫ

Рассматриваются направления развития транспортной инфраструктуры как базового фактора национальной безопасности, устойчивого и динамичного роста экономики, ее интеграции в европейское и мировое экономическое пространство. Важнейшим элементом транспортной инфраструктуры в современной экономике становится сеть логистических провайдеров, которые снижают транзакционные издержки и повышают качество транспортного обслуживания. А основным направлением государственной политики относительно инфраструктуры должен стать постепенный переход деятельности по созданию и эксплуатации объектов инфраструктуры, которые являются бременем для государства, с затратной сферы в эффективный бизнес на основе государственно-частного партнерства.

Ключевые слова: транспортная инфраструктура, транспортная система, логистические центры, элементы инфраструктуры, транзакционные издержки, государственно-частное партнерство

V. I. KOPYTKO

DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF UKRAINE

The trends of the transport infrastructure development as a basic factor of national security, the stable and dynamic economic growth, its integration into the European and world economic space are considered. The most important element of the transport infrastructure in the modern economy is a network of logistic providers, which reduce transaction costs and improve the quality of transport service. And the main direction of government policy according to infrastructure should be a gradual transition of activities for establishing and operating the infrastructure objects, that is a burden for the State, from a cost sphere to an efficient business based on the state-private partnership.

Keywords: transport infrastructure, transport system, logistic centers, infrastructure elements, transaction costs, state-private partnership

М. І. МІЩЕНКО (ДІІТ)

КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ НОВОГО ОРГАНІЗАЦІЙНО-ГОСПОДАРСЬКОГО МЕХАНІЗМУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ

Досліджується транспортна інфраструктура залізниць країн ЄС-27 в умовах нового організаційно-господарського механізму функціонування, а також динаміка рівня конкурентоспроможності залізничного транспорту як результат реформування залізниць країн ЄС-27, за умов реалізації Європейського транспортного законодавства

Ключові слова: організаційно-господарський механізм, конкурентоспроможність, сегмент ринку, директиви ЄС, вертикальне розділення, незалежний оператор залізничних перевезень

Постановка проблеми

Інфраструктура залізничного транспорту забезпечує безперервне ефективне функціонування всієї залізничної транспортної системи, що виражається в реалізації потреби підприємств і організації в споживанні залізничної транспортної продукції. Якість і належний стан об'єктів колійної інфраструктури впливає на діяльність залізничного транспорту, покращуючи ринково-господарські зв'язки та конкурентоспроможність залізничного транспорту в цілому. Але на рівень конкурентоспроможності транспорту також суттєвий вплив має обраний тип організаційно-господарчого механізму функціонування інфраструктури за вимогами європейського транспортного законодавства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження європейського транспортного ринку, виконане за період з 1995 р. до сьогодні [1], показало, що частка всього пасажирського залізничного транспортного ринку в країнах ЄС залишилася надзвичайно незмінною в межах від 6,58 % до 6,23 %. Частка легкового автомобільного транспорту домінує на ринку й становить приблизно 73 % за весь розглянутий період [2, 3]. Різні залізниці країн ЄС-27 мають різну структуру сегментів транспортного ринку. Одна з причин різного рівня конкурентоспроможності – обраний тип організаційно-господарчого механізму функціонування інфраструктури залізниць [4].

Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми

Стратегічними елементами системи економіки й безпеки кожної держави є транспортні послуги. В результаті реалізації процесу ство-

рення ринкових відносин у західних країнах інституції транспортної інфраструктури й надання послуг були вибудовані десятиліттями тому назад. У країнах, що вступили на шлях самодостатнього зростання економіки, розвиток транспорту випередив швидкий розвиток промисловості й став одним з основних важелів підвищення промислового виробництва. Ці заходи були прийняті цілеспрямовано в інтересах того, щоб були створені умови для залучення внутрішнього й особливо іноземного капіталу. За даними різних міжнародних досліджень кожна одиниця капіталовкладень в удосконалювання транспорту та транспортної інфраструктури робить майже трьохкратний вплив на залучення приватних капітальних вкладень у спорудження інших об'єктів регіону й за допомогою цього поживляє економіку країни в цілому. Такий самий ефект спостерігається й на макроекономічному рівні у випадку можливих рецесій економіки. Тут спостерігається чіткий причинно-наслідковий зв'язок: реформування галузі – вертикальне розподілення – розвиток інфраструктурної складової – ефективність функціонування залізничного транспорту – підвищення його конкурентоспроможності та ефективності діяльності.

Формулювання цілей статті

Виходячи з вищевикладеного ціллю даної статті є актуальне на сьогодні питання дослідження динаміки рівня конкурентоспроможності залізничного транспорту, як результат реформування залізниць країн ЄС-27, вибору певного типу організаційно-господарчого механізму функціонування інфраструктури залізниць, за умов реалізації Європейського транспортного законодавства.

Виклад основного матеріалу дослідження

Пасажирський сектор залізничного транспорту за динамікою розвитку є одним з найконсервативніших.

Обсяг пасажирських перевезень, складений за даними Євростат, представлений у табл. 1 [3].

Таблиця 1

Пасажирський транспорт ЄС-27, млрд пас-км

Роки	Види транспорту							Всього
	Легкові авто	Морський	Автобуси	Залізниця	Трамвай, метро	Повітряний	Інші	
1995	3 893	44	500	351	71	346	122	5 327
1996	3 960	44	504	349	72	366	123	5 419
1997	4 039	44	505	351	73	390	126	5 526
1998	4 137	43	513	351	74	409	129	5 654
1999	4 240	43	515	359	75	425	132	5 789
2000	4 321	42	518	371	77	457	134	5 920
2001	4 405	42	520	373	78	453	138	6 008
2002	4 479	42	519	366	79	445	138	6 067
2003	4 510	41	520	362	79	463	142	6 118
2004	4 572	41	516	368	82	493	145	6 215
2005	4 564	40	516	377	82	527	148	6 254
2006	4 678	40	514	390	84	549	151	6 406
2007	4 757	41	527	397	86	572	152	6 532
2008	4 763	41	530	411	89	561	154	6 548
2009	4 781	40	510	405	89	522	157	6 503
1995 - 2009	22,8 %	-10,0 %	2,1 %	15,5 %	24,9 %	50,9 %	28,1 %	22,1 %
темп росту	1,5 %	-0,7 %	0,1 %	1,0 %	1,6 %	3,0 %	1,8 %	1,4 %
2000 - 2009	10,6 %	-4,2 %	-1,5 %	9,2 %	15,0 %	14,2 %	16,4 %	9,8 %
темп росту	1,1 %	-0,5 %	-0,2 %	1,0 %	1,6 %	1,5 %	1,7 %	1,0 %
2008 - 2009	0,4 %	-2,3 %	-3,7 %	-1,4 %	-0,4 %	-7,0 %	1,6 %	-0,7 %

Ринкова доля різних видів транспорту ЄС-27 в динаміці з 1995 р. по 2009 р. представлена на рис. 1.

В цілому, за 2009 р. питома вага окремих видів транспорту в загальному пасажирообігу ЄС-27, представлена на рис. 2.

Пасажирський сектор різних країн ЄС з 1990 р. має різні тенденції розвитку. Країни ЄС-15 (табл. 2) показали поступове зростання

обсягів роботи. Натомість пасажирський залізничний транспорт «нових» членів – ЄС-12 має стійку тенденцію до зменшення обсягів перевезення пасажирів (рис. 3).

У ЄС 15 Держав-Членів, після незначного зниження між 2002 і 2003 рр., обсяг пасажирських перевезень стає істотним, збільшившись до 16,4 % за період з 2000 (2003) по 2008 роки і трохи знизився в 2009 р. У ЄС 12 Держав-

членів попит на пасажирські перевезення безупинно зменшувався за останні роки. В цілому

падіння склало 26,8 % з 2000 р. по 2009 р. (найбільше падіння – 8,8 %, відбулося в 2009 р.).

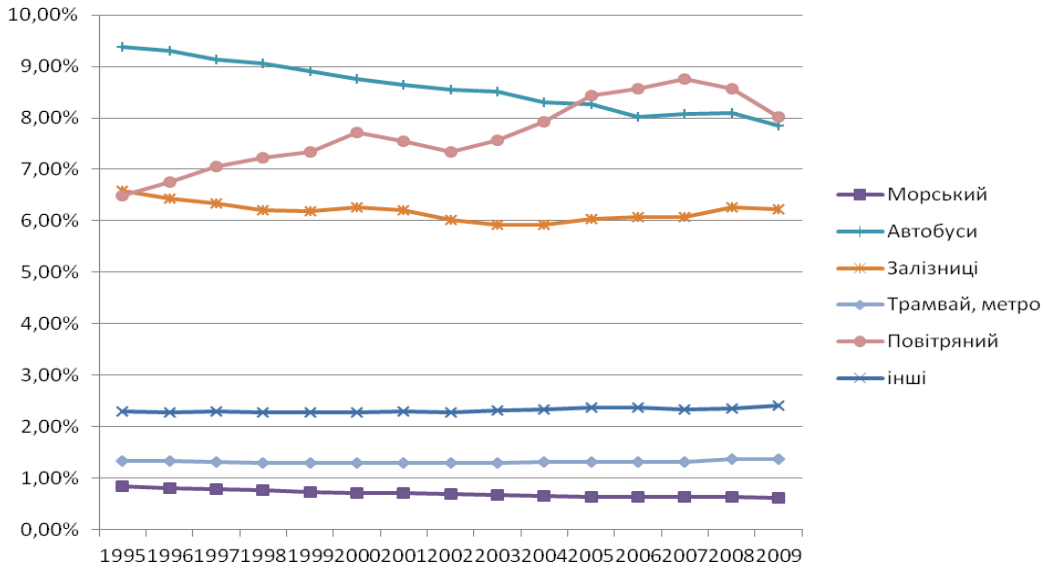


Рис. 1. Динаміка розподілу перевезень пасажирів за видами транспорту з 1995 по 2009 рр., %

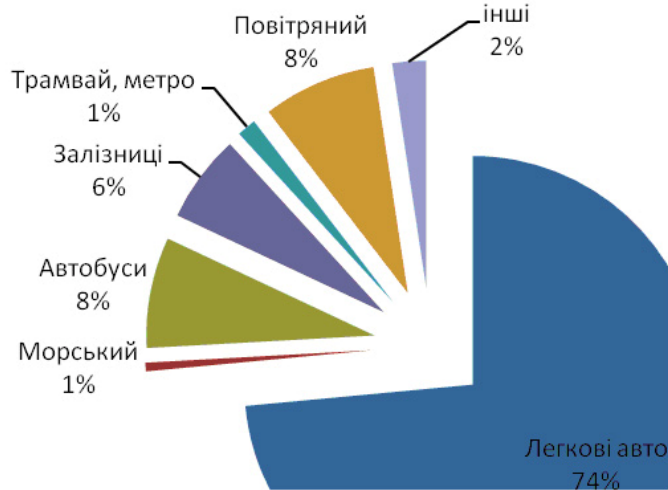


Рис. 2. Питома вага окремих видів транспорту в загальному пасажирообігу ЄС-27 за 2009 р.

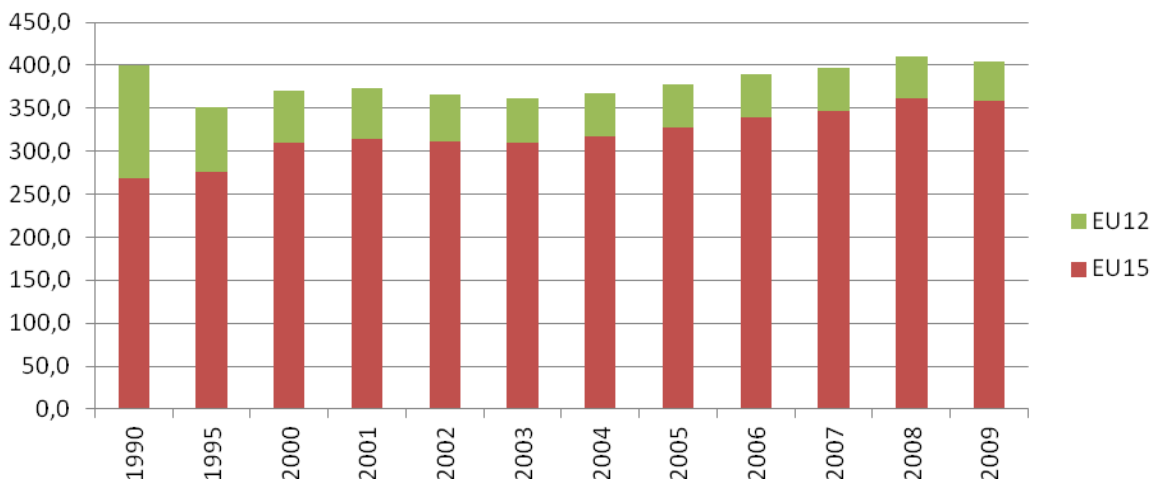


Рис. 3. Динаміка пасажирообігу країн ЄС-12 та ЄС-15 за 1990-2009 рр., млрд пас-км

Структура ЄС-27 на 01.01.2012 р.

№ з/п	Умовне позначення	Назва країни	Рік вступу у ЄС	Структура ЄС-27
1	AT	Австрія	1995	EU15
2	BE	Бельгія	1958	EU15
3	BG	Болгарія	2007	EU12
4	CY	Кіпр	2004	EU12
5	CZ	Чеська республіка	2004	EU12
6	DE	Германія	1958	EU15
7	DK	Данія	1973	EU15
8	EE	Естонія	2004	EU12
9	EL	Греція	1981	EU15
10	ES	Іспанія	1986	EU15
11	FI	Фінляндія	1995	EU15
12	FR	Франція	1958	EU15
13	HU	Угорщина	2004	EU12
14	IE	Ірландія	1973	EU15
15	IT	Італія	1958	EU15
16	LT	Литва	2004	EU12
17	LU	Люксембург	1958	EU15
18	LV	Латвія	2004	EU12
19	MT	Мальта	2004	EU12
20	NL	Нідерланди	1958	EU15
21	PL	Польща	2004	EU12
22	PT	Португалія	1986	EU15
23	RO	Румунія	2007	EU12
24	SE	Швеція	1995	EU15
25	SI	Словенія	2004	EU12
26	SK	Словацька республіка	2004	EU12
27	UK	Великобританія	1973	EU15

Держави-члени, у яких відбулося найсуттєвіше збільшення обсягу перевезень пасажирів на залізницях з 2000 по 2009 були Данія (41,9 %), Великобританія (36,4 %) і Бельгія (35,7 %). Державами-членами, що зазнають найбільше падіння обсягів перевезень за той же період, були Латвія (89,5 %), Румунія (48,7 %) і Литва (41,6 %). Питома вага залізничного транспорту країн кожної держави-члена ЄС-27 в загальному пасажирообігу у 2009 р. показана на рис. 4.

У вантажному сегменті перевезень у авто і морського транспорту – найбільша частка на ринку (табл. 3). Спільна частка залізниць, внутрішнього водного транспорту, нафтопроводу й авіатранспорту була за весь досліджуваний період була на 20 % нижче. При цьому, питома вага залізничного транспорту у вантажних перевезеннях коливається з 12,62 % у 1995 р. до 9,96 % у 2009 р. (рис. 5, 6).

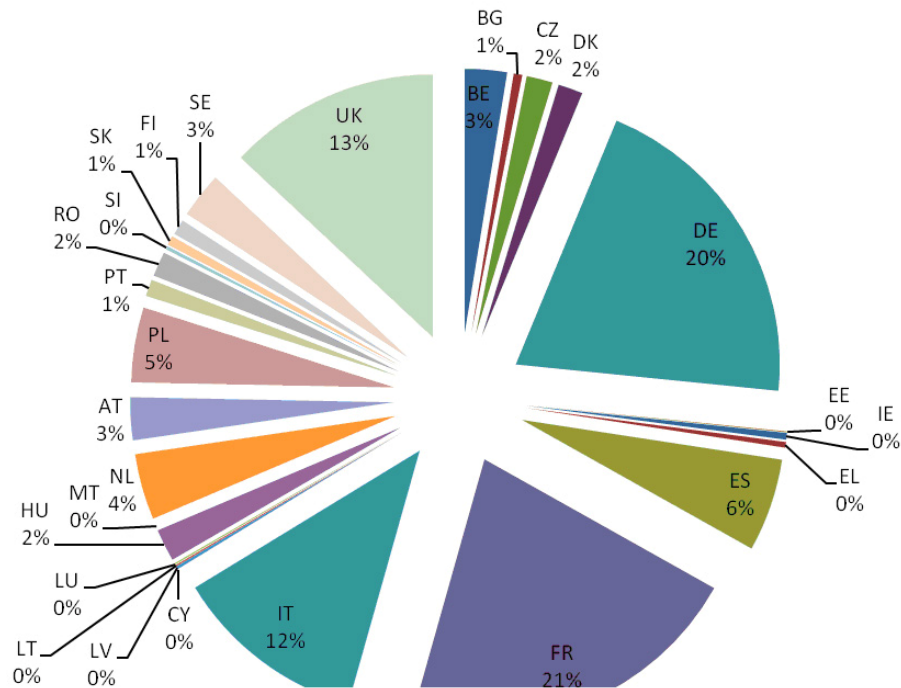


Рис. 4. Питова вага залізничного транспорту країн ЄС-27 в загальному пасажирообігу у 2009 р., %

Таблиця 3

Динаміка вантажообігу за видами транспорту ЄС-27, млрд. т-км

Роки	Автомобільний	Залізничний	Внутрішній водний	Трубопровідний	Морський	Авіаційний	Всього
1995	1 289	386	122	115	1 146	2,0	3 060
1996	1 303	392	120	119	1 160	2,1	3 096
1997	1 352	410	128	118	1 193	2,2	3 202
1998	1 414	393	131	125	1 232	2,3	3 297
1999	1 470	384	129	124	1 268	2,3	3 377
2000	1 519	404	134	127	1 314	2,5	3 499
2001	1 556	386	133	133	1 334	2,5	3 544
2002	1 606	384	133	128	1 355	2,4	3 608
2003	1 625	392	124	130	1 378	2,4	3 652
2004	1 742	416	137	132	1 427	2,5	3 856
2005	1 794	414	139	136	1 461	2,6	3 946
2006	1 848	440	138	135	1 505	2,7	4 069
2007	1 914	453	145	127	1 532	2,8	4 175
2008	1 881	443	143	124	1 498	2,7	4 091
2009	1 691	362	120	120	1 336	2,5	3 632
1995 -2009	31,3 %	-6,3 %	-1,8 %	4,6 %	16,6 %	24,0 %	18,7 %
темп росту	2,0 %	-0,5 %	-0,1 %	0,3 %	1,1 %	1,5 %	1,2 %
2000 -2009	11,4 %	-10,4 %	-10,5 %	-5,1 %	1,7 %	1,2 %	3,8 %
темп росту	1,2 %	-1,2 %	-1,2 %	-0,6 %	0,2 %	0,1 %	0,4 %
2008-2009	-10,1 %	-18,3 %	-16,3 %	-2,9 %	-10,8 %	-8,1 %	-11,2 %

Майже однакові показники (близько 3,5 %) транспорт. Питова вага авіа перевезень у загальному вантажообігу – 0,07 % (рис. 5).

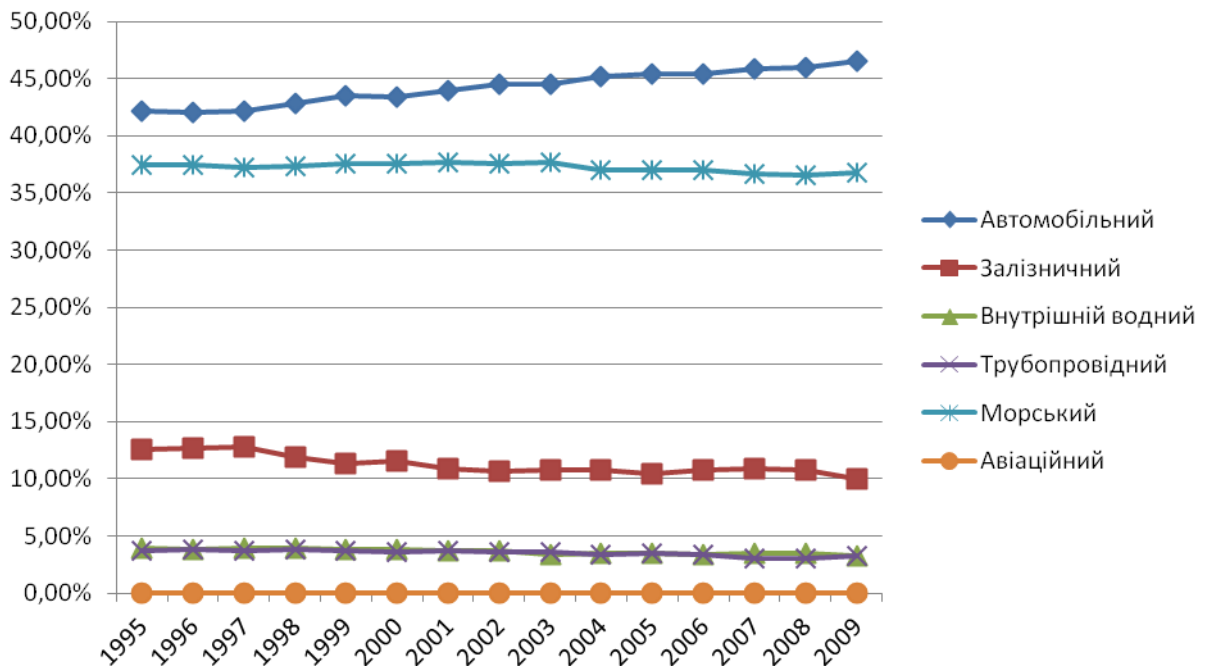


Рис. 5. Динаміка розподілу перевезень вантажів за видами транспорту з 1995 по 2009 рр., %.

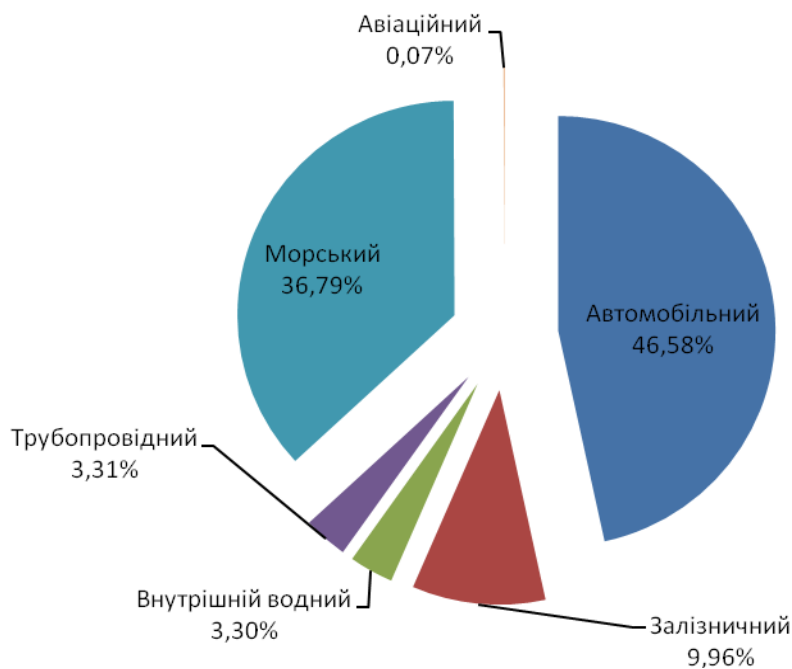


Рис. 6. Питова вага різних видів транспорту в загальному вантажообігу країн ЄС-27.

Після декількох років безперервного зниження обсягів залізничних вантажоперевезень тенденція вернулася до позитивного росту з 2004 по 2007 р. Однак, цей ріст був, по суті нівельований економічним спадом в 2008 - 2009 рр. Із середини 2008 спад вплинув на переміщення товарів по залізниці, серед яких була продукція секторів економіки, що традицій-

но користуються послугами залізничних вантажоперевезень. Це гірська промисловість, сталеливарна, хімічна й автомобільна галузі промисловості. Між 2007 р. і 2009 р. відбулося різке падіння залізничних вантажоперевезень: у ЄС 15 і ЄС 12 на 13,0 % і 27,6 % відповідно (рис. 7).

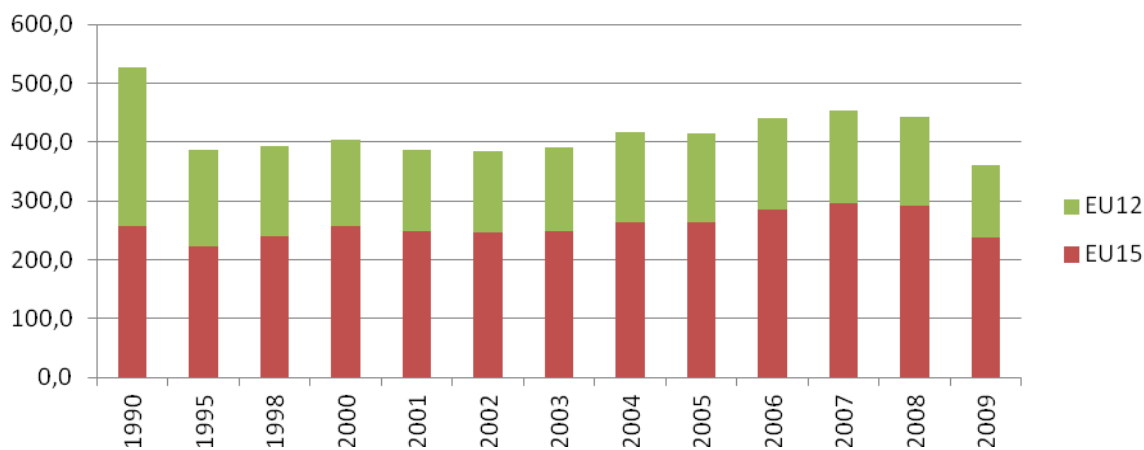


Рис. 7. Динаміка вантажообігу країн ЄС-12 та ЄС-15 за 1990-2009 рр., млрд. т-км

За час з 2000 р. по 2009 р. Державами-Членами, які зазнали найбільше зниження вантажообігу, була Угорщина (93,6 %), Ірландія (83,9 %) і Люксембург (71,3 %). У той час як Державами-Членами, що випробовують найви-

щі темпи росту, була Латвія (55,3 %), Німеччина (44,1 %) і Австрія (42,5 %).

Необхідно відзначити, що тенденції вантажообігу залізниць окремих країн та їх питома вага можуть сильно мінятися (рис. 8).

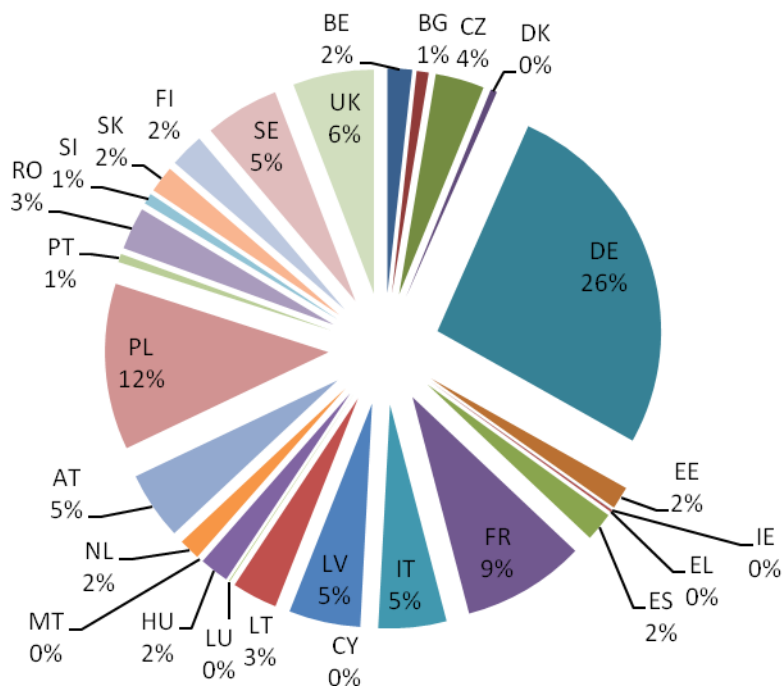


Рис. 8. Питома вага залізничного транспорту країн ЄС-27 в загальному вантажообігу у 2009 р., %

В 2009, частки на ринку незалежних залізничних операторів, у загальному вантажообігу (у тонно-кілометрах), були самими великими у Великобританії (100 %), Естонії (57 %), Румунії (45 %), Нідерландах (36 %) і Польщі (32 %). У середньому, частки на ринку незалежних залізничних операторів у вантажоперевезеннях у Європі збільшилися з 10,5 % в 2005р. до 22,0 % в 2009 р. (Рис. 9).

З рис. 9 видно, що немає ніякої загальної тенденції між різними Державами-Членами й

що значення істотно змінюються між ними, незважаючи на факт, що в кожному випадку залізнична галузь працює під тією ж самою законодавчою базою. Виконання вимог діючих Директив було обов'язковою умовою в кожній із країн, особливо щодо вертикального розділення. Виходячи із цього, а також на підставі рис. 9, видно, що країни з найбільшою часткою незалежних операторів в 2005 р., мали найбільше зростання цього показника й у наступному періоді.

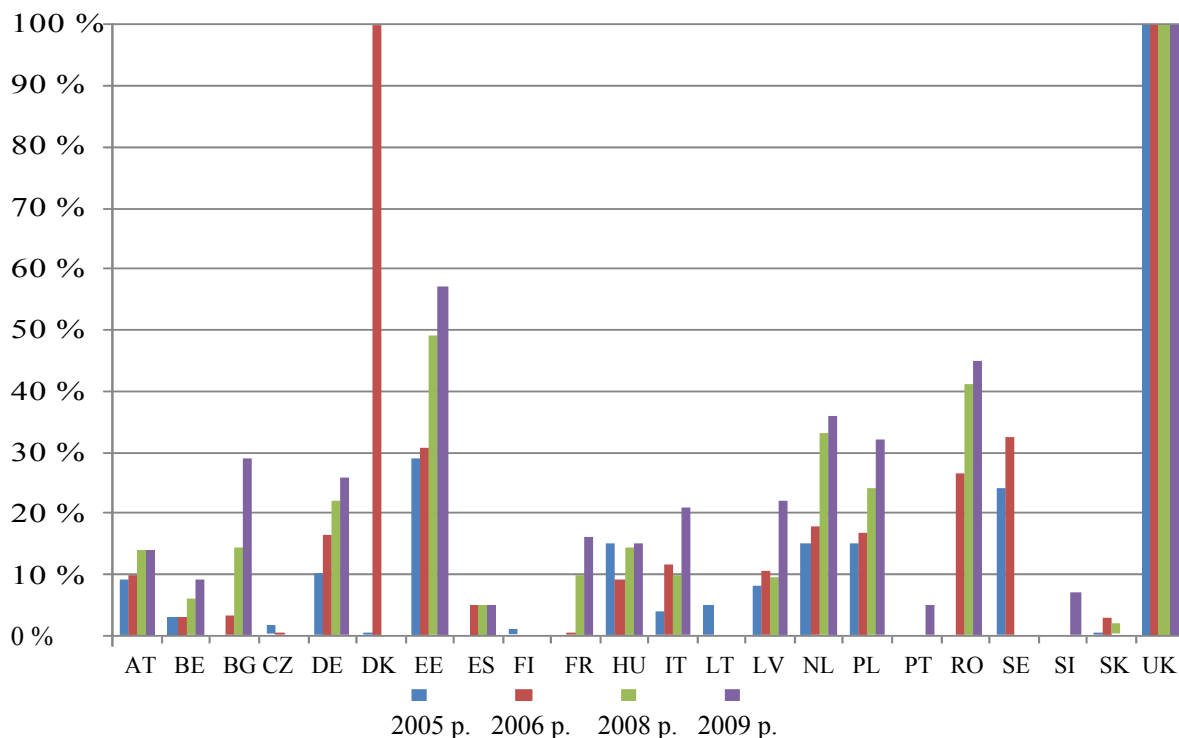


Рис. 9. Питома вага незалежних операторів на залізницях держав-членів ЄС (Греція, Ірландія й Люксембург не включені в графік, оскільки немає незалежних операторів у цих державах-членах. Інші держави-члени були виключені через недостачу інформації)

Висновки з даного дослідження

Дивлячись на сформовану ситуацію, можна зробити висновки, що чинне законодавство ЄС, впливає на організацію діяльності залізничного транспорту, але, поки не значно впливає на збільшення ринкової частки залізничного транспорту, динаміку рівня його конкурентоспроможності в сфері пасажирських і вантажних перевезень. На нашу думку найбільший вплив на рівень конкурентоспроможності має обраний тип організаційно-господарчого механізму функціонування інфраструктури залізниць. Найбільш результативним варіантом реформування є модель часткової інтеграції, що забезпечує досягнення загальних стратегічних і комерційних цілей менеджера інфраструктури й залізничного оператора, які хоч і організаційно віддалені, є філіями однієї й тієї ж холдингової компанії [4].

Перспективи подальших розробок у даному напрямі

Як видно з дослідження, найбільшу увагу для вибору типу організаційно-господарчого механізму функціонування інфраструктури за-

лізниць України заслуговує модель часткової інтеграції, вплив якої на рівень конкурентоспроможності Укрзалізниці на транспортному ринку й необхідно дослідити в найближчій перспективі.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Міщенко, М. І. Проблеми формування загальноєвропейської транспортної політики [Текст] / М. І. Міщенко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 29. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 262–267.
2. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://ec.europa.eu>
3. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
4. Міщенко, М. І. Проблеми вертикального розділення залізниць європейського сектора [Текст] / М. І. Міщенко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2012. – Вип. 40. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2012. – С. 289–295.

Надійшла до редколегії 22.11.2011.
Прийнята до друку 2: .11.2011.

М. И. МИЩЕНКО

КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ НОВОГО ОРГАНИЗАЦИОННО- ХОЗЯЙСТВЕННОГО МЕХАНИЗМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Исследуется транспортная инфраструктура железных дорог стран ЕС-27 в условиях нового организационно-хозяйственного механизма функционирования, а также динамика уровня конкурентоспособности железнодорожного транспорта как результат реформирования железных дорог стран ЕС-27, в условиях реализации Европейского транспортного законодательства

Ключевые слова: организационно-хозяйственный механизм, конкурентоспособность, сегмент рынка, директивы ЕС, вертикальное разделение, независимый оператор железнодорожных перевозок

M. I. MISHCHENKO

COMPETITIVENESS OF THE RAILWAY TRANSPORTATION IN THE CONDITIONS OF FUNCTIONING OF THE INFRASTRUCTURE NEW ORGANIZATIONAL-ECONOMIC MECHANISM

The transport infrastructure of railways of the countries of EU-27 in the conditions of functioning new organizational-economic mechanism, and also dynamics of level of competitiveness of a railway transportation as result of reforming of railways of the countries of EU-27, in the conditions of realisation of the European transport legislation is investigated

Keywords: organizational-economic mechanism, competitiveness, a segment of the market, EU instruction, the vertical division, the independent operator of rail transportation

К. В. НАЛИВАЙЧЕНКО (Кримський економічний інститут КНЕУ ім. В. Гетьмана, Сімферополь)

ОПТИМІЗАЦІЯ ДІЯЛЬНОСТІ КОМПАНІЙ ЩОДО СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОДУКТУ

У статті розглядаються сучасні процеси інформатизації діяльності бізнес-компаній. Узагальнено напрацювання світових компаній, що створюють інформаційні технології у глобальному інформаційному середовищі: найбільш ефективним є електронний інформаційний продукт, який містить універсальний алгоритм його розробки. З'ясовано, що фірми віддають перевагу відкритим програмним кодам.

Ключові слова: електронний інформаційний продукт; алгоритм розробки; програмне забезпечення; глобалізація інформаційного суспільства

Вступ

Роль інформатизації в економічному розвитку сучасних національних компаній стає все більш вагомою. Процеси інформатизації знаходяться під впливом зростаючих соціально-економічних потреб. Тому очевидна тенденція росту обсягу продукції інформаційних технологій у національних компаніях та потреба оптимізації їх діяльності щодо створення електронного інформаційного продукту.

Аналіз останніх публікацій та постановка завдання

Проблеми впровадження електронного інформаційного продукту в бізнес - компанії та можливості їх подальшого розвитку в цьому плані досліджувалися закордонними та вітчизняними вченими Л. С. Винариком, А. Н. Щедріним, Н. Ф. Васильєвим [1, с. 56–58, 93–96, 134–137], Ф. Котлером [2, с. 36–37, 57–58, 202, 412–414], А. М. Березою [3, с. 40–45, 89–91], І. Т. Балабановим [4, с. 39–42, 120–123, 162–164].

Однак ця тема потребує детального аналізу для виявлення нових сучасних можливостей розвитку електронного інформаційного продукту в національній компанії в умовах глобалізації електронних технологій та оптимізації діяльності цих компаній у розвитку інформаційного суспільства.

Результати дослідження

Компанії з виробництва інформаційних технологій займають все більшу нішу на світовому товарному ринку. За даними прогнозів провідної міжнародної маркетингової компанії Forrester Research кількість персональних комп'ютерів у світі досягла одного мільярда вже до кінця 2008 року, і двох мільярдів досягне до

2015 року. Прогноз Forrester Research ґрунтується на припущенні, що з 2010 по 2015 р. загальна кількість персональних комп'ютерів у світі щорічно збільшуватиметься на 12 %.

Одною з подібних компаній є компанія Cisco – створювач потужної комунікаційної платформи, що веде новаторську роботу за декількома напрямками: розробляє нові технології, доробляє вже створені, сприяє розповсюдженню нових технологій на ринку інформаційних технологій. Компанія впроваджує нові бізнес-моделі, розвиток партнерських відношень з іншими компаніями та організаціями. Іншим яскравим прикладом є міжнародна компанія Novell, що поставляє програмне забезпечення, послуги технічної підтримки, консалтингу та навчання. Технологіями Novell зараз користуються більш ніж 80 % з 500 крупніших компаній у світі. Продукти Novell успішно використовуються на більш ніж 3,8 млн серверів, допомагаючи у праці понад 80 млн чоловік [5].

Розглядаючи можливості оптимізації діяльності компаній, що займаються розробкою інформаційних технологій, з урахуванням ідей з цього питання А. Н. Щедріна [6], дамо наступне визначення електронного інформаційного продукту. Електронний інформаційний продукт є електронною документованою інформацією, підготовленою і призначеною для задоволення потреб користувача.

Звідси органічно витікає визначення поняття електронної інформаційної послуги. Електронна інформаційна послуга – обслуговування і надання у розпорядження користувача електронних інформаційних продуктів.

Електронний інформаційний продукт не має відчутної матеріальної форми і незмінного вигляду. Це справляє специфічний вплив на схему конкурентної боротьби у цій сфері. Для виграного становища міжнародної компанії на рин-

ку перед усім вона повинна розробити унікальний продукт, чи продукт, що має деякі унікальні риси, які приваблюють користувачів всього світу. Яскравим прикладом цього є розробка та вдосконалення пошукових систем у глобальній інформаційній мережі Інтернет. Новою хвилею у цій галузі є поява так званих візуальних пошукових систем у глобальному інформаційному середовищі (Quintura, KartOO, Ujiko, Mnemo, WebBrain та ін.), які дають альтернативний пошуковий інтерфейс, нелінійне представлення даних у вигляді деяких асоціативних понять, синонімів пошукових запитів, семантичних відносин між посиланнями. Іншим прикладом є розроблена каліфорнійською фірмою Medstory медична пошукова система, яка розбиває інформацію на групи за клінічними дослідженнями, процедурами, інформацією про особисте здоров'я, діагнозами та симптомами. Бізнес-компанії можуть отримати перевагу перед конкурентами не тільки в результаті доступу до нової інфраструктурної технології, але і за рахунок більш далекоглядного її використання. На ранніх стадіях розвитку технології звичайно відсутня повна і докладна інформація про її можливості. Передовий досвід ще не описаний і не отримав широкого розповсюдження у світі. Компаніям доводиться експериментувати і вчитися на власних помилках. Компаніям, яким першими вдається відкрити способи найефективнішого використання технології, гарантований серйозний успіх на міжнародному ринку. У міру розвитку інфраструктури успіх супроводитиме не тільки тим компаніям, які інстинктивно прагнуть інновацій, а і тим, які уміють раціонально планувати і кваліфіковано використовувати ІТ. Так, міжнародна компанія Apple з виробу всесвітньо розповсюдженого програмного забезпечення за результатами 2007 фінансового року досягла доходу у 5,26 млрд дол. США, її чистий прибуток склав 770 млн дол., чи 87 центів у перерахунку на одну акцію [7].

При сучасних реаліях стає очевидним, що найефективнішою буде робота тієї компанії або її підрозділу, що створює електронний інформаційний продукт, де є універсальний алгоритм його розробки з можливістю легкого перенастроювання при необхідності. На наш погляд, цей алгоритм можна представити у вигляді наступних кроків:

1) Проведення економічного аналізу і на його основі прогнозування, бажано з математичним моделюванням економічної діяльності компанії для ухвалення рішення про те, який

електронний інформаційний продукт для даної компанії слід розробляти з перспективою на майбутнє;

2) Основою продукту повинна бути мова, за допомогою якої будується ядро програми. Знаючи цю мову, легше буде здійснити саму перебудову програмного забезпечення при зміні постановки задачі;

3) Необхідно передбачити автоматизацію процесу створення електронного інформаційного продукту. Якщо один і той же блок зустрічається у декількох місцях програми, краще автоматизувати сам набір, звернення до Інтернет, розробити визначення конструктора, класів;

4) Програма повинна бути адитивною моделлю. Кожній частині програми належно бути в змозі працювати самостійно і спільно з іншими програмами. Наприклад, при злитті компанії, їх програмне забезпечення має підсумовуватися з окремих частин, при цьому не повинно виникати ні яких конфліктів;

5) Компанії, що створює програмне забезпечення, належить мати мережу сервісних центрів, кожний з яких зобов'язаний виконувати обслуговування лише одного типу функцій. Діяльність цих центрів не повинна перетинатися. Один з центрів має виконувати роботу з прогнозу нових вимог до програмного забезпечення.

Якщо компанія не в змозі знайти свою нішу на ринку, то їй приходится вдаватися до методів цінової конкурентної боротьби. Іноді всесвітньо відомими компаніями розповсюджується безкоштовне програмне забезпечення, оскільки розглядається як підринок позицій конкурентів.

Сучасні реалії підказують, що не можна проводити повної аналогії між вартістю продукту матеріального виробництва й вартістю програмного забезпечення [8]. Неможливо розглядати ціну програмного продукту як даність. Динаміка зміни ціни залежить не тільки від кількості праці, вкладеної в його створення. У цьому випадку немаловажним фактором при визначенні ціни товару є супровід програмного забезпечення.

Практика використання програмного забезпечення в міжнародних компаніях показала, що в багатьох випадках неприступність розшифровки програмного коду створює непереборні перешкоди для нормального функціонування технологічного встаткування. Якщо в цьому випадку не передбачений постійний зв'язок з розроблювачами програмного забезпечення, то

ціна програмного продукту стає близької до нульового значення. У світовій практиці все частіше фірми, що здобувають інформаційні технології, стали віддавати більшу перевагу відкритим програмним кодам. У зв'язку з цим нарізла необхідність рішення задачі про доцільність створення відкритого програмного коду передовими ІТ-компаніями та вільного його розповсюдження по всьому світовому економічному середовищі.

Існує безліч висловлень «за» й «проти» відкритості програмного коду. Думки із цього приводу неодноразово публікувалися вченими, що займаються дослідженням в області утворення програмного забезпечення [9].

З цього приводу відзначимо, що Уряд Великобританії спільно з міжнародною компанією IBM і Національним обчислювальним центром (National Computing Centre) просуватиме програми open source. Задачею нової організації, яка отримала назву National Open Centre (NOC), буде встановлення більш тісної співпраці між виробниками відкритого ПЗ і тими, хто ним користується – комерційними, державними і освітніми установами. Для цього NOC проводитиме різні дослідження і організовуватиме конференції. Крім того, центр займеться розробкою різних відкритих стандартів, які згодом використовуватимуться в усьому Євросоюзі.

За замовленням Європейської комісії було проведено дослідження, в якому значиться, що використання open source приносить країнам Євросоюзу до 2 млрд євро на рік [10]. Прикладом використання відкритого коду як методу конкурентної боротьби є те, що міжнародна компанія Linux вдалася до цього засобу боротьби за ринок електронних інформаційних продуктів для подолання монополізму Microsoft і наближається до перемоги на Кубі, у Венесуелі, в Китаї, Бразилії, Норвегії [10]. Перевагу Linux при установці ОС на своїх ПК отримують найбільші міжнародні компанії, як Hewlett-Packard, Dell. Крім того, намічається активне використання як заміна існуючих операційних систем реального часу (RTOS) [7].

На наш погляд, відкритий код при реалізації нового програмного забезпечення необхідний у таких випадках:

- характеристики надійності, стабільності, масштабованості є критичними характеристиками програмного забезпечення;
- правильність проектування й реалізації програмного забезпечення не може з

легкістю бути перевірена іншими засобами, крім незалежної експертизи;

- програмне забезпечення є критичним для користувача в керуванні його бізнесом;
- програмне забезпечення формує або підтримує загальну інфраструктуру комп'ютерних систем і комунікацій;
- програмне забезпечення поширюється серед компаній зі слабкими можливостями спілкування з розроблювачами програмного продукту;
- програмне забезпечення орієнтоване в тому числі на користувачів, у яких не є технічної можливості його установки на досить новому обладнанні;
- виникають утруднення в реорганізації роботи технічної підтримки програмного забезпечення.

Якщо орендна плата за секретні біти вище, ніж віддача від відкритості вихідного коду, стає економічно доцільною закритість вихідних текстів. У тих же випадках, коли вигоди від відкритості коду більше, чим орендна плата за таємність, має сенс відкрити вихідний код.

Віддачу від відкритості коду важче виміряти й пророчити, чим орендну плату за таємність бітів, а це говорить про те, що набагато частіше очікуваний доход недооцінюється, ніж оцінюється занадто високо. Як приклад приведемо діяльність виробника апаратних засобів EOM. У цьому випадку відкриття коду може зробити відомою важливу інформацію про те, як працює встаткування розроблювача. Якщо раніше на розробку драйвера йшло 3...5 років, то сьогодні цей час настільки скоротився, що копіювання стало не вигідним для конкурентів. З іншого боку, відкриті тексти найменш придатні компанії в наступних випадках:

- компанія є єдиним власником програмної технології, що приносить доход;
- програмне забезпечення відносно невідчутне до помилок;
- правильність коду легко може бути перевіреною іншими засобами, крім незалежної експертизи коду;
- програмне забезпечення є некритичним для бізнесу;
- програмне забезпечення не збільшує істотно свою цінність через спільну роботу над ним або шляхом повсюдного поширення.

У перспективі розвитку виробництва по розробці програм будуть складатися дві альтернативи – створення відкритого й створення

закритого коду. Якщо цінність використання нерозкритого алгоритму або технології буде досить високою, витрати, пов'язані з ненадійністю, будуть досить низькими, а ризики, пов'язані з монополією постачальника на міжнародному ринку, – досить терпимими, то споживачі продовжать платити за закриті програми. Це, найбільше імовірно, залишиться вірним для самостійних вертикальних ринків додатків, коли ринок конкретного товару обмежений, але більшість споживачів на цьому ринку мають потребу в даному товарі, де ефекти від спільної розробки слабкі.

Бази даних, інструментів для програмування, або програм високого рівня для конфігурації набору протоколів додатків будуть більше змішаними. Мають програми із цієї категорії тенденцію бути закритими або відкритими, імовірно, буде залежати від вартості відмов, при цьому більша вартість програми створює тиск із боку учасників ринку, спрямований на те, щоб змусити виробника до відкритості.

Можна розраховувати на те, що виробництво програм у цілому залишиться підприємницьким, але з новими нішами, що постійно відкриваються на прикладному кінці й обмеженням тривалості життя для монополії закритої інтелектуальної власності, у міру того, як її виробники попадають у цю інфраструктуру. Усе більше високоякісні програми стануть постійно доступними для використання й створення нових на їхній основі.

Виходячи з міркувань, представлених вище, можна скласти схему для стратегії національної компанії вибору відкритого, або закритого коду при написанні нової програми. При цьому повинні бути проведені розрахунки вигідності вибору того або іншого шляху. Визначаються всі переваги й недоліки вибору стратегії відповідно для виробника й споживача програмного забезпечення. Будується таблиця характеристик. Характеристика є позитивною, якщо вона вказує на доцільність того, щоб програмний код був відкритим, і негативною в іншому випадку. Кожна компанія повинна вирішити, які характеристики для неї є найбільш важливими, а які – другорядними.

Також необхідно дати оцінку діяльності компанії відповідно до кожної характеристики. Для цього вводиться бальна шкала. Переважним характеристикам привласнюються позитивні бали, а характеристикам, що визначають недоліки обраної стратегії, привласнюються бали з негативним знаком. Після підсумову-

вання всіх балів дійдемо висновку про те, чи доцільно залишати відкритим програмний код.

Хід формалізованого рішення даної проблеми представимо у вигляді наступної табл. 1.

Таким чином компанія виявляє, чи має сенс придбавати той чи інший електронний інформаційний продукт, користатися електронною інформаційною послугою, на яких умовах, в якій компанії.

Процентне співвідношення електронних інформаційних послуг у вартісному вимірі для кожного виду діяльності національної компанії залежить від її типу і основного роду діяльності.

Через великий потік інформації потрібна її уніфікація.

Завдяки використанню уніфікованих документів підвищується швидкість обробки інформації, поліпшується їхня читабельність, підвищується зручність використання, раціоналізується документообіг, документи надаються у формі, що відповідає правилам державних стандартів.

У такому виді інформація більш раціонально зберігається в пам'яті ЕОМ (рис. 1).

При створенні електронного інформаційного продукту керівництво компанії встає перед вибором – створювати його власноручно, або звертатися до послуг відповідних фірм-виробників такого виду продуктів.

На даний час коло таких фірм значно розширилося, спектр наданих електронних інформаційних послуг виріс. Багато з цих фірм досягли великих розмірів.

Яскравим прикладом цього є корпорація «Інформаційні технології». Корпорацією було впроваджено інформаційну систему «ІТ-підприємство» [11] у роботу ВАТ «Сантехпром». Ця система є інструментарієм для рішення облікових і управлінських задач. Завдяки їй на заводі освоєно оптимізовані бізнес-процеси. З'явилася можливість користуватися обліковою і бухгалтерською інформацією в реальному масштабі часу усім, кому вона необхідна. Зараз корпорація займається впровадженням ERP-систем, домагаючись збільшувати кількість масштабних проектів, кількість реально працюючих користувачів системи, ступінь завершеності та комплексності проекту.

Великих успіхів на ринку електронних інформаційних продуктів досягла міжнародна компанія Microsoft, яка зараз просуває через своїх сертифікованих міжнародних партнерів нову багатофункціональну систему управління бізнесом Microsoft Dynamics. У цій системі по-

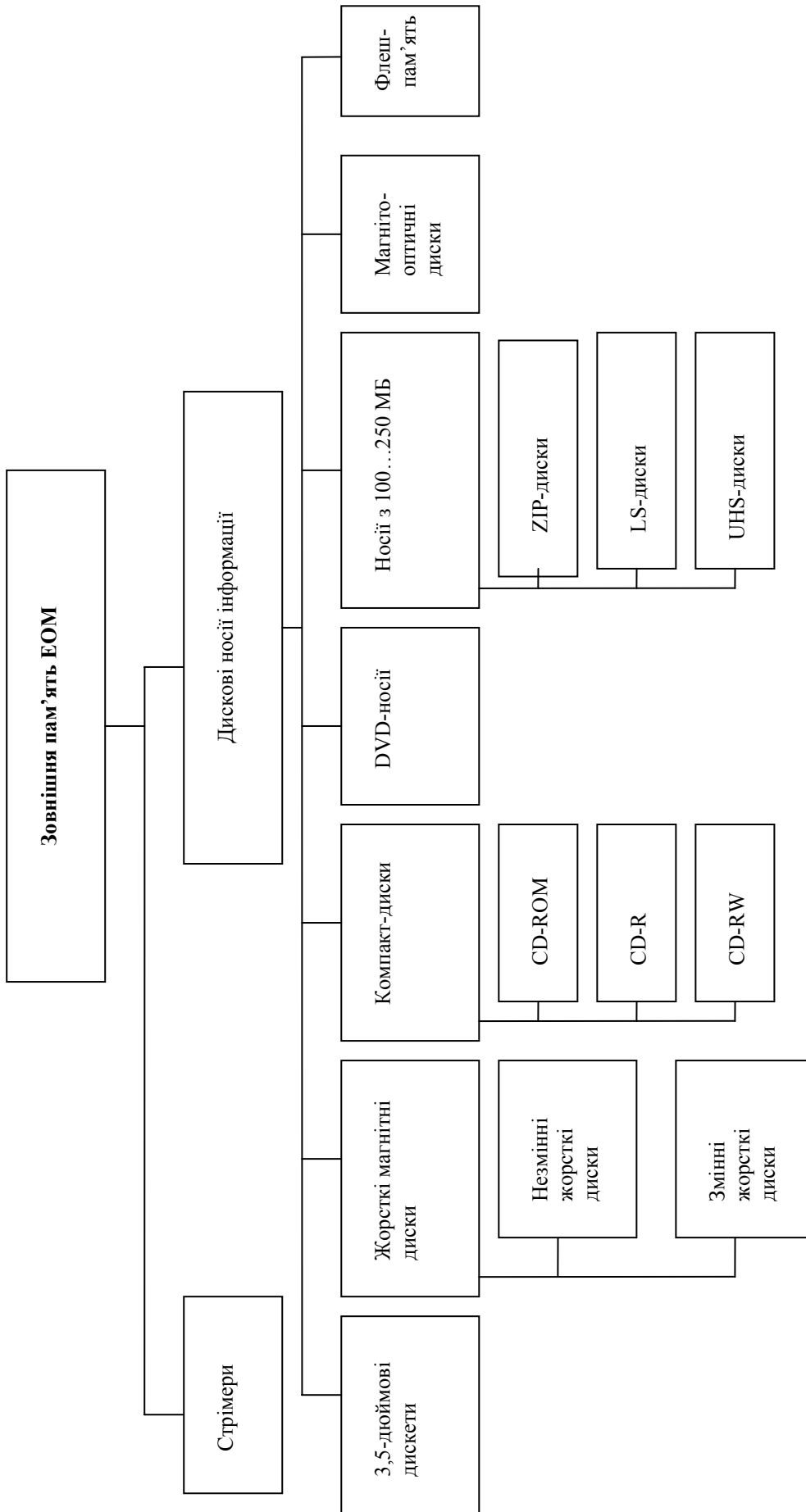


Рис. 1. Структура зовнішньої пам'яті ЕОМ для збереження інформації

ширено можливості для бізнес-аналізу, фінансового та логістичного менеджменту, здійснено тісну інтеграцію офісних та бізнес-додатків, з'явилась можливість створювати зручне віртуальне робоче місце для кожного співробітника.

Зараз програмні рішення Microsoft Dynamics використовують більш ніж 300 тис. клієнтів у всьому світі. Міжнародна мережа продажів має понад 9000 партнерів у 132 країнах світу [12].

Таблиця 1

Вибір компанією-розроблювачем програмного забезпечення стратегії щодо відкритості програмного коду

№ п/п	Виробник програми	Бал	Споживач програми	Бал
1.	Рівень відмінності ціни продажу з відкритим та закритим кодом		Надійність, стабільність, масштабованість системи	
2.	Перспективність розробки програмного забезпечення у даному напрямі		Рівень легкості перевірки системи	
3.	Наявність інтелектуального потенціалу у компанії		Можливість спілкування з виробниками системи	
4.	Складність технології розшифрування алгоритму програмного продукту		Можливість адаптації під застаріле технологічне обладнання	
5.	Бажання компанії вести підтримку програмного забезпечення		Рівень чутливості до помилок	
6.	Підтримка загальної структури комунікацій		Необхідність сумісної роботи над програмним забезпеченням	
7.	Унікальність технології створення програмного забезпечення		Рівень критичності в управлінні бізнесом	

Вагомих здобутків при створенні бізнес-додатків досягла всесвітньовідома виробництвом інформаційних продуктів компанія Oracle [13].

Сьогодні близько 2000 підприємств енергетичної галузі успішно використовують ці продукти. Новим рішенням Oracle для енергетичних компаній стала система «Електроенергетика. Будівництво, модернізація, ремонт і технічне обслуговування». Ця система створена на основі сукупного міжнародного досвіду автоматизації бізнес-процесів для енергетичних підприємств і збірному досвіді російських енергетичних підприємств.

На пострадянському просторі широкого використання своїх електронних інформаційних продуктів з планування, управління фінансами, виробництвом, логістикою, взаємостосунками з клієнтами, персоналом, задач бухгалтерського обліку домоглася російська корпорація «Галактика». Широковідомим світовим постачальником електронних рішень для бізнес аналізу є компанія Business Objects, яка нещодавно випустила нову версію пакета Business Objects Crystal Decisions для потреб малого та середнього бізнесу.

Необхідно відзначити, що якщо раніше створювані електронні інформаційні продукти

служили для автоматизації адміністративної діяльності, то зараз вони вийшли за межі офісних структур і почали впроваджуватися у виробничих цехах. Одним з таких прикладів є сумісна розробка компаніями Cisco та IBM розподільчих мереж для енергетичних компаній.

Теоретично електронний інформаційний продукт може приймати необмежену кількість форм для вирішення необмеженої кількості задач. Якщо компанії вигідніше набувати програмне забезпечення у сторонньої організації, то програмісти, що залишилися у штаті компанії, займаються його обслуговуванням, вдосконаленням і усуненням помилок. Зовнішні консультанти при виконанні замовлень звичайно «підганяють» стандартні програми до потреб окремих споживачів на основі використання стандартизованих засобів зміни конфігурації.

Висновки

У процесі проведеного дослідження виявлено, що процесам глобалізації інформаційних процесів сприяє розвиток та розповсюдження світових мереж. Зростає зв'язок між різними регіонами світу, завдячуючи розповсюдженню телекомунікаційних послуг. Проаналізовано діяльність світових організацій, які грають ве-

лику роль у прогресивному розвитку інформаційного суспільства.

Виявлено, що інструментами боротьби за ринок інформаційних технологій у світі є відкрите розповсюдження інформаційної системи компанії. При сучасних реаліях стає очевидним, що найефективнішою буде робота тієї компанії або її підрозділу, що створює електронний інформаційний продукт, де є універсальний алгоритм його розробки з можливістю легкого перенастроювання за необхідності. На вирішення питань створення такого універсального алгоритму мають бути направлені подальші дослідження цієї проблеми.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Винарик, Л. С. Онлайнвый электронный рынок: становление, проблемы : монография [Текст] / Л. С. Винарик, А. Н. Щедрин, Н. Ф. Васильев. – Донецк: Ин-т экономики пром-сти, 2003. – 176 с.
2. Котлер, Ф. Маркетинг менеджмент [Текст] / Ф. Котлер.– СПб.: Питер,– 11-е изд. – (Серия «Теория и практика менеджмента»). – 2004. – 800 с.
3. Береза, А. М. Электронна комерція : навч. посіб. [Текст] / А. М. Береза. – К.: КНЕУ, 2002. – 246 с.
4. Балабанов, И. Т. Электронная коммерция [Текст] / И. Т. Балабанов – СПб.: Питер, 2001. – 124 с.
5. Информация о компаниях и ее продуктах [Текст] // Сб. журнала «Корпоративные системы». – К., 2007. – С. 15.
6. Щедрин, А. Н. Электронные информационные ресурсы в информационной экономике [Текст] / А. Н. Щедрин. – Донецк: Ин-т экономики пром-сти, 2003. – 232 с.
7. Кучеренко, С. Что такое Wi-Max? [Текст] / С. Кучеренко // ComputerWorld/Украина. – 2007. – № 26. – С. 24–25.
8. Пономарёва, К. В. Информационное обеспечение АСУ [Текст] / К. В. Пономарева, Л. Г. Кузьмин. – М.: Высш. шк., 1991. – 224 с.
9. Сайт компанії АБ-Система виробника програмних продуктів [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ab-system.dp.ua>
10. Сайт онлайнного видання «Открытые системы» [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.osp.ru/>
11. Лизун, А. IT-предприятие. Автоматизация без компромиссов [Текст] / А. Лизун // Computer-world. – 2005. – № 48(525). – 5 декабря. – С. 25.
12. Хоникатт, Дж. Использование Internet [Текст] / Дж. Хоникатт : [пер. с англ.]. – 2-е изд. – К.: Диалектика, 1999. – 322 с.
13. World Intellectual Property Organization. Electronic Commerce Programs and Activities [Electron. resource]. – Access mode: http://www.wipo.int/about-wipo/ru/what_is_wipo.html

Надійшла до редколегії 05.12.2011.
Прийнята до друку 14.12.2011.

Е. В. НАЛИВАЙЧЕНКО

ОПТИМИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОМПАНИЙ ПО СОЗДАНИЮ ЭЛЕКТРОННОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОДУКТА

В статье рассматриваются современные процессы информатизации деятельности бизнес-компаний. Обобщены наработки мировых компаний, которые создают информационные технологии в глобальной информационной среде: наиболее эффективным является электронный информационный продукт, который содержит универсальный алгоритм его разработки. Выяснено, что фирмы отдают предпочтение открытым программным кодам.

Ключевые слова: электронный информационный продукт; алгоритм разработки; программное обеспечение; глобализация информационного общества

K. V. NALIVAYCHENKO

OPTIMIZATION OF COMPANIES' ACTIVITY ON DEVELOPMENT OF ELECTRONIC PRODUCT

The article considers modern processes of informatization of activity for business companies. There are generalized the makes of world companies, which create information technologies in global information environment: the electronic information product containing an universal development algorithm for it, is most effective. It is found that companies prefer opened program codes.

Keywords: electronic information product; development algorithm; computer software; globalization of information society

ПЕРЕХОД НА МОДЕЛЬ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ – РЕАЛЬНЫЙ ПУТЬ РЕШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В ГОСУДАРСТВЕ

Показаны отдельные положения принципиально новой экономической модели хозяйствования, в основу которой положена «Теория высокоэффективной национальной экономики». Данная модель является безинфляционной и кризисоподавляющей. По своей сути модель имеет чёткую социальную направленность, хотя не исключает рыночные отношения и частную собственность на средства производства. Переход национальной экономики на эту модель хозяйствования позволит уже в первые годы увеличить ВВП в несколько раз.

Ключевые слова: кризис, модель, национальная экономика, эффективность

Уже давно пришло время очень внимательно пересмотреть все основные принципы принятой на сегодняшний день модели хозяйствования. Скажем прямо, нам годами внушали экономические «постулаты», которые, как показала практика, не прошли проверку временем и проявили свою полную несостоятельность. Постоянные проблемы в «финансово-экономической» сфере свидетельствуют о том, что, несмотря на огромное количество экономистов, десятки и сотни всевозможных экономических теорий, тысячи учебников по экономике, выход из экономического тупика в рамках существующей в настоящее время экономической модели до сих пор не найден.

Что же происходит в экономике? Где искать ответы на злободневные экономические вопросы? Попутно заметим, что в большинстве естественных наук точные математические формулы могут быть использованы для прогнозирования того, что может произойти в будущем – как, например, один химический элемент будет вступать в реакцию с другим и что при этом образуется. Или, например, как критическая масса плутония поведёт себя при заданных условиях. В технических науках и инженерных дисциплинах можно совершенно так же точно рассчитать необходимую подачу насоса, мощность электрического двигателя, грузоподъёмность крана и т. п. Экономика, конечно, менее точная наука из-за наличия множества факторов объективного и субъективного характера. Это, прежде всего, наука социальная. Хотя здесь присутствуют и определённый математический расчёт, и человеческий фактор. Причём последняя составляющая, в конце концов, является определяющей. Кроме того, разные разделы экономики должны базироваться на разных соотношениях точных математических расчё-

тов и духовной составляющей (мораль, нравственность, этика, психология, религия, политика). Чем выше уровень экономики, тем шире там должна присутствовать духовная составляющая (человеческий фактор). В математических выкладках всё относительно ясно, а в человеческих отношениях ещё много неопределённостей. Почему один человек – эгоист, а другой – альтруист? Почему один хочет эксплуатировать другого? Почему у людей разные цели в жизни, разные моральные принципы? Наука пока даёт расплывчатые ответы на эти вопросы.

Вместе с тем, современные экономические теории продолжают основываться не на физических законах природы и не на точных инженерных расчётах, а всё так же на психологических предпочтениях граждан, причём не на самых лучших. Желание получать есть, а, с помощью каких методов получать желаемое, пока не всегда ясно.

Используя системный подход при построении модели экономики, необходимо было, прежде всего, чётко определить «узкое место» в существующей модели, ведущее к возникновению кризисов, а затем уже думать, как его устранить. Новая же экономическая модель должна учесть все негативные явления предшествующей модели и больше их не повторять.

После долгих лет скрупулёзного анализа возможных причин кризиса группой учёных-системотехников Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна был найден абсолютно точный ответ, который поначалу ошеломил даже нас самих... Непосредственной причиной кризиса оказалась... категория «прибыли», то есть «за что боролись, на то и напоролись». Но дальнейшие исследова-

ния окончательно убедили нас в правильности полученного ответа.

Так вот, вся схема «товарно-денежного» оборота сейчас построена на совершенно неправильном математическом алгоритме (вторичная составляющая экономики), который был внедрён в экономическую теорию определёнными людьми с совершенно определёнными целями (первичная составляющая экономики – человеческий фактор).

В качестве основополагающего стержня всей современной экономической системы, ради чего, собственно, надо работать и за счёт чего можно развивать предприятие и расширять бизнес, была принята категория «прибыли». Но эта категория может существовать только за счёт постоянной работы «печатного станка», что является причиной перманентной инфляции. Эта категория создаёт ситуацию, которая вынуждает людей прибегать к получению кредитов, затягивая, таким образом, процентную «удавку на их шеях», что никак не способствует развитию экономики в целом, а только тормозит её.

При детальном рассмотрении ситуация с «прибылью» выглядит таким образом, что «прибыль» одного субъекта предпринимательской деятельности всегда является «убылью» другого. Один – в плюсах, другой – в минусах. А общая мировая «прибыль» всех субъектов предпринимательской деятельности за год всегда равна нулю:

$$\sum_{i=1}^n \Pi_i = 0,$$

где Π_i – прибыль i -го субъекта предпринимательской деятельности;

n – общее количество субъектов предпринимательской деятельности.

То есть, если не будет постоянно работать «печатный станок», создавая новую «прибыль», система, в конце концов, остановится.

Как известно, в условиях свободной экономики основным лозунгом является девиз: «максимизация прибыли». Поэтому сторонники таких отношений ратуют за «прибыль» и направляют все свои усилия на поддержание искусственно установленного экономического порядка. Мы же уверены, что такая практика является ложной и антинаучной.

Таким образом, основная причина всех экономических проблем заложена в категории «прибыли». Будем условно эту причину считать «вторичной». Если исходить из того, что любое экономическое решение принимается

людьми, то, естественно, первопричиной кризисов будем считать несовершенство человеческой природы, которое не всегда позволяет принимать правильные решения в интересах всего человечества. Одно дело на словах говорить о демократии – и совсем другое осуществлять её на практике.

Историкам ещё предстоит разобраться, как так получилось, что нескольким экономистам (пусть даже нескольким десяткам экономистов) удалось ввести в заблуждение всю мировую общественность.

Кроме того, при существующей «прибыльно-финансовой» модели хозяйствования в обществе в погоне за «прибылью» проявляются самые негативные качества людей: жадность, подлость, стяжательство, сребролюбие, эгоизм. То, что ты монополист на рынке и «дерёшь с покупателей три шкуры», – это неважно, ведь ты же реализуешь главную цель предприятия, которая записана в уставе – получение «прибыли». Таким образом, существующая модель экономики никак не способствует развитию гуманизации и гармонизации общества.

Но никто даже не подозревает, что общество может совершенно великолепно работать без «прибыли», развиваясь при этом огромными темпами и не имея при этом никаких негативных явлений, присущих современной модели хозяйствования. Самое главное то, что будет отсутствовать дефицит денег и не нужны никакие кредиты. При этом остаются рыночные отношения и допускается частная собственность на средства производства. Не допустима только частная собственность на деньги.

Все ответы на, казалось бы, не решаемые ранее вопросы нашли своё отражение в «Теории высокоэффективной национальной экономики» и могут быть с огромной пользой использованы в интересах украинского государства.

Более подробно о вредном влиянии категории «прибыли» мы уже писали в работах [1–5]. Поэтому в данной работе мы остановимся на некоторых других принципах «Теории высокоэффективной национальной экономики».

Возвращаясь немного назад, отметим, что с переходом от административно-командной системы к рыночным отношениям была необоснованно скопирована западная экономическая модель, несмотря на то, что конец её был уже предопределён. Большинство отечественных экономистов бросились на разные голоса восхвалять свободное предпринимательство и рыночные отношения. Книжные прилавки бы-

ли завалены разными учебниками типа «экономикс». Западная экономическая модель стала слепо копироваться. И никто из отечественных экономистов толком не разобрался и не поднял вопрос о том, что западная экономическая модель уже давно «дышит на ладан». Появление новых рынков сбыта помогло ей просуществовать ещё некоторое время. Но результат, который мы имеем в настоящее время, вполне закономерен.

В связи с этим, первым делом необходимо в экономике коренным образом изменить «вектор целей». Главной целью деятельности предприятий предлагается установить не «получение прибыли», как того требует современная экономическая теория и принято в настоящее время, а – «принесение пользы обществу». Будет предприятие выпускать нужную людям продукцию по низким ценам, общество будет с радостью платить ему «звонкой монетой». Какая, например, польза обществу от банковских структур, которые выдают кредиты под огромные проценты, да ещё под залог с двойным покрытием? Когда люди кладут свои деньги в банк на депозит, они от банка никакого залога не требуют. А когда банк производит кредитование, то требует обеспечение возврата кредита. В случае его невозврата, к работе подключаются т. н. «коллекторы». Таким образом, «игра идёт в одни ворота». И эта «игра» называется «кредитно-финансовая система». Где же здесь научный подход?

Большая роль в экономике страны отводится системе налогообложения. Эта система должна собирать деньги в бюджет и одновременно способствовать развитию экономики. Любой перекоп приводит к негативным последствиям. Поэтому система налогообложения должна быть чётко сбалансирована. Вместе с тем, работоспособности экономики должен отдаваться приоритет. Будет работать экономика – будут и платежи поступать в казну. Сейчас же на вооружение взят вторичный принцип: главное – собрать побольше денег в бюджет. Поэтому налогами облагается всё, что может быть обложено. Но ведь понятно, что от большего количества налогов денег в бюджете больше не станет. С людей нельзя больше взять, чем им дать. Важно не количество налогов, а их качество.

В технических системах, как известно, улучшение одного параметра в нужном для потребителя направлении приводит, как правило, к ухудшению остальных параметров [6–7]. То же самое происходит и в экономике. Почему

принятая система налогообложения об этом ничего не знает?

Налог на «прибыль» должен быть как можно быстрее уничтожен как пережиток прошлого. То же самое касается налога на добавленную стоимость и подоходного налога с физических лиц. Подоходный налог только способствует снижению платёжеспособного спроса.

Цена товара должна заранее гарантировать финансовую возможность его реализации (при условии, естественно, что он нужен обществу) без необходимости получения кредита. Так как товар могут купить разные группы потребителей (непосредственно работники самого предприятия, производящего товар, работники других предприятий, служащие бюджетных организаций, пенсионеры), то необходимо, чтобы цена товара включала все эти доли. Так, например, чем больше в стране бюджетников и пенсионеров, то соответствующая доля составляющей цены товара должна быть тоже больше.

Таким образом, вместо целого ряда существующих налогов, таких как «налог на добавленную стоимость», «налог на прибыль», «социальный налог», «подоходный налог» предлагается один-единственный налог – на «денежный эквивалент труда». Можно сказать, что этот налог является комплексным, так как уже учитывает все положительные и отрицательные результаты хозяйственной деятельности предприятия. По нашим предварительным расчётам величина этого налога должна не превышать 35...40 % от величины «денежного эквивалента труда». И в дальнейшем должна иметь тенденцию к понижению. Как будет видно из дальнейшего текста работы, уменьшая таким образом налоговую нагрузку на предприятия, мы увеличим поступление денег в бюджет.

Услуги внешних организаций (экзогенная составляющая) и ДЭТ (эндогенная и экзогенная составляющие) представляют собой полную стоимость (цену) продукции. Категория же «себестоимости» теряет свой первоначальный смысл и оказывается в данной модели лишней. Окончательная стоимость (цена) товара должна складываться из общих экзогенных и эндогенных затрат. Денежный эквивалент труда включает в себя зарплату и единый налог, поступающий в бюджет.

Ещё раз подчеркнём, что для того чтобы «товарно-денежная» система эффективно могла функционировать, уже в структуре цены любого товара должна быть обязательно предусмотр-

рена потенциальная возможность его реализации.

Таким образом, цена товара должна складываться из трёх составляющих:

$$Ц = А + Б + В,$$

где **А** – оплата внешним (экзогенным) организациям (топливо, энергоносители, сырьё, материалы, комплектующие, связь, канцтовары, научно-технические разработки и т. п.);

Б – общая зарплата работников трудового коллектива предприятия (эндогенная составляющая);

В – налог (экзогенная составляющая).

Формула цены товара представляет собой в миниатюре модель хозяйственно-финансовой деятельности предприятия за некоторый период деятельности.

Сумма составляющих частей **Б** и **В** представляет собой «денежный эквивалент труда» (ДЭТ), т.е. труд работников данного предприятия, выраженный в денежной форме, и налог.

Таким образом, налогообложению подвергается та часть выручки, которая остаётся после оплаты стоимости товаров и услуг, полученных от сторонних организаций и оплаченных в первую очередь.

Составляющая **В** должна поступать в бюджет одновременно с выплатой зарплаты **Б**. Между этими составляющими должна быть жёсткая прямо пропорциональная зависимость. Зарплату можно получать по частям хоть каждый день, но и налог должен уплачиваться так же.

Таким образом, вместо всех существующих налогов должен быть один-единственный налог на «денежный эквивалент труда», уплачиваемый одновременно с выплатой заработной платы. Этот налог является обязательным для всех субъектов предпринимательской деятельности. Его уплачивает только работодатель. Все сотрудники предприятия, получающие заработную плату, никакие налоги со своей зарплаты государству платить не обязаны. Они поменяли свой труд на зарплату и ничего никому не должны. Теперь их задача скорее поменять деньги на товар. Вот когда они купят необходимый для себя товар, а владелец товара решит выплатить своим работникам заработную плату, вот тогда часть этих денег и будет уплачена в бюджет в виде налога на «денежный эквивалент труда».

Абсолютные величины зарплаты или стоимости товаров по сути дела не имеют никакого значения. Важно, чтобы эти величины были бы тождественно равны. Самое главное, чтобы эти

величины не устанавливались сверху, как это было во времена плановой экономики, и не зависели от монополистов, а определялись бы общественными возможностями через рыночные механизмы.

На рис. 1 представлены упрощённые схемы формирования цены товара.

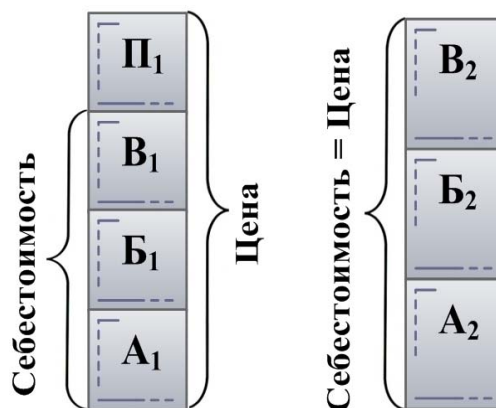


Рис. 1. Сравнительные упрощённые схемы формирования цены товара при существующей модели экономики (1) и предлагаемой модели экономики (2):
А₁ и **А₂** – оплата за товары и услуги сторонним организациям;
Б₁ и **Б₂** – заработная плата;
В₁ – все налоги, входящие в цену товара;
В₂ – налог на «денежный эквивалент труда»;
П₁ – прибыль.

Владелец предприятия вместо «дивидендов» должен получать так же, как и наёмные работники, только заработную плату. Размер заработной платы предприниматель должен устанавливать себе самостоятельно. Предприниматель – это не просто владелец предприятия, это «VIP-работник». Он организовал дело, вложил инвестиции, взял на себя ответственность, и поэтому он имеет право на такую величину заработной платы, какую позволяет ему совесть и общий фонд заработной платы. Вложение денег в основные средства даёт возможность их владельцам получать более высокую заработную плату. Причём здесь надо учитывать то обстоятельство, что, если владелец предприятия будет неэквивалентно платить себе и своим работникам, то они, либо просто перейдут работать на другое предприятие, либо организуют своё собственное дело. Кроме того, основные средства, принадлежащие собственнику, могут быть проданы. Выручка от продажи основных средств должна полностью принадлежать собственнику. При нормальном протекании производственного процесса, зарплата владельца основных средств производства может многократно

отличаться от средней заработной платы на предприятии.

Таким образом, общая величина зарплаты на предприятии должна определяться по следующей формуле:

$$B = B_1 + B_2,$$

где B_1 – оплата труда наёмных работников предприятия;

B_2 – оплата труда владельца (владельцев) предприятия.

Соотношение между B_1 и B_2 может оговариваться в коллективном договоре.

Величину B первоначально устанавливает само предприятие, исходя из имеющихся возможностей, а рынок в дальнейшем вносит свои коррективы в ту или иную сторону. Поэтому составляющая B носит переменный характер. Она может увеличиваться или уменьшаться. Следует учитывать, что, уменьшаясь в абсолютном плане (как составляющая цены товара), она может увеличиваться в относительном плане (как рост количества продаж). Цена товара должна быть свободная. Цена труда тоже должна быть свободная.

Задача предприятия минимизировать величину A и максимизировать величину B (величина B максимизируется автоматически с величиной B).

Зарплату необходимо выдавать только после получения оплаты за проданный товар. Налог должен уплачиваться параллельно с выплатой заработной платы. Никакой налог до поступления денег за проданный товар уплачиваться не должен. Получает человек заработную плату – предприятие уплачивает налог, не получает заработную плату – налог не уплачивается. Единственным временным критерием уплаты налога должен стать момент выплаты заработной платы. Чем чаще платится зарплата, тем чаще платится и налог. Вместе с тем, должен быть на законодательном уровне обязательно закреплён максимально допустимый срок между выплатами заработной платы.

Наличные деньги должны сниматься со счетов предприятий только на заработную плату или на командировочные расходы. Любой другой съём наличных денег должен быть запрещён. Лучше всего использовать электронные зарплатные карточки. Предприниматели, работающие за наличный расчёт, должны сами декларировать свои доходы и самостоятельно платить налоги.

Цена товара не должна являться чем-то таким, что присуще только одному товаропроиз-

водителю. Она должна учитывать не только интересы товаропроизводителя, она должна включать в себя и интересы общества. Иными словами, цена товара должна складываться как из составляющей, принадлежащей предприятию (зарплата), так и из составляющей, принадлежащей обществу (налог). Причём эти составляющие должны быть жёстко связанными между собой. Чем больше зарабатывает человек, тем больше должно получать и государство. Таким образом, государство должно быть заинтересовано в том, чтобы люди больше зарабатывали, и создавать для этого необходимые условия. Государство же будет «богатеть» вместе с гражданами.

Развитие частного предприятия должно осуществляться только за счёт заработной платы владельцев. Если для развития предприятия были взяты беспроцентные займы, то они погашаются тоже только за счёт заработной платы владельцев. Частное предприятие – это такая же вещь, как и телевизор, холодильник, машина или квартира предпринимателя. Всё это покупается за счёт зарплаты. В случае продажи предприятия или отдельной его части, например, оборудования, владелец налог не платит. Они уже были уплачены ранее. Для лучшего контроля доходов, каждый человек может быть владельцем только одного предприятия (в редких случаях – нескольких), на котором он получает зарплату, но это предприятие может заниматься разными видами деятельности.

Каждый человек может вкладывать в общее дело имеющийся у него ресурс. Ресурсом могут быть деньги, здания, оборудование, «ноу-хау», трудовые и профессиональные навыки или творческие способности человека (интеллект). Последнее является очень важным, но недооценённым пока ресурсом человека. По сути дела это его частная собственность, имеющая подчас довольно высокую стоимость. Одним словом, каждый человек «должен знать себе цену» (цену своим способностям).

Хорошо известно, что деньгам придали такую функцию как «накопление» и «сбережение». К тому же существуют категории людей, которые получают значительно больше денег, чем им требуется для нормальной жизни. Поэтому часть этих денег изымается из оборота и оседает на руках многих граждан. Такая ситуация зачастую приводит к нехватке денежных средств в обороте.

Для устранения такого явления ещё в конце XIX века экономист Сильвио Гезелль предло-

жил систему, позволяющую облагать неиспользованные деньги платой за «простой» [8–9]. В ряде городов эта система была успешно реализована. Наиболее удачным оказался эксперимент в австрийском городе Вёргль. Вкратце, суть этого исторического эксперимента состояла в следующем. В 1932 году бургомистр Вёргля, вдохновлённый идеями Гезелля, убедил предпринимателей и управленческий состав в необходимости проведения эксперимента с деньгами. Численность населения города на то время составляла около 3000 граждан. Горожане не возражали против того, чтобы магистрат выпустил бы в оборот 5000 «горячих» бонов, которые были бы обеспечены такой же суммой обычных австрийских шиллингов, находящихся в банке. Эти боны использовались для выплат заработной платы, а предприниматели и коммерсанты обязаны были принимать их в качестве оплаты за товар и услуги. За пользование бонами была введена плата в размере 1% в месяц. Плата должна была вноситься теми субъектами, у которых банкнота оказывалась в конце месяца. Плата подтверждалась специальной маркой, которая приклеивалась на обратной стороне банкноты. Эта марка давала возможность использовать банкноту в течение следующего месяца. Сам термин «горячие» говорил как бы о том, что такие боны «пекут» руки и от них надо скорее избавляться. Поэтому все старались как можно быстрее рассчитаться такими банкнотами. Горожане даже налоги уплачивали раньше положенного срока, лишь бы избежать дополнительной платы за пользование деньгами.

Таким образом, в течение одного года 5000 «горячих» бонов совершили 463 полных цикла. В общей сложности ими было оплачено за товары и услуги 2,3 млн. (5000 x 463) шиллингов, в то время как обычный шиллинг успел обернуться только 213 раз. Именно в тот период времени, когда многие страны боролись с ростом безработицы, в Вёргле она снизилась на 25%. Данным экономическим экспериментом заинтересовалось более 300 общин в Австрии и в других странах. Но этот успешный эксперимент, к сожалению, через год был остановлен, так как Австрийский Национальный банк предъявил своё эксклюзивное право на выпуск денег. Длительные судебные разбирательства в высших инстанциях ни к чему не привели. Монополизм банковской системы уничтожил все позитивные стороны этой экономической модели.

Таким образом, эксперимент, проведенный Сильвио Гезеллем, подтверждает, что деньги не должны «застаиваться», они должны быть в постоянном движении.

Нормально функционирующая экономика – это такая экономика, когда люди получают зарплату и сразу же её тратят. Чем быстрее тратят, тем лучше работает экономика. Люди – это не «трудовые ресурсы», как их сейчас принято называть, а это потенциальные покупатели продукции. В микроэкономике заработная плата всегда ошибочно считалась «издержками производства», которые принято снижать. Но, снижая эту статью «издержек», мы тем самым снижаем и покупательную способность граждан. Откуда же людям ещё брать деньги для приобретения товаров, как не из заработной платы? Чтобы они могли их покупать, они должны иметь соответствующий денежный эквивалент в виде заработной платы. Кроме того, людям ведь нужны не деньги сами по себе, а различные блага в виде товаров и услуг. Главная задача правительства создавать условия для быстрой оборачиваемости денег в стране. Поэтому зарплату на предприятиях надо выдавать три-четыре раза в месяц. Важно ведь не то, сколько денег есть в стране, а важно то, с какой скоростью они вращаются. Необходимо добиться того, чтобы «товарно-денежная» система в стране работала, выражаясь терминологией физики, как «большой финансовый коллапдер», позволяющий разгонять деньги в национальной экономике до максимально возможных скоростей. Все причины, мешающие быстрой оборачиваемости денег, должны быть устранены.

Деньги носят общественный характер. Они нужны для нормального функционирования национальной экономики. Заработанные деньги надо быстро тратить, а то будет медленное движение «товарно-денежной» массы. Поэтому любое их изъятие из оборота имеет пагубные последствия. Когда же деньги попадают в частные руки, то люди почему-то считают их уже не «общественными», а своими «личными». И очень любят откладывать их на «чёрный день», накапливать для приобретения крупной покупки, класть на депозит или просто собирать без всякого умысла. Таким образом, деньги просто изымаются из оборота и тормозят развитие экономики.

Одной из основных причин замедленного движения денег в Украине является большой перекос между «богатыми» и «бедными» категориями граждан. В советское время все пред-

приятия принадлежали государству. Товары, производимые на этих предприятиях, тоже принадлежали государству. Деньги от продажи этих товаров также принадлежали государству. Теперь предприятия частные, товары частные. Деньги от продажи этих товаров принадлежат владельцам частных предприятий, а они их плохо тратят. «Бедные» же являются хорошими потребителями. Они тратят все деньги на покупку товаров, живут, так сказать, «от зарплаты – до зарплаты». Поэтому для них спрос стимулировать не надо, он и так есть. А вот «богатые» и «очень богатые» являются плохими потребителями. У них денег столько, что они даже не могут их потратить. Не будет же человек покупать себе, например, сто машин или сто квартир. Он купил себе столько, сколько ему нужно, и всё. И не будет же он за день съесть, например, тонну еды и т. п. Есть же определённые физиологические возможности организма. А деньги тем не менее всё продолжают поступать... Таким образом, на одном «полюсе» есть желание покупать, но нет возможностей, а на другом «полюсе» – есть возможности покупать, но нет желания. И, кроме того, «богатые» с «бедными» делиться не хотят. Что делать в такой ситуации? Мы считаем, что в такой ситуации должен быть обязательно введён дополнительный налог на «неиспользование денег». И если кто-то изымает их из оборота, он таким образом не только тормозит развитие общественной экономики, но и наносит ей урон. Поэтому деньги, которые не «движутся», должны облагаться дополнительным ежемесячным налогом. Этот налог будет являться «вторичным», так как налогообложению подлежат уже ранее обложенные налогом деньги, которые не были потрачены в течение одного месяца. Размер налога должен быть не менее 5%. Причём этот налог должен быть постоянным (многоразового действия – «вечный двигатель»), но не обязательным. Тот, кто хорошо тратит деньги, тот его не платит вообще. Можно покупать товары и услуги, развивать свой бизнес и, таким образом, его не платить. Такая функция денег, как накопление, должна уйти в небытие. Если же человек всё же хочет иметь запасы на «чёрный день», то он может поменять деньги на государственные облигации, отдав таким образом деньги государству, которые поступят в «технический» оборот, а при необходимости в любой момент произвести обратную операцию – поменять облигации на деньги. Размещение же свободных денег на депозитных счетах банков под проценты – это прямой путь в экономический «тупик». Таким образом, спрос нужно

стимулировать для богатых. И делать это надо путём обложения налогом остатков денег на их счетах.

Что касается величины денежной массы, то количество наличных денег в обороте должно быть сокращено до минимума. В большинстве случаев оплата за товар должна осуществляться при помощи пластиковых зарплатных карточек. Это поможет бороться с коррупцией и взяточничеством. Поэтому в наличном обороте должны быть только монеты (пускай даже и крупного номинала) и мелкие бумажные деньги. Мешок с монетами сложнее скрыть, чем дипломат с бумажными деньгами крупного номинала. Кроме того, монеты меньше изнашиваются, чем бумажные деньги и их значительно сложнее подделывать. Хождение в обороте наличного доллара или любой другой валюты должно быть запрещено, так как сопутствует существованию «теневого рынка».

Люди, как правило, не любят платить налоги, особенно если не известна их дальнейшая судьба, – такова природа человека. Здесь государство должно вспомнить золотое правило нравственности: «поступай по отношению к другому так, как ты бы хотел, чтобы он поступал по отношению к тебе». Поэтому такому их нежеланию это делать государство должно противопоставить не жёсткое наказание, а сделать такое предложение, «от которого они не смогут отказаться», – возможность предоставления беспроцентных займов на возвратной основе. То предприятие, которое хорошо платит налоги, должно всегда иметь право получить беспроцентный заём. Т.е. предприятие заплатит налог, но деньги у него для работы будут всегда. В такой ситуации все только будут выигрывать. Государство будет собирать налоги, а у предприятий будут деньги для работы и развития, т.е. оно не будет «обесточено». Теневая экономика сократится до минимума.

Классики марксизма-ленинизма были абсолютно не правы, выступая против частной собственности на средства производства, куда более опасными являются частная собственность на деньги и проценты по кредитам.

Важнейшим пунктом переосмысления современной «финансово-экономической» системы должно стать пониманием того, что деньги, как таковые, никак не являются предметом богатства, это только средство для взаиморасчетов. Деньги могут быть временным ресурсом для отдельного человека, но для государства, которое их печатает, национальные деньги ресурсом не являются. Им специально придали такой статус и внедрили этот штамп в общест-

венное сознание, чтобы банковские структуры могли обогащаться, занимаясь ростовщичеством. Таким образом, современная финансовая система является аморальной, а, следовательно, некрасивой и нефункциональной. Это то же самое, что назвать ресурсом воздух (воздушную оболочку Земли) и передать право на его владение в частные руки некоторых дельцов, и платить им только за то, что мы дышим воздухом, без которого сама жизнь, собственно, не возможна. Является ли, например, ресурсом песок в пустыне или снег на полюсе?

По сути дела деньги являются таким же «техническим ресурсом», как и обычные алюминиевые или пластмассовые жетончики («номерки») в театральном гардеробе, которые просто временно выполняют функцию идентификатора хозяина сданной в гардероб вещи. Они никак не равноценны вещи, не обладают никакой внутренней ценностью и не могут в случае их утраты выступать причиной её невозврата. То же самое касается и таких же жетончиков в камерах хранения ручной клади на вокзалах. Но деньги до сих пор по старинке продолжают наделять какими-то особыми свойствами, что совершенно недопустимо.

Сами по себе деньги никому не нужны, если нет их товарного обеспечения. Кому, например, нужны деньги на необитаемом острове. Людям нужна пища, одежда, жильё, а не деньги. Деньги не должны быть ни богатством, ни капиталом, ни товаром. Они должны быть обычным «технологическим инструментом», значительно упрощающим товарообменные операции. В настоящее время при принятых правилах игры банковская система сильно тормозит движение денег.

Если двигаться всё глубже и глубже к первопричине всех возможных кризисов: социальных, экономических, политических, экологических – от одной причины к другой – её породившей, то, в конце концов, мы придём к основной причине всех причин – несовершенной природе человека.

Новая модель хозяйствования должна обязательно функционировать при параллельном развитии человеческой личности, так как даже высокоразвитое производство, в конце концов, сможет погибнуть из-за несовершенства человеческой природы. Поэтому на первом месте должна стоять эффективность человеческого развития. Если будут высокосоциальные люди в государстве, то и с экономикой всё будет в порядке.

Почему все экономические теории крутятся всё время вокруг «прибыли». Учитывая иждивенческие настроения людей, обладая тонким знанием психологии человеческого характера, устроители современной модели экономики хорошо всё продумали. Только дело в том, что такое положение может длиться до тех пор, пока появляются новые свободные рынки сбыта. В настоящее время свободные рынки закончились. Денег на покупку товаров всё время не хватает, потому что мировая зарплата (часть) не равна мировой цене продукции (целое). А тайная функция «прибыли» именно и заключается в стимулировании предприятий и людей в связи с этим брать кредиты.

Сама по себе развитая экономика ещё ни о чём не говорит. Она вся может погибнуть в один момент. Поэтому очень важно, чтобы развитие человека, гармонизация его с природой, повышение его уровня сознания шли опережающими темпами по сравнению с развитием экономики. Духовный «ВВП» должен опережать ВВП материальный.

Вместо категории «прибыль» предлагается ввести категорию «польза». Совершив таким образом переход от «количества к качеству». От «экономики эгоизма» – к «экономике альтруизма».

Предлагаемая в данной теории система налогообложения предусматривает только два вида налогов. Первичный налог (налог на «денежный эквивалент труда») и вторичный налог (налог на «неиспользование имеющихся денег»). В обоих случаях налогообложению подвергаются только денежные средства. Система налогообложения, тормозящая развитие экономики, скорость движения денежных потоков, должна быть полностью изменена. Налог на роскошь, например, является только одним из способов немножко пополнить казну, но он никак не способствует развитию экономики, так как только тормозит скорость оборота денег в стране – не стимулируя «богатых» приобретать очередную дополнительную роскошь. Но в казне деньги тоже не должны задерживаться, а должны моментально распределяться по соответствующим статьям расходов.

Таким образом, уменьшая «сечение налогового трубопровода» (снижая налоговую нагрузку на предприятия) и повышая скорость оборачиваемости денег, мы создаём благоприятные условия для эффективной работы предприятий и интенсивному поступлению налогов в бюджет.

Считаем, что для Украины акцент надо делать на собственные силы. Для этого надо сти-

мулировать научно-технические кадры, потенциальные возможности которых не ограничены. Рекомендуются разумная автаркия, в международной торговле – только бартерные отношения. Для того, чтобы что-то импортное купить, надо что-то отечественное продать. Нечего продавать, значит, не надо ничего покупать. А брать импортные кредиты, чтобы за них же покупать импортные товары – это путь в никуда. Такая практика наносит только вред национальной экономике, и от неё надо отказываться. Что касается международного сотрудничества, то для Украины интеграция в мировую экономику – дело очень опасное. Там игра идёт по правилам, которые установлены не в наших национальных интересах.

Самая сложная задача состоит в том, чтобы довести правильность своих идей до понимания их специалистами, воспитанными на традиционных экономических принципах. Новая научная экономическая терминология ещё не сложилась, а объяснять при помощи старых терминов новые экономические положения и принципы, особенно когда речь идёт о смене экономических парадигм, не совсем удобно.

Таким образом, в Днепропетровском национальном университете железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна разработана научно обоснованная модель высокоэффективной национальной экономики. Модель опирается на разработанную также в университете «Теорию высокоэффективной национальной экономики». В основу предлагаемой теории положены совершенно иные принципы функционирования экономики, в отличие от экономических принципов, принятых к использованию в настоящее время. Предлагаемые принципы являются не просто кризисоподавляющими и безинфляционными, они позволяют во много раз увеличить потенциальные возможности нашей национальной экономики. Данная модель ещё на практике в полном объёме никогда не использовалась. Но уже результаты имитационного моделирования предлагаемого алгоритма хозяйствования позволяют судить о её неограниченных потенциальных возможностях. Уже в первые годы после перехода на данную модель хозяйствования производство реального ВВП в стране сможет увеличиться в несколько раз.

Мы даже не сравниваем между собой обе модели, так как они в основе своей имеют совершенно разные цели. Цель одной – «наводить тень на плетень» и, пока есть возможность, со-

бирать «сливки» в ущерб основной массы людей. Цель другой – сделать для всех чётким и ясным рыночный хозяйственный механизм и создать условия для максимального творческого развития человеческого потенциала и материальной базы общества в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Мямлин, В. В. О деньгах, прибавочной стоимости и прибыли [Текст] / В. В. Мямлин // Здоровая мысль. – 2007. – № 1. – С. 8 – 9.
2. Мямлин, В. В. Существующая прибыльно-финансовая модель хозяйствования – основная причина кризиса мировой экономической системы и краха финансовой системы [Текст] / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 25. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 241–247.
3. Мямлин, В. В. Теория бесприбыльной альтернативной экономики как основа нового экономического мировоззрения [Текст] / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 26. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 222–230.
4. Мямлин, В. В. К вопросу о категории прибыли [Текст] / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 29. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 268–279.
5. Пшинько, А. Н. Повышение уровня системности экономики – основной путь выхода из кризиса [Текст] / А. Н. Пшинько, В. В. Мямлин, С. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2011. – Вип. 36. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2011. – С. 275–283.
6. Половинкин, А. И. Основы инженерного творчества [Текст] / А. И. Половинкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
7. Шаповалов, Е. А. Общество и инженер [Текст] / Е. А. Шаповалов. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. – 183 с.
8. Гезелль, С. Естественный экономический порядок [Электрон. ресурс] / С. Гезелль. – Режим доступа: http://rapidshare.com/files/189620578/Silvio_Gesell-The_Natural_Economic_Order.pdf.html
9. Кеннеди, М. Деньги без процентов и инфляции. Как создать средство обмена, служащее каждому [Электрон. ресурс] / М. Кеннеди. – Режим доступа: http://malchish.org/lib/economics/kennedi_bez_procentov.html

Поступила в редколлегию 22.11.2011.

Принята к печати 01.12.2011.

О. М. ПШІНЬКО, В. В. МЯМЛІН, С. В. МЯМЛІН

ПЕРЕХІД НА МОДЕЛЬ ВИСОКОЕФЕКТИВНОЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ – РЕАЛЬНИЙ ШЛЯХ РІШЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОБЛЕМ У ГОСУДАРСТВІ

Показано окремі положення принципово нової економічної моделі господарювання, в основу якої покладено «Теорію високоефективної національної економіки». Дана модель є безінфляційною та кризоподавляючою. За своєю суттю модель має чітку соціальну спрямованість, хоча не виключає ринкові відносини і приватну власність на засоби виробництва. Перехід національної економіки на цю модель господарювання дозволить вже у перші роки збільшити ВВП у декілька разів.

Ключові слова: криза, національна економіка, модель, ефективність

A. N. PSHIN'KO, V. V. MYAMLIN, S. V. MYAMLIN

TRANSITION TO A MODEL OF HIGH EFFICIENT NATIONAL ECONOMY – A REAL WAY FOR SOLVING ECONOMICAL PROBLEMS IN A STATE

Some particular basics of fundamentally new economic management model based upon "The theory of high efficient national economy" are shown. The model is non-inflationary and anti-crisis. As a matter of fact, the model has clear social purpose but at the same time it includes market relations and private property on production means. The acceptance by national economy of the proposed model in the first several years will allow increasing the GDP by several times.

Keywords: crisis, model, national economy, efficiency

ОСНОВНІ ЕТАПИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ОБЛІКУ ВИТРАТ

Про важливість витрат свідчать ще історичні пам'ятки публічної звітності та обліку витрат первісного суспільства. Знання про витрати беруть свої витoki з теорії вартості. Основи сучасного бачення витрат були закладені в ХІХ столітті. Поштовхом до подальшого вивчення витрат були зростаючі потреби виробництва. Витрати є об'єктом управління та показником результативності господарської діяльності підприємства.

Ключові слова: витрати, історичні етапи, теорія витрат

Постановка проблеми

Наукові дослідження будь-яких процесів та явищ доцільно розпочинати із вивчення історії їх виникнення. Заради отримання нових знань науковці все частіше звертаються до важливих подій минулого, тому що дослідження історії свідчить про ступінь розвитку науки. Історія бухгалтерського обліку витрат пробуджує інтерес до їхнього вивчення і дослідження, поглиблює знання і дає можливість краще зрозуміти сучасні тенденції розвитку витрат.

Аналіз останніх досліджень

Історичний аспект еволюції витрат як облікової категорії достатньо широко висвітлений в обліково-економічній та навчально-методичній літературі. Серед зарубіжних вчених, які досліджували ці питання, можна назвати наступних: Е. Бем-Баверк, Г. Бридж-Бей, С. Брю, П. Буагільбер, Ван Бреда, Л. Вальрас, Ф. Візер, Ч. Гаррисон, В. Джевонс, К. Друрі, Г. Емерсон, Дж. Кларк, Ч. Кнопфель, Т. Клінштейн, К. Макконел, К. Маркс, А. Маршалл, К. Менгер, Л. Нападовська, Паксти, В. Парето, У. Петті, Г. Плаут, М. Портер, В. Раутенштраух, Д. Рікардо, Дж. Рис, К. Руммель, Дж. Сигел, А. Сміт, Спенсер А. Такер, Ф. Тейлор, Х. Фольмут, Дж. Фостер, А. Хаггінс, Дж. Харріс, Е. Хендриксен, Ч. Хорнгрен, Дж. Шанк, Дж. Шим, О. Шмаленбах, Р. Єнтоні, А. Яругова.

Різноманітні питання теоретичного і практичного характеру стосовно витрат розглядали такі вітчизняні та російські науковці, як Н. Андрющенко, П. Атамас, О. Бородкін, Ф. Бутинець, Б. Валусь, А. Герасимович, С. Голов, М. Грецак, З. Гуцайлук, І. Давидович, З. Задорожній, В. Іваненко, Г. Кірейцев, С. Котляров, О. Коцюба, Ю. Кравчук, Я. Крупка, О. Крушельницька, М. Кужельний, А. Кузьмінський, В. Ластовецький, В. Лебедев, В. Лінник, Б. Литвин, Г. Ляхович, О. Олійник, О. Павелко, М. Пушкар, Г. Савицька, Є. Слуцький, В. Соїнський, М. Скрипник, Я. Соколов, В. Сопко,

О. Трухан, А. А. Турило, А. М. Турило, І. Фаріон, Ю. Цал-Цалко, А. Череп, М. Чумаченко, С. Шкарабан, Ю. Шумило, Ю. Яковлев.

Незважаючи на те, що дослідженню витрат присвячена значна увага, проте, у більшості випадків здійснюються наукові розробки, присвячені термінології і методиці обліку, а питання щодо історичного аспекту розвитку витрат і дослідження змісту поняття «витрати» постійно потребують додаткового розгляду.

Метою статті є дослідження обліку витрат як історичної категорії, проведення аналізу підходів до вивчення поняття, розкриття їх значення на різних етапах розвитку суспільства.

Виклад основного матеріалу

Історія розвитку наукової думки про витрати має багато етапів. У різні історичні періоди, починаючи із стародавніх часів і закінчуючи сьогоденням, вивченню сутності витрат завжди віддавали належну увагу. Узагальнюючи інформацію щодо історії еволюції обліку витрат, на підставі роботи [1] можна виділити п'ять етапів розвитку знань про витрати:

1. Відстежування, облік і контроль витрат на державному рівні (XXVIII – IV ст. до н.е.);
2. Зародження публічної звітності про витрати (III – II ст. до н.е.);
3. Здійснення спроб розкрити суть поняття «витрати», поява різних теорій економічної сутності витрат (XV – XIX ст.);
4. Вивчення витрат як об'єкту обліку, аналізу і контролю, використання математичних методів в теорії витрат, дослідження поведінки і функцій витрат (XX ст.);
5. Виникнення нового напрямку дослідження – оперативне, а потім і стратегічне управління витратами (кін. XX – поч. XXI ст.).

1 етап. На першому етапі формується найпростіше уявлення про витрати та їх роль у веденні господарства. Зародки поняття «витрат» та відображення їх в обліку, що стало підґрунтям для проведення подальших досліджень

сформувались ще в стародавніх країнах: в Єгипті у 2500 р. до н.е. відбувалось використання кошторисів і контроль за їх виконанням, нормуванням, складання щоденних письмових звітів про витрати. Потім у Вавилоні у 2200–2150 рр. до н.е. – використання зведених нарядів на виконання робіт, розподіл витрат на заробітну плату за видами та категоріями робітників, здійснення планування (нормування) та контролю витрат на оплату праці.

За результатами досліджень Г. Брідж-Бея, за 3623 р. до н.е. в управлінні фараона Менаса (стародавній Єгипет) «писарі записували за допомогою легких стилетів на гладенькому папірусі численні операції домашнього господарства фараона, точно визначали всі витрати свого повелителя». Слід додати, що в Єгипті та Вавилоні здійснювалося нормування витрат. Норми витрат визначалися розрахунково-дослідним шляхом і охоплювали основні ресурси населення. Особливо встановлювали норми накладних витрат, залежно від видів продукції. Збережені дані промислового обліку показують, що калькуляції в ті часи не було. В промисловому виробництві результати господарської діяльності визначалися в цілому по підприємству шляхом порівняння всіх витрат зі всіма доходами. За Геродотом, на піраміді Хеопса вирізано, скільки часнику, редьки та інших продуктів було видано людям, зайнятим на будівництві піраміди, загальна вартість якої становить 1500 талантів. Особливістю того часу є те, що враховувалися лише витрати предметів споживання – продуктів. Вартість будівництва Парфенону, згідно зі звітом, вирізаному на його стіні, становить 469 талантів. Про те, що в стародавні часи чітко відслідковували і обліковували витрати свідчить і Біблія, де в книзі «Вихід» перелічуються всі витрати, які були понесені для будівництва скинії заповіді. У «Законах Ману» містяться постанови, пов'язані з порядком здійснення державних витрат. Радник індійського царя Чандрагупти I – Каутілья у трактатах «Артхашастра» пише, що ціна товару на ринку складається не тільки з витрат на виробництво, а й з торговельних витрат. Виразник економічних ідей стародавнього конфуціанства Сюнь-цзи вважав, що основним принципом економічної політики держави має бути економія у витратах. У трактаті «Землеробство» М. Порцій радить власникам маєтків мати менше обладнання, щоб не робити зайвих витрат [1].

Тривалий час використовувались описи, списки, реєстри, іменні списки видачі продук-

тів як переліки об'єктів витрат. У документах фіксували використання сировини, витрати робочого часу у людино-днях, вихід продукції. Облікові одиниці були різноманітними. Наприклад, виготовлену цеглу обліковували в одиницях об'єму і поштучно. У суднобудуванні мірою вважали місткість судна, у металообробці – масу виробу.

В XV ст. до н.е. в Єгипті почало застосовуватись державне рахівництво – ведення облікових книг і складання звітності за державними доходами та видатками.

2 етап. У Греції (III ст. до н.е.) були започатковані основи складання сучасної фінансової звітності, яка ґрунтується на паралельному відображенні доходів і складаються з чистих (торгівля, реклама) та додаткових витрат від різних видів діяльності.

Поточний облік затрат проводили у вигляді хронологічного запису. З метою звітності за хронологічним реєстром робили рекапітуляцію (систематичне рознесення всіх хронологічних записів), яка привела до появи методу – рахунку. На даному етапі також відбувалось нормування витрат і доходів.

В Афінах працювали спеціальні чиновники і контролери, обов'язком яких було ведення обліку та складання звітів про доходи і видатки держави.

Аналізуючи дані історичні факти, можна зазначити: незважаючи на те, що в обліку витрат було здійснено певні досягнення, все ж таки існувало багато нерозкритих облікових таємниць, адже не було рахунків витрат, не склалися оборотні відомості, дані балансу не узагальнювалися [4].

На перших двох етапах розвитку чіткого визначення категорії витрат не існувало. Витратами вважалися ресурси, які використовувалися у процесі господарської діяльності (праця, матеріали) і слугували об'єктом обліку на державному рівні.

3 етап. Цей етап розвитку характеризується значними внесками у дослідження витрат. Зокрема поняття витрат і уявлення про них розвивались в таких працях відомих вчених економістів, як теорія затрат А. Сміта та Д. Рікардо, теорія трудової вартості К. Маркса, вчення про справедливую ціну У. Петті та інших.

У світовій економічній науці виникають дві основні теорії, у центрі уваги яких перебуває показник витрат. До них належить трудова теорія вартості та теорія граничної корисності. Всі інші теорії є певного виду модифікаціями кожної із них.

Засновникам трудової теорії вартості вважають У. Петті та П. Буагільбера. До проблеми визначення вартості У. Петті підійшов із позиції пропорційного обміну, що визначається витратами праці на виробництво товарів і залежить від її продуктивності в різних галузях.

Теорія граничної корисності (суб'єктивно-психологічна теорія вартості) є другим підходом до розуміння вартості і витрат виробництва. Її представники (К. Менгер, В. Джевонс, Л. Вальрас, Е. Бем-Баверк, Ф. Візер, В. Парето) вважали неприйнятним зведення вартості до витрат праці або трьох факторів виробництва. На їх думку, вартість визначається ступенем корисності результату, зокрема, на думку Е. Бем-Баверка «... цінність речі вимірюється величиною граничної корисності цієї речі». Дана теорія ігнорує виробництво товарів та значення витрат виробництва.

Спільною рисою для теорій трудової вартості і граничної корисності є трактування виробничого процесу як взаємодії трьох основних його факторів, і, як наслідок, складу витрат, що виникають в його процесі.

Проаналізувавши трудову теорію вартості та теорію граничної корисності, а також теорії, що є їх інтерпретаціями, можна зробити висновок про те, що жодна з теорій не є абсолютною, і водночас кожна з них містить раціональні засади та елементи. Під витратами на даному етапі розуміють витрачену на виробництво товарів працю, вкладений капітал та землю, яка використовується в процесі виробництва.

4 етап. Даний етап характеризується використанням математичних методів у теорії витрат. На початку ХХ-го ст. неокласики сформували виробничу функцію, основна ідея якої полягала у визнанні того, що економіка функціонує за принципом порівняння витрат і результатів діяльності. Є. Є. Слуцький за допомогою математичного апарату показав взаємодію теорії витрат виробництва і теорії попиту та пропозиції.

Початком нової хвилі в теорії обліку витрат на виробництво і калькуляції продукції стали дослідження англо-американських вчених і наступне виникнення трьох підходів до обліку та методів обліку витрат і калькулювання: Г. Емерсон, Ч. Гаррісон – «стандарт-костинг», Дж. Кларк, Дж. Харріс – «директ-костинг» та О. Хаггінс – «центри відповідальності».

Гостра необхідність оперативного контролю витрат і регулювання собівартості привели до створення і поширення Ч. Гаррісоном, операти-

вно-калькуляційного обліку виробництва та збуту - системи обліку «стандарт-костинг».

Мета методу калькулювання за системою «стандарт-костинг» полягає в оперативному виявленні відхилень фактичних витрат від нормативних у ході виробництва, і управління витратами з цим відхиленням.

Нові погляди та ідеї вимагали переорієнтації виробничого обліку з «історичної собівартості» на нормативну відповідно до цілей і завдань управлінського персоналу, а в подальшому його трансформацію в управлінський облік.

Варто відзначити, що метод нормативного визначення витрат, що є одним з принципів виробничого менеджменту, був запропонований Ф. Тейлором та іншими інженерами того часу. Прихильники виробничого менеджменту застосовували нормативи, щоб виявити «єдиний найкращий шлях» використання праці і матеріальних ресурсів. Нормативи забезпечували інформацією процес планування ходу робіт так, що споживання матеріалів і праці зводилося до мінімуму. Однак прихильники виробничого менеджменту не розглядали нормативи як інструмент контролю за фінансовими витратами. Вперше саме Ч. Гаррісон в 1911 році розробив і впровадив повну діючу систему нормативного визначення затрат. Їм також в 1918 році вперше був опублікований ряд рівнянь для аналізу змінних витрат. У сучасній літературі, присвяченій системі нормативного обліку, багато почерпнуто з його робіт.

Розробка стандартів витрат, стандартних кошторисів, стандартної калькуляції продукту дозволила оперативно контролювати в ході виробництва відповідність фактичних витрат стандартним, оперативно виявляти й усувати виниклі відхилення, тобто виник новий метод регулювання процесу формування собівартості - управління по відхиленнях.

Створення і застосування системи обліку «стандарт-костинг» призвело до того, що калькуляційний облік перестав бути просто реєстратором що відбулися господарських явищ і фактів, а на основі управління відхиленнями направив свій погляд у майбутнє. Слід зазначити, що ця система обліку до цих пір широко використовується провідними промисловими фірмами США та Західної Європи. За інформацією К. Друрі, огляд великої кількості фірм у Великобританії, проведений Паксті і Лайаллом в 1989 році, показав, що 76 % компаній-респондентів застосовують систему нормативного обліку витрат.

Інший напрям збагачення калькуляційного обліку, яке є черговим етапом на шляху розвитку теорії обліку витрат, – це розробка системи обліку «директ-костинг». Мета навчання «директ-костинг» полягає в обчисленні собівартості готового продукту тільки за прямими змінними витратами, калькулювання не повної, а часткової собівартості. Вперше ідею розмежування витрат на постійні та змінні, висунули німецькі вчені Т. Клінштейн, О. Шмаленбах та Г. Гесс, хоча вони чітко не сформулювали ознаки цієї класифікації. Розподіл витрат на постійні та змінні залежно від зміни обсягів виробництва було чітко сформульовано Дж. Кларком в 1923 р. Він обґрунтував необхідність поділу валових витрат виробництва на постійні та змінні. До постійних він відносить амортизацію основного капіталу, витрати на утримання адміністративного та технічного персоналу, підтримання обладнання в належному стані, зміст збутової мережі, суму звичайних прибутків на задіяний капітал. Змінні витрати за думкою Дж. Кларка – це вартість сировини і матеріалів, електроенергії, робочої сили, експлуатації обладнання та інші складові, що змінюються залежно від величини обсягу виробництва.

Значний внесок у розвиток ідеї «директ-костинг» в 30-і роки внесли К. Руммель, В. Раутенштраух, Д. Ульямс та Ч. Кнопфель. Вони розробили практичне керівництво з використання обліку витрат як інформаційного інструменту, що діє за принципами «директ-костинг», графіки проміжного бюджету і критичного обсягу виробництва. Основні ідеї цієї системи були сформульовані в 1936 р. американським економістом Д. Ч. Гаррісоном. Початок практичного застосування «директ-костинг» у США пов'язане з 1953 р., коли Американська асоціація бухгалтерів опублікувала опис цього методу. У 1961 р. вона ж видає другий спеціальний звіт, де аналізується практика 50 великих фірм, які застосовують «директ-костинг». Великий внесок після другої світової війни в організацію обліку за системою «директ-костинг» вніс німецький вчений Г. Г. Плаут. Саме він стояв біля витоків створення інтегрованої системи «стандартний» директ-костинг», що сполучає в собі ідею обліку планових витрат з ідеєю обліку граничних витрат.

Система обліку змінних витрат у США отримала найменування «директ-костинг», у Великобританії – «маржинальність», у Німеччині – «система обліку сум покриття, або система

обліку граничних витрат», а у Франції – «маржинальна бухгалтерія».

Система обліку «директ-костинг» стала мати вирішальне значення особливо в області цінової і стратегічної політики підприємства і дозволила вирішити складну проблему розподілу непрямих і комплексних витрат, відносити їх на рахунок «Прибутки та збитки», і відкрила можливість у ряді випадках зниження продавної ціни продукції нижче повної собівартості, тобто до прямих змінних витрат.

По всьому світу від 30 % до 50 % компаній використовують метод «директ-костинг» для внутрішніх розрахунків. Важливим моментом у розвитку калькуляційного обліку можна вважати організацію обліку витрат у розрізі центрів відповідальності. Центри відповідальності були задумані як нове доповнення до системи обліку «стандарт-костинг». Така організація обліку стала давати можливість використовувати виникають негативні і позитивні відхилення фактичних витрат від стандартних при оцінці роботи тих чи інших менеджерів. Це призвело до формування А. Хаггінс концепції центрів відповідальності, що полягає у визначенні ступеня відповідальності певних фізичних осіб за результати своєї роботи.

Мета вчення А. Хаггінс по «центрам відповідальності» полягала в закріпленні витрат за керівниками і систематичний контроль за дотриманням кошторисів по кожному такому центру відповідальності, що забезпечувало управління витратами і можливість отримання показників собівартості з точністю, не меншою, ніж при традиційних способах. Впровадження нових методів обліку витрат на виробництво і калькулювання собівартості було направлено на забезпечення інформацією управлінський персонал з метою оперативного контролю та управління виробництвом, що призвело до поділу бухгалтерського обліку на дві підсистеми: управлінську та фінансову. При цьому, предметом першої частини вважали діяльність осіб усередині підприємства – агентів, другий – діяльність осіб, які не працюють на підприємстві, але з якими ведуться розрахунки – кореспондентів [3]. Як розвиток концепції обліку по центрах відповідальності в умовах значної автоматизації виробництва був запропонований метод «тариф – година – машина» [8].

5 етап. Цей етап характеризується переходом до управління витратами, як в оперативному, так і в стратегічному аспекті, причому концепція стратегічного управління затратами (SCM) розглядається як рекомендації по управ-

лінню затратами підприємства у довгостроковій перспективі в умовах динамічних змін зовнішнього середовища підприємства

На сьогоднішній день в економічній літературі України наводиться багато різноманітних визначень категорії «витрати», але часто ці визначення є неоднозначними і розглядають дану категорію з різних точок зору. Це спричинено тим, що категорія витрат стосується багатьох процесів (виробництво, споживання, нагромадження, розподіл, обмін) і є об'єктом планування, обліку, контролю, аналізу та управління.

Методологічні засади формування в бухгалтерському обліку інформації про витрати підприємства та її розкриття у фінансовій звітності викладені у Положенні (стандарті) бухгалтерського обліку 16 «Витрати». Відповідно до цього стандарту під витратами розуміють зменшення економічних вигод внаслідок вибуття активів або збільшення зобов'язань, які призводять до зменшення власного капіталу (за винятком зменшення капіталу за рахунок його вилучення або розподілення власниками). При цьому витрати визнаються витратами певного періоду одночасно з визнанням доходу, для якого вони були здійснені [11]

Незважаючи на нормативне регулювання витрат категорія «витрати» сьогодні є досить дискусійною. Вітчизняні вчені-економісти дають різне визначення категорії «витрати».

Більшість спеціалістів визначають категорію «витрати», в основному, як поточні витрати підприємства, які пов'язані з виробництвом та реалізацією продукції, виконанням робіт, наданням послуг, та які представлені показником собівартості продукції [3, 6, 8].

Деякі науковці схиляються до думки, що витрати – це сукупність витрат живої та уречовленої праці на виготовлення продукції [2, 5, 9].

Автор О. Коблянська розглядає витрати як найважливішу частину фінансової діяльності підприємства, що вимагає знання порядку їх здійснення, обліку і розподілу [10].

Автор Ю. Шумило розглядає категорію витрат як економічну категорію, що відображає певну плату виробника за використані ресурси (природні, трудові) та ефективність їх використання в процесі своєї господарської діяльності [16].

Деякі автори, наприклад Череп А. В., розглядають сутність витрат як вартість придбання необоротних активів підприємства, розуміють під витратами наявні (фактичні, розрахункові) витрати підприємства [15].

Такі автори, як Грещак М. Г. і Коцюба О. С. визначають витрати підприємства як обсяг використаних ресурсів підприємства у грошовому вимірі для досягнення певної мети [7].

Автори Турило А. М., Кравчук Ю. Б., Турило А. А. дають наступне визначення поняття «витрати»: витрати – це вартісне вираження абсолютної величини застосовано-спожитих ресурсів, необхідних для здійснення виробничо-господарської діяльності підприємства і досягнення ним поставленої мети [14].

На думку авторів Онисько С. М. та Марич П. М. необхідно виділяти поняття «виробничі витрати» – тобто спожиті у процесі виробництва засоби виробництва, які втілюють у собі минулу працю (сировину, матеріали, амортизацію основних засобів, працю робітників, зайнятих у процесі виробництва)» [12].

Висновок

Проведений аналіз еволюції витрат дозволяє констатувати, що з розвитком нових економічних методів і підходів витрати підприємства піддаються все більшому управлінському впливу в оперативному та стратегічному аспектах. На сучасному етапі управління витратами у підприємств з'являються додаткові можливості пошуку більш ефективних шляхів їх оптимізації та зниження.

Посилення уваги до витрат підприємства пов'язане, в першу чергу з тим, що на відміну від доходу витратами можна ефективно управляти, тобто в підсумку ефективно впливати на фінансовий результат діяльності підприємства.

У процесі формування ринкової економіки України та впровадження ринкових засад господарювання облік витрат набуває стратегічного значення, адже саме шляхом їх детального аналізу і належної організації обліку можна забезпечити високий рівень економічного управління підприємством, а також, через зіставлення з доходами, достовірно оцінити результати діяльності підприємства з подальшим виявленням резервів їх поліпшення

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Андрущенко, Н. С. Суть і значення витрат: історичний аспект [Текст] / Н. С. Андрущенко // Актуальні проблеми економіки. – 2007. – № 5. – С. 3–7.
2. Бобров, В. Основи ринкової економіки і підприємництва [Текст] : підручник / В. Бобров. – К.: Вища шк., 2003. – 719 с.

3. Бутинець, Ф. Ф. Історія бухгалтерського обліку [Текст] : навч. посібник. – У 2-х ч. / Ф. Ф. Бутинець. – Житомир: Рута, 2001.
4. Бухгалтерський облік: історичний аспект. Результати досліджень Житомирської наукової бухгалтерської школи [Текст] : монографія. – Житомир : ЖДТУ, 2006. – 620 с.
5. Величко, Г. О. Фінанси підприємств [Текст] : навч. посібник / Г. О. Величко. – Одеса: Пальміра, 2006. – 653 с.
6. Володькіна, М. В. Економіка промислового підприємства [Текст] : навч. посібник / М. В. Володькіна. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 194 с.
7. Грешак, М. Г. Управління витратами [Текст] : навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц. / М. Г. Грешак, О. С. Коцюба. – К. КНЕУ, 2002. – 131 с.
8. Голов, С. Ф. Управлінський облік [Текст] : підр. – 3-тє вид. / С. Ф. Голов. – К.: Лібра, 2006. – 704 с.
9. Єщенко, П. С. Сучасна економіка [Текст] : навч. посібник / П. С. Єщенко. – К.: Вища шк., 2005. – 325 с.
10. Коблянська, О. Фінансовий облік [Текст] : навч. посібник / О. Коблянська. – К.: Знання, 2004. – 473 с.
11. Положення (стандарт) бухгалтерського обліку 16 «Витрати» [Електрон. ресурс] : Затв.: Наказ Міністерства України від 29.11.1999 №290. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua>
12. Онисько, С. М. Фінанси підприємств [Текст] : підр. для студ. ВНЗ / С. М. Онисько, П. М. Марич. – Львів: Магнолія Плюс, 2005. – 366 с.
13. Соколов, Я. В. Бухгалтерский учет: от истоков до наших дней [Текст] : учеб. пособие для вузов / Я. В. Соколов. – М.: Аудит, ЮНИТИ, 1996. – 636 с.
14. Турило, А. М. Управління витратами підприємства [Текст] : навч. посібник / А. М. Турило, Ю. Б. Кравчук, А. А. Турило. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 120 с.
15. Череп, А. В. Економічний аналіз [Текст] : навч. посібник / А. В. Череп. – К.: Кондор, 2005. – 160 с.
16. Шумило, Ю. О. Уточнення теоретичної сутності категорії витрат в управлінні підприємством [Текст] / Ю. О. Шумило // Формування ринкових відносин в Україні. – 2008. – № 3. – С. 117–119.

Надійшла до редколегії 30.11.2011.
Прийнята до друку 06.12.2011.

Н. П. СНАЧОВ, М. В. КОРЧАКОВСКАЯ, И. Н. ЛОМТЕВА

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ УЧЕТА ЗАТРАТ

О важности затрат свидетельствуют исторические памятники публичной отчетности и учета затрат первобытного общества. Знания о затратах берут свои истоки из теории стоимости. Основы современного видения расходов были заложены в XIX веке. Толчком к последующему изучению расходов были растущие потребности производства. Расходы являются объектом управления и показателем результативности хозяйственной деятельности предприятия.

Ключевые слова: затраты, исторические этапы, теория затрат

N. P. SNACHOV, M. V. KORCHAKOVSKAYA, I. N. LOMTIEVA

MAIN STAGES IN THE DEVELOPMENT OF SYSTEMS OF ACCOUNTING EXPENSES

The importances of the historical cost indicate a memo public reporting and cost accounting of primitive society. Knowledge of the costs originates from the theory of value. Foundations of modern vision expenses were laid out in the XIXth century. Increasing needs of production were the impetus for the subsequent study of the costs. Costs are subject to control and measure the impact of economic activities of enterprises.

Keywords: costs, historical stages, theory of costs

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ СТРАТЕГІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

У статті визначено вплив економічних, соціальних та інших результатів на формування ефективної системи стратегічного планування розвитку транспортної інфраструктури України

Ключові слова: система стратегічного планування, розвиток транспортної інфраструктури, управління транспортною інфраструктурою

Постановка проблеми

Економічні й соціальні результати, витрати, здійснені в процесі функціонування системи стратегічного планування, у своїх співвідношеннях можуть відображати такі різні рівні ефективності використання розміщених ресурсів, як: загальна, що всебічно враховує споживання всіх видів ресурсів; окремі показники ефективності, що визначають ефективність використання окремих видів ресурсів, наприклад, трудових, основних виробничих фондів (фондовіддача), матеріальних елементів оборотних коштів (матеріаловіддача); показники ефективності тільки кількох видів ресурсоспоживання (рентабельність функціонування транспортної інфраструктури або системи стратегічного планування розвитку транспортної інфраструктури).

Однак для визначення економічних, соціальних та інших результатів системи стратегічного планування розвитку транспортної інфраструктури необхідно не тільки сконцентрувати основні структурні складові даної системи, визначити їхній взаємозв'язок і функціональну спрямованість на виконання свого структурного призначення, але й визначити процесорний склад взаємодіючих один з одним елементів відповідно до накресленої перед системою стратегічного планування мети — досягати на ресурсозабезпечувальній основі найбільших економічних результатів і витрат за умов значного й раптового впливу факторів зовнішньої й внутрішньої середовища.

Вхід системи стратегічного планування соціально-економічного розвитку транспортної інфраструктури характеризується не тільки необхідними витратами на використання трудових і матеріально-технічних ресурсів, але й ретроспективною інформацією про виробничо-господарську діяльність окремих структурних складових, суб'єктів транспортної інфраструк-

тури, про сформовані тенденції впливу факторів зовнішнього середовища на динаміку транспортної інфраструктури, про методи, способи поточного, перспективного й стратегічного планово-розрахункового обґрунтування досягнення встановлених або необхідних економічних і соціальних результатів, витрат на споживання наявних ресурсів [1].

Вхідна інформація системи стратегічного планування розвитку транспортної інфраструктури, на нашу думку, має містити встановлені рівні об'єктивності, що відбулися раніше від змін зовнішнього середовища, які вплинули на темпи економічного зростання, на загальний і окремі рівні ефективності транспортного виробництва, дані про тривалість часу адаптації транспортної інфраструктури, її структурних складових і суб'єктів господарювання до впливу факторів зовнішнього середовища.

Аналіз публікацій

Зважаючи на те що система стратегічного планування соціально-економічного розвитку транспортної інфраструктури свою елементну взаємодію здійснює на основі використання таких ресурсів, як кваліфіковані фахівці — менеджери у сфері аналізу й планування поточного функціонування, перспективного й стратегічного розвитку транспортної інфраструктури, основні фонди, необхідні для визначення менеджерами напрямків довгострокового розвитку об'єктів планово-розрахункових обґрунтувань досягнення необхідних економічних, соціальних та інших результатів транспортної інфраструктури, матеріальні елементи оборотних коштів, що беруть участь у процесі функціонування системи стратегічного планування, її необхідно виокремлювати із загального складу взаємодіючих ресурсних елементів соціально-економічної системи транспортного виробництва й у кількісній і якісній формі виділяти в

ній на прямій і опосередкованій основі трудові, матеріально-технічні й інформаційні ресурси [3–5].

Так, наприклад, вхідна характеристика досліджуваної системи, що визначає трудові ресурси і їх використання в процесі стратегічного планування, має відображати різнорівневий склад кваліфікованих фахівців державного й регіонального управління транспортною інфраструктурою, а також окремих суб'єктів господарювання і корпорацій [6]. При цьому необхідно враховувати те, що безпосередньо в процесі стратегічного планування бере участь відносно невелика кількість менеджерів вищої й середньої ланок, тимчасом як у опосередковану участь бере основна частина персоналу, інформована про реалізацію стратегій соціально-економічного розвитку транспортної інфраструктури на державному, регіональному рівнях, а також у рамках суб'єктів господарювання транспортної інфраструктури [7; 8].

Немаловажним також є те, що використання трудових ресурсів прямо й опосередковано враховується у стратегічному плануванні, яке має ідентифікуватися з вартісним обсягом їх використання, що виражається в оплаті праці фахівців-менеджерів і персоналу, що безпосередньо реалізують загальну й функціональні стратегії розвитку транспортної інфраструктури [9; 10].

Що ж стосується використання основних фондів на вході системи стратегічного планування, то їх загальний вартісний обсяг має визначатися за допомогою встановлених норм амортизації від балансової або залишкової вартості основного капіталу з метою планового погашення їх зношеної частини й відновлення виходячи з рівня їх фізичного й морального старіння [11; 12].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

Тому визначення в процесі стратегічного планування фахівцями планово-розрахункових обґрунтувань річного загального вартісного використання активної й пасивної частин основних виробничих фондів, перспективного й стратегічного досягнення встановлених або необхідних (бажаних) економічних і соціальних результатів, рівнів ефективності транспортного виробництва, на наш погляд, має враховувати річні процентні норми амортизації від балансової або залишкової вартості основних фондів (будинки, спорудження,

транспорт, організаційна техніка, прилади й технічні пристрої для здійснення операцій із прогнозування, імітаційного, аналітичного й оптимального моделювання в процесі стратегічного планування розвитку транспортної інфраструктури). При цьому важливо враховувати не тільки сумарну норму необхідних амортизаційних відрахувань, але й вартість принципово нової техніки, для підвищення рівня об'єктивності планування й реальності досягнення поставлених (необхідних) орієнтирів результативності й ефективності транспортної інфраструктури.

Витратами на оборотні кошти, що беруть участь у процесі різнорівневого стратегічного планування розвитку транспортної інфраструктури, доцільно вважати сумарну величину вартості таких матеріальних елементів оборотних фондів, як енергія, паливо, швидкозношувані й малоцінні предмети, реманент, ліквідні цінні папери, короткострокова заборгованість інших суб'єктів господарювання, усі види матеріалів, використаних у процесі стратегічного планування.

Інформаційна складова витрат на вході системи стратегічного планування включає всі види видатків, пов'язаних із придбанням, узагальненням, нагромадженням, аналізом, обробкою й систематизацією зовнішньої інформації про діяльність конкурентів, про зміни кон'юнктури ринку, нормативно-правового регулювання, концептуальних і стратегічних положень щодо розвитку транспортної інфраструктури. У цілому ж інформаційний ресурс є одним з елементів системи стратегічного планування розвитку транспортної інфраструктури, а витрати, здійснювані на його якісне поліпшення й кількісне зростання, є окремим видом використовованого ресурсу, який в остаточному підсумку визначає сумарну вартість інформаційного забезпечення досліджуваної системи стратегічного планування.

Метою даної роботи є визначення шляхів підвищення ефективності функціонування системи стратегічного планування розвитку транспортної інфраструктури України.

Виклад основного матеріалу

У комплекс основних взаємодіючих елементів процесора системи стратегічного планування входять як усі види наведених раніше використовуваних ресурсів, так і елементний склад у формі процедур, правил, заходів і дій з забезпечення стратегічного планування й

функціональних стратегій соціально-економічного розвитку транспортної інфраструктури.

Раціональне поєднання елементного складу, за винятком ресурсних складових, у системі стратегічного планування розвитку транспортної інфраструктури забезпечує запропонований автором механізм (див. рис. 4.3). Однак основою досягнення необхідних соціальних і економічних результатів у системі стратегічного планування є взаємодія: кваліфікованих фахівців – менеджерів на державному, регіональному рівнях планування, а також на рівні окремих індивідуальних і корпоративних інвесторів транспортної інфраструктури; тієї частини основних і оборотних фондів транспортної інфраструктури, які беруть участь у процесі стратегічного планування соціально-економічного розвитку транспортної інфраструктури, її структурних складових, окремих об'єктів [13].

Раціоналізації взаємодії всіх видів ресурсів у процесі стратегічного планування розвитку транспортної інфраструктури, на наш погляд, сприяє комплекс факторів структурно-організаційного й технологічного характеру, що визначають можливості різнорівневих суб'єктів планування не тільки протидії істотному впливу зовнішнього середовища в невідзначеному часі, але й досягати за цих умов найбільших (необхідних) результатів і рівнів ефективності транспортного виробництва.

Взаємодія всіх елементів процесора системи стратегічного планування соціально-економічного розвитку транспортної інфраструктури (рис. 1) значною мірою забезпечується виробництвом кваліфікованими фахівцями транспортної інфраструктури процедур і реалізацією основних положень стратегічного планування в рамках тієї організаційної структури регіональної, державної й локальної спрямованості, яка в умовах впливу зовнішнього і внутрішнього середовища зберігає й підвищує потенційні можливості досягати необхідних економічних і соціальних результатів транспортної інфраструктури.

Так, наприклад, прийняття рішення в процесі стратегічного планування про збереження функціональної структури індивідуального суб'єкта господарювання транспортної інфраструктури виходячи з наявного контролю за результативністю здійснюваних стратегій, можливості прямого і якісного керування технологічним процесом транспортного виробництва може суттєво вплинути на досягнення економічних результатів, ефективність ресурсо-

споживання через складність узгодження й координації діяльності різних чи лінійних і функціональних підрозділів, зростання рівнів спеціалізації управління, обмеження рамок науково-інноваційної діяльності [14].

Слід також зазначити, що створення регіональної організаційної структури перспективного й стратегічного управління транспортною інфраструктурою у складі органів виконавчої влади регіону в цілому вирішує основні соціально-економічні завдання розвитку транспортної інфраструктури з урахуванням особливостей адміністративно-територіального утворення, його кліматичних, транспортних і географічних умов, сприяючи адаптації функціональних стратегій до наявних регіональних умов, підвищуючи активність суб'єктів господарювання транспортної інфраструктури щодо досягнення насамперед високих економічних результатів (обсягів прибутку, реалізації послуг, продукції).

Однак регіональна організаційна структура системи стратегічного планування розвитку транспортної інфраструктури може мати недоліки, що суттєво обмежують досягнення стратегічної мети й необхідних (бажаних) орієнтирів економічної результативності через звуження рамок координації надання транспортних послуг різними об'єктами стратегічного планування.

Формування менеджерами транспортної інфраструктури організаційної структури стратегічних груп відповідно до диверсифікованості видів підприємницької діяльності, де на чолі кожної диверсифікованої групи підприємства стоїть керівник, підпорядкований головному менеджеріві транспортної групи стратегічного розвитку, на нашу думку, найбільш доцільне під час створення корпоративних об'єднань. При цьому в рамках сформованої організаційної структури стратегічних груп розвитку транспортного виробництва можливий раціональний розподіл і виконання повноважень різних органів управління і планування, ефективне використання ресурсів на базі синергетичних ефектів, що виникають.

Одними з важливих неформальних процедур досягнення економічних і соціальних результатів розвитку транспортної інфраструктури є складові корпоративної культури, обумовлені методами й змістом взаємин між персоналом і менеджерами (керівниками), прийняттям управлінських рішень, культивуванням серед персоналу позитивного ставлення до призначення й цільової орієнтації розвитку транс-

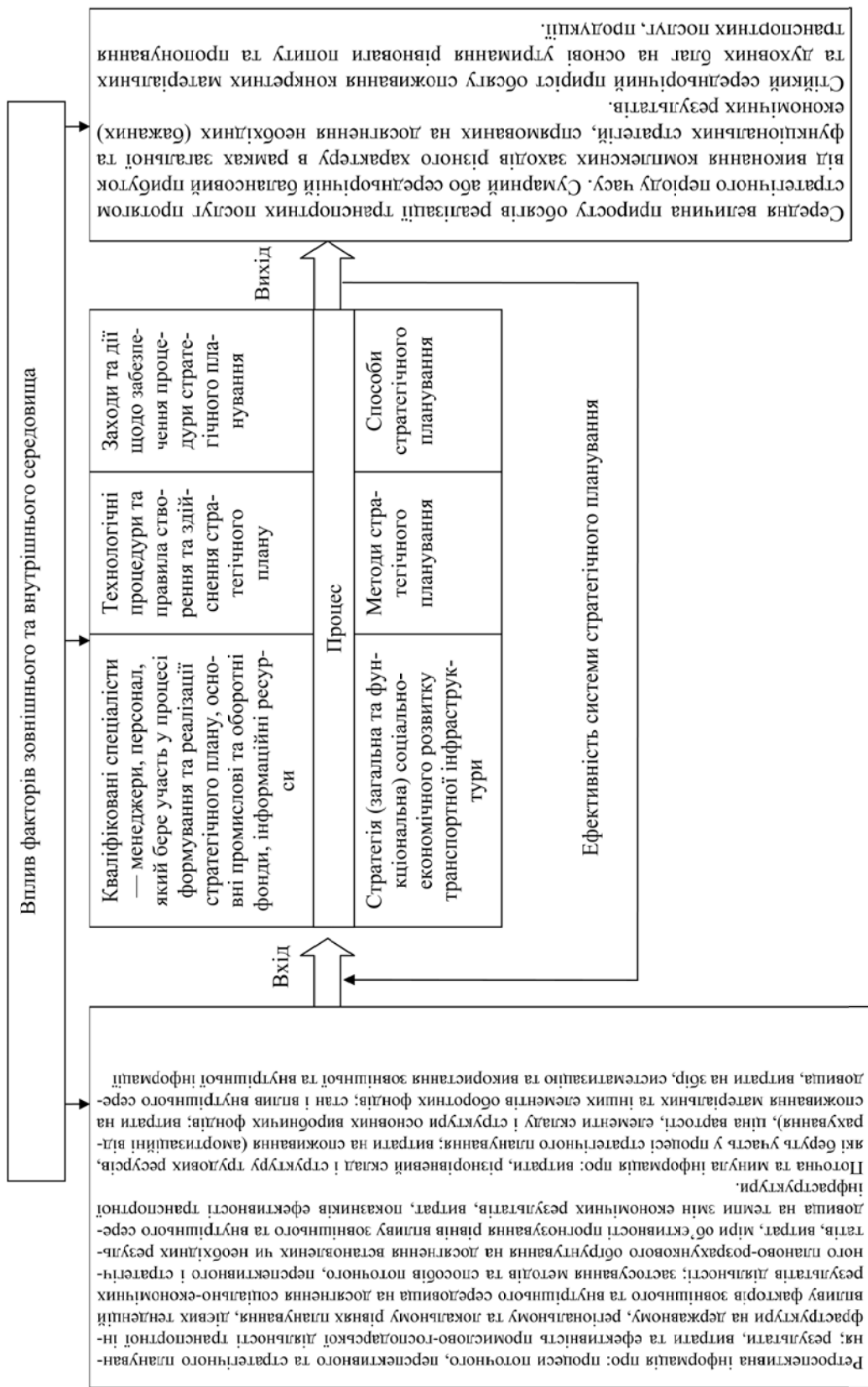


Рис. 1. Схема взаємодій елементних і структурних складових системи стратегічного планування соціально-економічного розвитку транспортної інфраструктури (авторська розробка)

портної інфраструктури, додержанням етичних стандартів, здійсненням структурно-організаційних, соціально-економічних, науково-інноваційних і фінансово-інвестиційних змін у суб'єктах господарювання й у цілому в транспортній інфраструктурі.

Напрямок, що сприяє підвищенню економічних і соціальних результатів розвитку транспортної інфраструктури, є раціоналізація технологічних процесів планування змін у суб'єктах господарювання, структурних складових транспортної інфраструктури під час ухвалення й реалізації стратегічного плану.

Потреба у змінах поточної діяльності, у перспективному й стратегічному розвитку транспортної інфраструктури пов'язана із вжиттям у рамках стратегій комплексу заходів щодо досягнення стратегічної мети. При цьому раціоналізація взаємодії персоналу в системі стратегічного планування (рис. 1) з усіма іншими елементними складовими даної системи, на наш погляд, може бути досягнута на базі нейтралізації й усунення опору з боку окремих працівників процесу стратегічного планування і економічних інтересів у процесі структурно-організаційних, інноваційних і економічних змін у транспортній інфраструктурі. Необхідні заходи щодо підготовки персоналу до прийняття і здійснення процедур стратегічного планування розвитку транспортної інфраструктури можуть полягати в тому, щоб підвищити низький рівень готовності персоналу до змін у рамках стратегічного планування за допомогою соціально-психологічної підготовки, доведення в повному обсязі об'єктивної інформації про мету і стратегії транспортної інфраструктури, підвищення рівня довіри персоналу до здійснюваних суб'єктом стратегічного планування заходів щодо досягнення необхідних (бажаних) результатів і ефективності транспортного виробництва.

Вважаємо, що формування в персоналу усвідомленого ставлення до неминучих заходів зі здійснення стратегічного планування суб'єктом планово-розрахункових обґрунтувань досягнення стратегічної мети можливе на основі культивування стійкої довіри до майбутніх змін за допомогою порівняння наявної динаміки зміни результатів діяльності з економічним зростанням у стратегічному періоді часу, залучення до майбутніх і поточних змін фахівців середньої й вищої ланок транспортної ін-

фраструктури, складання і здійснення конкретних заходів персональної мотивації змін на об'єктах транспортної інфраструктури.

Досягнення встановлених або необхідних результатів у процесі стратегічного планування можливе також на основі раціоналізації його методів. При цьому доцільно використовувати на диференційованій основі не тільки балансовий, оптимальний, імітаційний, нормативний і еталонний методи, застосовувані в поточному й перспективному плануванні, але й кластерний метод, спрямований на підвищення ефективності використання інтелектуальної праці менеджерів різних рівнів стратегічного планування розвитку транспортної інфраструктури. Їхній вплив на вихідні результати функціонування системи стратегічного планування в сукупності з раціоналізацією взаємодії інших елементних складових системи стратегічного планування (рис. 1) у своїй змістовній основі орієнтує персонал на необхідність підвищення рівнів корпоративної культури, технології прийняття планово-розрахункових і інших управлінських рішень, на раціоналізацію організаційної структури, використання управлінським персоналом свого робочого часу. Так, кластерний метод у системі стратегічного планування застосовується з метою [6]:

- зміни етичних стандартів і віри персоналу в основні постулати стратегічного планування, що виражаються стратегічним баченням, призначенням транспортної інфраструктури, її цільовою орієнтацією на досягнення необхідних орієнтирів результативності;
- додавання суб'єктам господарювання, структурним складовим і в цілому транспортній інфраструктурі необхідної мобільності й здатності до оперативної реакції на базі підвищення корпоративної культури, раціоналізації технології прийняття нових рішень;
- здійснення комплексу заходів для забезпечення транспарентності послідовних етапів досягнення орієнтирів соціальної й економічної результативності, ефективності транспортного виробництва;
- удосконалення й розвитку соціально-психологічних методів впливу на персонал, підвищення рівня його мотивації до активної участі в процесі стратегічного планування розвитку транспортної інфраструктури;

- підвищення якості відбору керівників на регіональному і державному рівнях стратегічного планування, їх професійної підготовки й перепідготовки в рамках безперервного навчання.

Зазначимо, що кластерний метод стратегічного планування досягнення необхідних (бажаних) соціальних і економічних результатів у довгочасному періоді за умов істотного впливу факторів зовнішнього і внутрішнього середовища на розвиток транспортної інфраструктури у своїй основі має бути орієнтований на участь у даному процесі професійної й спеціалізованої в управлінні групи (кластера) менеджерів, суб'єктів господарювання транспортної інфраструктури, що мають високий рівень корпоративної культури, професійної майстерності, уміють оперативно вживати необхідних заходів за значних змін зовнішнього і внутрішнього середовища, а також тоді, коли менеджери інших (нижчих) рівнів планування через свої інтелектуальні й інші можливості не можуть прийняти об'єктивні рішення самостійно або не готові взяти на себе відповідальність за планові, управлінські рішення.

Так, кластер менеджерів у процесі стратегічного планування повинен володіти навичками консультування з проблем стратегічного планування й управління, створювати умови для прийняття підлеглими працівниками самостійних рішень з метою забезпечення зростання економічної й соціальної результативності розвитку транспортної інфраструктури, забезпечувати самостійність прийняття й реалізації планово-розрахункових заходів у рамках своєї компетенції без виходу на більш високий рівень узгодження прийнятих рішень.

Кластер менеджерів певного рівня (регіонального, державного, локального) планово-розрахункових обґрунтувань досягнення необхідних економічних і соціальних результатів у стратегічному періоді часу визначає правила взаємин з підлеглими працівниками, відповідно до яких кожний із працівників, що брав участь у процесі стратегічного планування, вирішує всі поставлені перед ним або його підрозділом завдання в рамках своєї посадової інструкції й компетенції свого безпосереднього керівника. Поряд із цим, конкретизація й систематизація делегування повноважень на кожний з рівнів стратегічного планування соціально-економі-

чного розвитку транспортної інфраструктури дозволяють підвищити рівень використання висококваліфікованої праці менеджерів у рамках суб'єкта стратегічного планування, сприяють реалізації принципу транспарентності (прозорості, відкритості, очевидності, показовості), на основі застосування якого норма керованості на підприємствах транспортної інфраструктури може збільшуватися в кілька разів (у два-три рази).

Кластерний метод у системі стратегічного планування повинен бути тісно пов'язаний з матеріальним стимулюванням персоналу за кінцевими результатами його діяльності, з навчанням менеджерів, що підвищує їхній професійний рівень та сприяє поліпшенню якості праці працівників, які беруть участь у процесі реалізації стратегічного планування розвитку транспортної інфраструктури.

Досягнення необхідних (бажаних) орієнтирів результативності розвитку транспортної інфраструктури можливе також у процесі раціоналізації взаємодії стратегій, технологічних процедур, заходів і дій з забезпечення успішної реалізації стратегічного планування (рис. 1).

Здійснення таких заходів у рамках різнорівневого стратегічного планування розвитку транспортної інфраструктури, як економічні, фінансово-інвестиційні, соціальні, структурно-організаційні, науково-інноваційні, маркетингові, на думку автора, необхідне як у рамках реалізації стратегічного плану, так і в процесі оперативної реакції суб'єкта планування на зміни зовнішнього й внутрішнього середовища. Використання способів прогностичного, логіко-вербального характеру, порівняльного й кореляційно-регресійного аналізу в системі стратегічного планування є ключовим інструментарієм планово-розрахункових обґрунтувань досягнення економічних і соціальних результатів розвитку транспортної інфраструктури в довгостроковому періоді часу (рис. 1).

Взаємодія способів і методів у рамках системи стратегічного планування, на наш погляд, повинна мати диференційований за індивідуальністю застосування характер і передбачати комплексне їх використання для визначення міри об'єктивності досягнення необхідних економічних і соціальних результатів у процесі взаємодії всього елементного складу досліджуваної системи (рис. 1).

Основними вихідними економічними ідентифікаторами результатів системи стратегічного планування розвитку транспортної інфраструктури, на наш погляд, можуть бути: середня величина приросту обсягу реалізації транспортних послуг і продукції за умов потенційних і реальних істотних змін стану зовнішнього і внутрішнього середовища протягом стратегічного періоду часу; сумарний або середньорічний балансовий прибуток від виконання комплексу заходів соціально-економічного, фінансово-інвестиційного, науково-інноваційного, структурно-організаційного, маркетингового й іншого характеру в рамках реалізації загальної (базової) і функціональних (окремих) стратегій, спрямованих на досягнення поставленої мети в процесі розвитку транспортної інфраструктури.

Поряд з економічними, як соціальний загальний результат функціонування системи стратегічного планування розвитку транспортної інфраструктури може виступати стійкий середньорічний приріст обсягу споживання конкретних матеріальних і духовних благ на основі додержання рівності попиту та пропонування транспортних послуг і продукції в стратегічний період часу (рис. 1).

Що стосується вихідних результативних ідентифікаторів функціонування системи стратегічного планування соціально-економічного розвитку транспортної інфраструктури, то, на наш погляд, слід уточнити, що величини економічних і соціальних результатів можуть розглядатись і як середньорічні прирости протягом усього встановленого періоду часу розвитку транспортної інфраструктури, і як їхні сумарні значення за планово-розрахунковий період.

Так, наприклад, відношення середньорічної величини приросту обсягу реалізації транспортних послуг, продукції (ΔP_{π}), де середньооблікову чисельність менеджерів і персоналу, зайнятих у системі стратегічного планування протягом року ($Ч_{\pi\pi}$), можна ідентифікувати з ефективністю використання праці персоналу й керівників (Π_{π}), що формували й реалізують стратегічний план соціально-економічного розвитку транспортної інфраструктури, розраховується за формулою:

$$\Pi_{\pi} = \Delta P_{\pi} / Ч_{\pi\pi} . \quad (1)$$

Показник фондівіддачі ($\Phi_{\text{в}}$) як економічна характеристика використання основних виробничих фондів у системі стратегічного плану-

вання визначається відношенням результативної величини ΔP_{π} на виході системи до середньорічної величини основних виробничих фондів, що беруть участь у процесі стратегічного планування ($O_{\text{вф}}$):

$$\Phi_{\text{в}} = \Delta P_{\pi} / O_{\text{вф}} . \quad (2)$$

Величина матеріаловіддачі ($M_{\text{в}}$) у системі стратегічного планування соціально-економічного розвитку транспортної інфраструктури, що характеризує ефективність використання матеріальних елементів оборотних коштів, може бути встановлена відношенням величини ΔP_{π} до середньорічної вартості всіх видів матеріальних ресурсів, спожитих у процесі стратегічного планування ($M_{\text{сп}}$):

$$M_{\text{в}} = \Delta P_{\pi} / M_{\text{сп}} . \quad (3)$$

Установлювані окремі показники ефективності використання кожного з основних видів ресурсів, що беруть участь у процесі стратегічного планування (Π_{π} , $\Phi_{\text{в}}$ і $M_{\text{в}}$), на наш погляд, поряд з однобічним вимірюванням рівня ефективності, що свідчить про динаміку стратегічного періоду, про зростання або зниження ефективності використання відповідного ресурсу, можна застосовувати у системі взаємодіючих показників у рамках економіко-математичних моделей (наприклад, регресійних), визначаючи тим самим кількісний взаємний вплив.

Водночас такі загальні показники ефективності використання ресурсів, як рентабельність функціонування системи стратегічного планування розвитку транспортного виробництва ($P_{\text{тв}}$), рівень загальної ефективності ресурсоспоживання ($E_{\text{рс}}$), можуть бути визначені за формулами:

$$P_{\text{тв}} = \Delta \Pi \times 100 / (O_{\text{вф}} + O_{\text{оф}});$$

$$E_{\text{рс}} = \Delta \Pi / V_{\text{св}} , \quad (4)$$

де $\Delta \Pi$ – середньорічний приріст балансового прибутку в процесі реалізації стратегічного плану соціально-економічного розвитку транспортної інфраструктури;

$O_{\text{оф}}$ – середньорічна вартість оборотних фондів, що беруть участь у процесі стратегічного планування;

$V_{\text{св}}$ — середньорічна сумарна величина витрат, що припадають на споживання всіх видів ресурсів, які беруть участь у процесі стратегічного планування.

У цьому зв'язку слід зазначити, що рентабельність функціонування системи стратегічного планування розвитку транспортного виробництва, будучи загальним показником ефективності, як витрати вміщує тільки вартість, що бере участь у стратегічному плануванні середньорічних значень основних і оборотних фондів. При цьому витрат на використання праці в даній формулі (Ртв) немає.

Крім того, у розрахунках рентабельності функціонування системи стратегічного планування підсумовуються одноразові (основні фонди) і поточні (оборотні фонди) витрати, що, на наш погляд, знижує рівень об'єктивності ефективності використання всіх видів ресурсів.

Тому загальний показник ефективності E_{pc} є більш точним і значущим у визначенні ефективності споживання ресурсів, що беруть участь у стратегічному плануванні розвитку транспортної інфраструктури, тому що загальні річні витрати $V_{св}$ охоплюють основні види видатків на оплату праці менеджерів і персоналу, що здійснюють стратегічне планування, річну величину амортизаційних відрахувань і вартість використаних протягом року елементів оборотних коштів.

Висновки

Отже, підсумовуючи, зазначимо, що відношення економічних і соціальних результатів на виході системи стратегічного планування розвитку транспортної інфраструктури до витрат на її вході являють собою різні рівні ефективності, що є загальними, які всебічно враховують сумарне споживання ресурсів, і окремими, які характеризують рівень індивідуального використання трудових ресурсів, основних фондів і матеріальних елементів оборотних коштів у рамках системи стратегічного планування розвитку транспортної інфраструктури.

Перспективи подальших досліджень

У додатковому визначенні результативні показники системи стратегічного планування, для встановлення результативності кількісної взаємодії елементів даної системи, ефективності її функціонування, обумовленої загальними й окремими показниками використання ресурсів, що беруть участь у стратегічному плануванні розвитку транспортної інфраструктури України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абалкин, Л. И. Логика экономического роста [Текст] / Л. И. Абалкин. – М.: Ин-т экономики РАН, 2002. – 228 с.
2. Аакер, Д. Стратегічне ринкове управління [Текст] / Д. Аакер : [пер. з англ.]; за ред. Ю. Н. Каптуревського. – Львів: Світ історії, 2003. – С. 544.
3. Артамонов, Б. В. Авиатранспортный маркетинг [Текст] / Б. В. Артамонов, М. Л. Мамонова. – М.: МИИГА, 1990. – 456 с.
4. Шафиркин, Б. И. Единая транспортная сеть и взаимодействие различных видов транспорта [Текст] / Б. И. Шафиркин. – М.: Высш. шк., 1983. – 238 с.
5. Резер, С. М. Комплексное управление перевозочным процессом в транспортных узлах [Текст] / С. М. Резер. – М.: Транспорт, 1982. – 159 с.
6. Портер, М. Стратегія конкуренції: методика аналізу галузей і діяльності конкурентів [Текст] / М. Портер : [пер. з англ. А. Олійник, Р. Скільський]. – К.: Основа, 1998. – 390 с.
7. Правдин, Н. В. Прогнозирование пассажирских потоков [Текст] / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей. – М.: Транспорт, 1980. – С. 221.
8. Ганкин, М. Х. Методические вопросы перспективного планирования грузовых и пассажирских перевозок и пути его дальнейшего совершенствования [Текст] / М. Х. Ганкин, В. М. Фомин, В. А. Саболин // Тр. ИКТП. – 1979. – Вып. 75. – С. 22–46.
9. Ложачевська, О. М. Управління функціонуванням та розвитком транспортного комплексу регіону [Текст] / О. М. Ложачевська. – К.: НАУ, 2002. – 248 с.
10. Громов, Н. Н. Управление на транспорте [Текст] / Н. Н. Громов, В. А. Персианов. – М., 1990. – 336 с.
11. Садловська, І. П. Напрями та завдання розвитку підприємств транспортно-дорожнього комплексу України [Текст] / І. П. Садловська, Г. В. Жаворонкова // Заліз. трансп. України. – 2009. – Вып. 2. – С. 31–35.
12. Bayliss, B. Transport Policy and Planning: An Integrated Analytical Approach (Edi Technical Materials) [Text] / B. Bayliss // World Bank. – April 1992. – 68 p.
13. Jimenez, G. C. Export-Import Basics: The Legal, Financial & Transport Aspects of International Trade (ICC publication) [Text] / G. C. Jimenez // ICC Pub. – July 1997. – 240 p.
14. Jaiswal, N. K. Scientific Management of Transport Systems [Text] / N. K. Jaiswal // Revised and Edited Version of Selected Papers Presented at the Int'l Conf. on Transportation. – Elsevier Science Ltd.: August 1981. – 388 p.

Надійшла до редколегії 22.11.2011.

Прийнята до друку 25.11.2011.

И. П. САДЛОВСКАЯ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В статье определено влияние экономических, социальных и других результатов на формирование эффективной системы стратегического планирования развития транспортной инфраструктуры Украины.

Ключевые слова: система стратегического планирования, развитие транспортной инфраструктуры, управление транспортной инфраструктурой

I. P. SADLOVS'KA

IMPROVING THE EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF SYSTEM OF STRATEGIC PLANNING ON DEVELOPMENT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE

In the article an influence of economic, social and other results on formation of effective system of strategic planning of development of transport infrastructure in Ukraine is defined.

Keywords: system of strategic planning, development of transport infrastructure, management of transport infrastructure

СУЧАСНІ ІНСТРУМЕНТИ МАРКЕТИНГУ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В РИНКОВИХ УМОВАХ УКРАЇНИ

В статті розглядається питання пошуку шляхів використання інструментів маркетингу для вирішення проблем розвитку економіки залізничного транспорту та функціонування даної галузі в ринкових умовах.

Ключові слова: маркетинг, конкурентоспроможність, вантажні перевезення, інструменти маркетингу, аналіз попиту, якість транспортного обслуговування

Вступ

Докорінні зміни економіки країни і світу вимагають пристосування різноманітних галузей народного господарства до нових тенденцій та законів розвитку ринку. Економіка залізничного транспорту не є виключенням. Природно так склалося, що дана галузь є однією з важливих пріоритетних ланок економіки України, що забезпечує її внутрішні та зовнішні транспортно-економічні зв'язки. Безумовно, її стабільне та ефективне функціонування є необхідною умовою для забезпечення рішення соціально-економічних проблем, національної безпеки, цілісності країни.

В сучасних умовах розвитку держави важливе значення має створення ефективного функціонування економіки транспортної галузі та забезпечення конкурентного середовища залізничного транспорту в умовах його реформування. У зв'язку з цим необхідно створити умови гармонізації правової системи щодо створення відповідного конкурентного простору для даної галузі. Таке перетворення вимагає раціонального використання різноманітних інструментів та механізмів, серед яких вагоме місце займає механізм управління маркетингом. Досвід зарубіжних країн показує їх активність та ефективність у використанні сучасних інструментів при реформуванні транспортного комплексу [6, с.3]. Відомо, що маркетингові принципи, інструменти та ринкові закони дозволяють ефективно функціонувати економіці залізничного транспорту в сучасних ринкових умовах.

Понад 100 років минуло відтоді, як був сформований і введений в експлуатацію залізничний транспорт України. Однак сучасний кризовий стан економіки вимагає докорінних змін. Нагальною проблемою ефективного управління залізничним транспортом залишається визначення його конкурентоспроможності. Тенденції розвитку світової економіки мають величезний вплив на економіку України, що призвело до

загострення конкуренції в самій транспортній галузі. Це є природно, так як транспортний ринок віддзеркалює зміни в господарській діяльності економіки в цілому, особливо під час кризи. Це і є першочерговим завданням для створення та збереження раціонального використання залізниць. Другою причиною розгляду даного питання є те, що у зв'язку із реформуванням залізничного транспорту України концепція передбачає створення вертикально-інтегрованої структури управління у складі ДП «Укрзалізниця»: департаментів локомотивного господарства, вагонного господарств і пасажирських перевезень з одночасною ліквідацією територіальних залізниць. Надалі передбачається до 2015 року утворити корпоративну форму управління залізницями, перетворивши ДП на ДАК із збереженням за Укрзалізницею статусу національного перевізника [1, с. 2]. Використання транзитного потенціалу держави також є важливим для формування конкурентоспроможності залізниць.

Постановка завдання

Відтак, одним з найважливіших завдань сучасної вітчизняної економічної науки є пошук шляхів використання інструментів маркетингу для вирішення проблем розвитку економіки залізничного транспорту та функціонування даної галузі в ринкових умовах.

Результати

Вирішення стратегічних задач реформи неможливе без використання сучасних теоретичних моделей ефективного управління [3, с. 51]. А саме це вимагає підвищення соціально-економічної привабливості галузі у сфері транспортного комплексу, стимулювання продуктивності праці, введення в дію інтермодальних перевезень вантажів, організацію додаткових послуг для пасажирів, зміни принципів со-

ціальної підтримки і мотивації праці, розвиток корпоративної культури.

Основними заходами маркетингу Укрзалізниці повинні стати:

1. Формування попиту на експортні, імпорتنі та внутрішні перевезення вантажів (аналіз обсягів перевезення основних видів вантажів у внутрішньому сполученні та у експортно-імпортному сполученні). Безумовно, попит є одним з основних кроків удосконалення системи маркетингу, адже попит породжує пропозицію, що у свою чергу є каталізатором для підвищення валових доходів Укрзалізниці. Для аналізу попиту та перспектив розвитку вантажних перевезень характерно застосувати Матрицю БКГ (Бостонська консалтингова група) [5, с. 304].

Механізм її полягає у визначенні частки ринку, де знаходиться товар чи послуга, що аналізується. Метод БКГ базується на одній з концепцій мікроекономічного аналізу – «кривій досвіду». Згідно з цією концепцією доходи залізничного транспорту залежать від частки ринку, яку він контролює (більша відносна частка ринку гарантує вищий дохід).

Взаємозв'язок між витратами та максимізацією прибутку лежить в основі розробленого БКГ методу, який дає змогу оцінити портфель продукції та зробити висновки щодо доцільності його зміни. Метод БКГ аналізує грошовий потік організації, який створюється або споживається окремими її підрозділами. Для вантажного руху доцільним вважається такий розподіл:

Вантажний рух у межах країни – «Грошові мішки» – «Дохідні перевезення» – стабільність та велика частка ринку. Це сегменти є «генераторами» прибутку. Вони здатні дати більше коштів, ніж це потрібно для підтримання власної частки ринку, тому їх можна використати для підтримання інших складових матриці БКГ, в першу чергу, для розроблення нових вантажних перевезень. Загальна орієнтація – утвердження лідерства на ринку.

Інтермодальні перевезення нового покоління (контейнерні, бімодальні перевезення) – «Знаки питання» – «Перспективні перевезення». Для цього сегменту характерно швидке зростання та мала частка ринку. Дані вантажні перевезення переважно відповідають фазі впровадження ЖЦП (життєвого циклу послуг), тому вимагає значних коштів на підтримання росту. Вони перебуває у менш вигідному положенні, ніж продукція пріоритетного конкурента, але все

ж має шанс на успіх, тому що ринок розширюється. Якщо цим товарам не надати фінансової підтримки за рахунок інших видів вантажних перевезень, то вони, проходячи фази ЖЦП, потраплять до категорії «собак». Водночас існує стратегічна альтернатива: інвестування (збільшення частки ринку та перехід у «зірки») чи вихід з ринку. Саме це є важливим питанням сьогодення, тому що майбутнє галузі за бімодальними технологіями перевезень, що є ключем до нових сегментів транспортного ринку.

Вантажний рух у міжнародному сполученні – «Зірки» – «Значні перевезення» (швидке зростання та велика частка ринку) – це вантажні перевезення на швидко зростаючому ринку. Вони вимагають значних коштів для підтримання росту. Грошовий потік від цих перевезень незначний, тому що економія від масштабів випуску та нагромадженого досвіду нівелюється потребою у значних капіталовкладеннях для підтримки росту ринку. Якщо ж інвестиції скоротити, то можуть погіршитися довгострокові перспективи самих перевезень, тобто відбудеться їх перехід у наступну категорію, яка приносить основну масу прибутку. Стратегічна альтернатива цього сегменту – розширювати або утримувати лідерство на ринку. В рамках цього питання важливо розглянути перспективу використання транзитного потенціалу України та ефективного використання транспортних коридорів. Адже створення транспортних коридорів та входження України до міжнародної транспортної системи визнано пріоритетним напрямом розвитку транспортно-дорожнього комплексу (ТДК) держави [2, с. 2].

Вантажні перевезення у приміському сполученні – «Собаки» – «Специфічні перевезення» (повільне зростання та мала частка ринку) – це перевезення залізничним транспортом, яке перебуває у найгіршому становищі, тому доцільно позбуватися їх. Однак організації в деяких випадках зберігають ці види продукції в своїй номенклатурі. Цільові ринки збуту, які певною мірою захищені від різких коливань попиту та значних нововведень, і здатні істотно змінити пріоритети покупців, мають змогу підтримувати конкурентоспроможність продукції навіть за умов відносно малої частки ринку. На сьогодні автомобільний транспорт залишається одним із найбільших конкурентів в даному сегменті вантажних перевезень. Ця догма також займає чільне місце у транспортному просторі залізничних перевезень. Ванта-

жні перевезення у приміському сполученні хоч і дають малий дохід для галузі, проте потрібні для розвитку промислових районів.

2. Підвищення рівня якості обслуговування користувачів транспортних послуг. Під якістю транспортної послуги розуміють сукупність властивостей та ознак, що характеризують її направленість, особливості, корисність та здатність задовольнити відповідні запити користувачів у переміщенні. Для характеристики вантажних перевезень основними показниками якості транспортного обслуговування вантажовласників мають бути:

- швидкість та строки доставки вантажів;
- схоронність перевезених вантажів;
- своєчасність перевезень або ритмічність та рівномірність перевезення вантажів;
- комплексність та повнота транспортного обслуговування;
- безпечний транспортний рух;
- екологічність перевезення вантажів;
- повнота задоволення попиту на перевезення.

Усі ці показники якості зведено в один комплексний показник, що має назву «колесо якості» [4, с. 165].

Виконуючи всі умови щодо переміщення вантажів та раціонально оперуючи «колесом якості» вирішуємо одне з найголовніших питань – задоволення користувача і отримання для даної галузі прибутку. Однак, це може бути досягнуто лише завдяки вдосконаленню техніки та технології вантажних перевезень та впровадження сучасних маркетингових інструментів.

3. Формування попиту на транзитні перевезення (розробка та систематична актуалізація логістичних схем транспортування основних транзитних вантажів, проведення аналізу та підготовка пропозицій щодо удосконалення тарифної політики з метою підвищення ефективності роботи транспортної системи України в сегменті транзитних перевезень, підготовка пропозицій та проведення наради експертів стосовно розробки Тарифної політики СНД на 2012 фрахтовий рік, організація перевезень контейнерів та контрейлерів у складі поїздів «Вікінг» та «ZUBR» за маршрутом Балтійське море – Чорне море).

4. Організація ефективної рекламної кампанії передбачає використання таких маркетингових комунікацій:

- іміджева реклама та PR (підготовка та видання іміджевого рекламного проспекту про переваги міжнародних перевезень вантажів, які

здійснюються територією України залізничним транспортом, підготовка та видання іміджевих регіональних рекламних буклетів щодо конкурентних умов перевезення вантажів залізничним транспортом, розміщення іміджевої реклами про переваги перевезення вантажів залізничним транспортом України на телебаченні, в спеціальних виданнях ;

- комп'ютерна реклама (інформування на Веб-сайті УЗ та Веб-сайтах залізниць, розміщення «гарячої» інформації на різноманітних популярних сайтах, створення свого власного активного банеру);

- участь у міжнародних виставках. Цей захід означає позиціонувати галузь на світовому просторі (наприклад: участь у міжнародних конференціях, тендерах, форумах);

- індивідуальне просування транспортних послуг транспортно-експедиційними підприємствами.

5. Підвищення рівня кваліфікації фахівців на залізницях (організація спілок підвищення кваліфікації, різноманітних курсів, актуальним зараз є організація курсів з іноземних мов, що буде дуже необхідним для проведення Міжнародного чемпіонату Євро 2012). Це положення має включати в себе: організацію змагань та підведення підсумків з питань виконання планових експлуатаційних показників та якісного обслуговування користувачів послуг залізничного транспорту у відповідності з розробленим та затвердженим Положенням на звання, а саме:

- кращої дирекції залізничних перевезень;
- кращої товарної контори;
- переможця по професії.

Висновки

Таким чином, вирішення проблем ефективного управління економікою залізничного транспорту та підвищення рівня конкурентоспроможності вантажних перевезень Укрзалізницею передбачає використання сучасних інструментів маркетингу, що буде сприяти формуванню та розвитку транспортної галузі в сучасних ринкових умовах.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту України на 2010-2015 роки [Текст]. – К., 2009.
2. Транспортна політика України та її наближення до норм Європейського союзу. Аналітично-дорадчий центр Блакитної стрічки [Текст]. – К., 2010.

3. Ансофф, И. Стратегическое управление [Текст] / И. Ансофф : [пер. с англ.]. – М.: Экономика, 1989.
4. Абрамов, А. П. Маркетинг на транспорте [Текст] : учебник для вузов / А. П. Абрамов, В. Г. Галабурда, Е. А. Иванова. – М.: Желдориздат, 2001. – 329 с.
5. Маркетинг [Текст]: підручник / В. Руделиус, О. М. Азарян, Н. О. Бабенко [та ін.]; ред. О. І. Сидоренко, Л. С. Макарова. – 3-тє вид. – К.: Навчально-методичний центр «Консорціум із вдосконалення менеджмент-освіти в Україні», 2008. – 648с.
6. О реформировании железнодорожного транспорта в государствах Содружества [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://rian.ru/politics/20011022/2820.html>

Надійшла до редколегії 21.11.2011.
Прийнята до друку 30.11.2011.

Н. В. РАДИОНОВА, О. И. КОБЕЦ

СОВРЕМЕННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ МАРКЕТИНГА ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК В РЫНОЧНЫХ УСЛОВИЯХ УКРАИНЫ

В статье рассматриваются вопросы поиска методов использования инструментов маркетинга для решения проблем развития экономики железнодорожного транспорта и функционирования данной отрасли в рыночных условиях.

Ключевые слова: маркетинг, конкурентоспособность, грузовые перевозки, инструменты маркетинга, анализ спроса, качество транспортного обслуживания

N. V. RADIONOVA, O. I. KOBETS'

MODERN MARKETING INSTRUMENTS OF FREIGHT TRANSPORTATION IN THE MARKET CONDITIONS IN UKRAINE

The article considers issues on searching the methods of using marketing instruments for solving the railway transport development problems and functioning this branch in the market conditions.

Keywords: marketing, competitiveness, freight transportation, marketing instruments, demand analysis, transport service quality

А. Д. ШЕМЕТ (Класичний приватний університет, Запоріжжя)

ФОРМИ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ ТА ЇЇ СКЛАД В СИСТЕМІ ЦИФРОВОЇ ЕКОНОМІКИ

В статті розглядаються основні форми електронної комерції та надається характеристика кожної з них. Проводиться аналіз досліджень вчених з цього питання та пропонується загальна схема їх взаємозв'язку. Розглядається структура цифрової економіки та її складові, визначається місце електронної комерції у її складі.

Ключові слова: цифрова економіка, інтернет-економіка, електронна економіка, інтернет-бізнес, електронний бізнес, електронна комерція, електронна торгівля, інтернет-торгівля

Вступ

У стані стрімкого розвитку інформаційних технологій та розповсюдженню в Україні мережі Інтернет, питання електронної комерції стає дедалі актуальнішим, адже в сучасних реаліях її популярність стрімко зростає. Важливим питанням в формуванні теоретичних основ цього поняття стають форми електронної комерції та її місце в системі цифрової економіки. Дослідженню цього питання свої праці присвятили такі вітчизняні вчені і зарубіжні вчені: Ю. Лисенко, В. Андрієнко, Н. Іванов, В. Царев, А. Кантарович, М. Макарова, Р. Монклер, С. Кехал та інші вчені. Але в силу відмінності та різноманітності пропонованих форм, воно потребує уважного дослідження. Складність стійкості понять в цій області провокується стрімким розвитком в області електронної комерції та появою більшої кількості нових форм.

Результати

Електронна комерція – це сфера цифрової економіки, яка включає в себе всі фінансові і торговельні трансакції, які здійснюються за допомогою комп'ютерних мереж, і бізнес-процеси, пов'язані з проведенням таких трансакцій [5].

Електронна комерція з'явилася завдяки стрімкому розвитку технологій автоматизації продажів, впровадженню на підприємствах автоматизованих систем управління ресурсами, зростанню кількості активних інтернет-

користувачів. Останнім часом електронна комерція охоплює все більш широкі сфери діяльності людини.

В теорії електронної комерції існує декілька загальноприйнятих форм, які поділяють електронну комерцію на сегменти комерційного взаємозв'язку між його учасниками:

– бізнес для бізнесу (business-to-business, B2B) – є взаємозв'язком компаній в електронному середовищі; через віртуальні майданчики B2B підприємства і компанії отримують можливість обмінюватися інформацією, знаходити нових партнерів, постачальників і проводити торгові операції. У західних країнах поняття B2B визначається, як забезпечення виробничих підприємств, різного роду супровідними послугами, обладнанням та іншим.

Комерція B2B являє собою більше, ніж звичайний механізм прийому замовлень в оперативному режимі. Вона формує мережу незалежних організацій, пов'язаних з комерцією або з такими галузями промисловості, як хімічна, автомобілебудівна чи будівельна. Це новий спосіб перегляду товарів, продукції і цін, надання спеціалізованих послуг та доставки спеціальних товарів діловим партнерам, а також це новий спосіб обліку товарних запасів. Все це означає розширення ланцюжка поставки для підвищення оперативності роботи комерційних підприємств [2].

Форма комерції B2B створила нові можливості встановлення контактів між фірма-

ми різного профілю. Так, на зміну традиційним способам встановлення контактів (по телефону, факсу, пошті або особисто) приходять Web-орієнтовані моделі – аукціони та біржі. На ринках, розосереджених по різних географічних регіонах, покупці не можуть знайти постачальників і в кінцевому підсумку переплачують або набувають товари більш низької якості. А в електронній комерції B2B учасники ланцюжка поставки пов'язані один з одним безпосередньо. Так, наприклад, електронна суднова біржа magex.com пов'язує суднобудівників, торгових агентів і посередників, що займаються купівлею і продажем судів.

– бізнес для користувача (business-to-consumer, B2C) – має значення взаємозв'язку компаній з кінцевими користувачами в мережі, тобто роздрібний продаж товарів і послуг приватним особам через Інтернет. Це найбільш перспективний напрямок електронної комерції. До систем B2C відносять: web-вітрини, оформлені засобами web-дизайну; інтернет-магазини, які містять крім вітрини всю необхідну бізнес-інфраструктуру для управління процесом торгівлі через Інтернет (back-office); ТІС (торгова інтернет-система) – інтернет-магазини, back-office яких повністю інтегрований з бізнес-процесами фізичної (оффлайн) компанії [3];

– користувач до користувача (consumer-to-consumer, C2C) – встановлює взаємодію між користувачами Інтернет-послуг (кінцевими споживачами). Така взаємодія відбувається завдяки Інтернет аукціонам, які виступають у ролі посередників між покупцями і продавцями.

– бізнес для адміністрації (Business-to-Government, B2G) – є взаємозв'язком компаній з державними адміністративними органами; в цю категорію включаються ділові зв'язки комерційних структур з урядовими органами, місцевими та міжнародними організаціями. Хоча система B2G розвинена не настільки широко, як перераховані вище, останнім часом простежуються нові тенденції. До них відноситься проведення через Інтернет закупівель товарів і послуг урядами різних країн та керівництвом

міжнародних організацій. Комерційні структури в свою чергу мають можливість направляти свої пропозиції і таким чином вести діалог з владою [4]. Тобто, ця форма включає в себе всі види угод між фірмою та урядовими організаціями. Ще одним з прикладів є державні закупівлі, інформація о яких може публікуватися в мережі Інтернет. Всі фірми, які зацікавлені у поставках запитуваної продукції, можуть надіслати свої пропозиції також електронним шляхом. На додаток до оголошень про закупівлі адміністративні органи можуть також пропонувати можливість електронного обміну при таких операціях, як, наприклад, повернення податку на додану вартість. Дана модель організації системи електронно-оборотної комерції знаходиться на початковому етапі розвитку [2].

– користувач для адміністрації (consumer-to-Government, C2G) встановлює взаємозв'язки користувачів з адміністрацією. Цей напрямок є найменш розвиненим, але має великий потенціал і використовується для організації взаємодії уряду і споживача (особливо в соціальній і податковій сферах). Так, у США третина платників податків подають декларацію про доходи через web-сайти податкового відомства [2]. В Податковому Кодексі України одним із способів подання податкової звітності є передання засобами електронного зв'язку в електронній формі з дотриманням умови щодо реєстрації електронного підпису підзвітних осіб у порядку, визначеному законодавством [1].

Вчені, які займалися дослідженням цього питання виділяють основні та другорядні сегменти цієї моделі по-різному. Так, А. Юрасов виділяє п'ять основних секторів: B2B (бізнес для бізнесу), B2C (бізнес для користувача), B2G (бізнес для держави), C2C (Користувач до користувача), G2C (державна до користувача) та інші, які включають тих самих учасників, які відрізняються тільки характером взаємозв'язку (C2B, G2G, C2B, G2B). Проте, Ю. Лисенко виділяє чотири форми (B2B, B2C, B2A/B2G, C2A/B2G) та одну додаткову (C2C, Користувач до користувача). Вважаємо, що сегмент C2C повинен входити до переліку основ-

них моделей, тому як, ця форма дуже поширена в просторах сучасної електронної комерції. Склад кожної форми наглядно відобразив А. Юрасов у загальній таблиці моделей відносин між учасниками процесу електронної комерції, в якій вказав сфери застосування кожної. В. Царьов, надає схему взаємозв'язку основних моделей електронної комерції у вигляді пов'язаних елементів: компанія-споживач, бізнес (комерція), бізнес, споживач-адміністрація. На думку автора, вона є неповною та не відображає всі взаємозв'язки учасників електронної комерції, тому пропонується наступне її бачення (см. рис. 1).

На рисунку 2 пропонується розгорнута схема, що відображає структуру цифрової економіки. Вона показує складові частини кожного з сегменту, який розглядається.

З метою побудови цієї схеми (см. рис. 2) і зведення в одну структуру всіх складових цифрової економіки був проведений аналіз існуючих досліджень на цю тему. Так, В. Царьов надає інфраструктуру електронної комерції, в якій наглядно видно, що електронна торгівля її складова частина. Але ця схема не відображає сфери, в яких застосовується електронна комерція, а тільки надає основні елементи інфраструктури електронної комерції [3]: система

оподаткування та митних тарифів; служба маркетингу, що включає в себе: банерну рекламу, відділ продажу, відділ дизайну web-сторінок, web-серверів, відділ ціноутворення та інші. О. Струтинська побудувала схему основних способів ведення електронної комерції, але не вказала до належності останньої до складу електронного бізнесу та цифрової економіки в цілому [4]. Тому пропонується схема складу електронної комерції в системі цифрової економіки (рис 2). На нашу думку вона відображає ієрархію елементів цифрової економіки, ставить у належну відповідність усі елементи та показує, які саме процеси охоплюють електронну комерцію та електронних бізнес.

Висновки

Проведене дослідження дало змогу, проаналізувати та узагальнити зміст теоретичних основ форм електронної комерції та визначити склад структури електронної комерції. Таким чином, вона являє собою прогресивно зростаючу економічну ланку України. З її розвитком зростає кількість та різноманітність її форм. Так традиційні форми взаємозв'язку комерційних та некомерційних структур, споживачів, держави переклалися на електронний простір та розвиваються швидкими темпами.

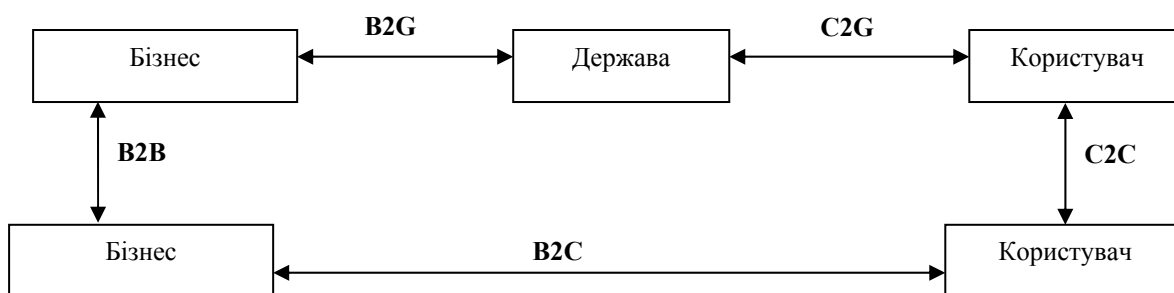


Рис. 1. Схема форм електронної комерції

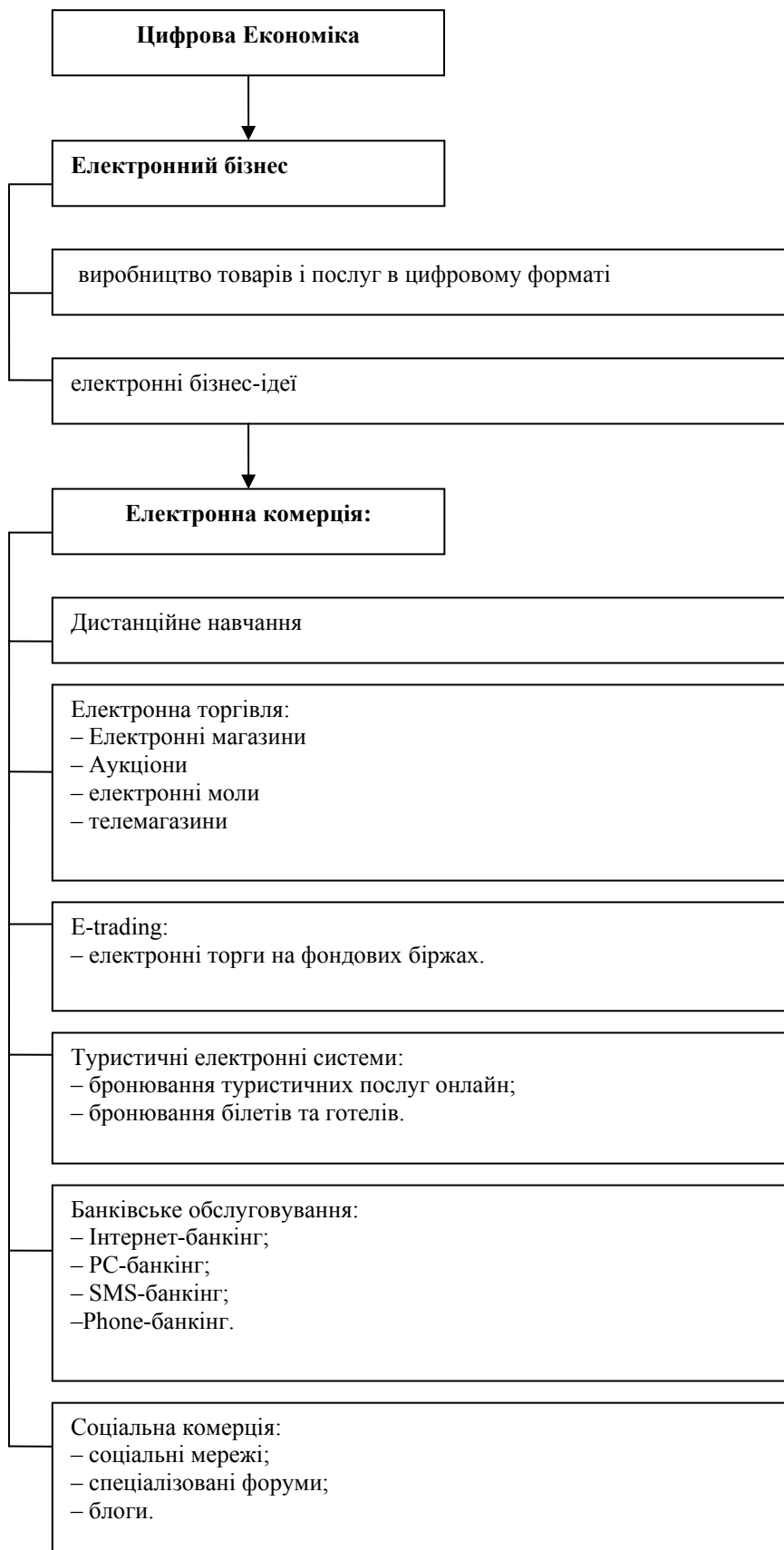


Рис 2. Склад електронної комерції в системі цифрової економіки

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Податковий Кодекс України [Електрон. ресурс] : Кодекс України від 02.12.2010 № 2755-VI. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?page=1&nreg=275517&text=%E5%EB%E5%EA%F2%F0%EE%ED%ED>
2. Классификация систем электронной коммерции [Электрон. ресурс] : Электронный маркетинг, e-bussines. – Режим доступа: <http://blogisstika.ru/?p=20&page=3>
3. Царев, В. В. Экономика, организация и планирование коммерческой деятельности Интернет-компаний [Текст] / В. В. Царев, А. А. Кантарович. – СПб.: Нестор, 2001.
4. Струтинська, О. В. Методика навчання електронної комерції у педагогічному університеті [Електрон. ресурс] / О. В. Струтинська. – Режим доступу: http://www.ii.npu.edu.ua/files/Zbirnik_KOSN/14/19.pdf
5. Мельник, О. В. Електронна комерція як складова частина електронного бізнесу [Електрон. ресурс] / О. В. Мельник // Сьома Всеукраїнська наук.-практ. інтернет-конф. «Соціум. Наука. Культура». – Режим доступу: <http://intkonf.org/melnik-ov-elektronna-komertsiya-yak-skladova-chastina-elektronnogo-biznesu>

Надійшла до редколегії 05.12.2011.

Прийнята до друку 12.12.2011.

А. Д. ШЕМЕТ

ФОРМЫ ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ И ЕЁ МЕСТО В СИСТЕМЕ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

В статье рассматриваются основные формы электронной коммерции и предоставляется характеристика каждой из них. Проводится анализ исследований ученых в этом вопросе и предлагается общая схема взаимосвязи этих форм. Рассматривается структура цифровой экономики и определяется место электронной коммерции в ее составе.

Ключевые слова: цифровая экономика, интернет-экономика, электронная экономика, интернет-бизнес, электронный бизнес, электронная коммерция, электронная торговля, интернет-торговля

A. D. SHEMET

FORMS OF E-COMMERCE AND ITS PLACE IN THE SYSTEM OF DIGITAL ECONOMY

The article deals with main forms of e-commerce and its place in the digital economy, gives the characteristic of each. An analysis of research scientists on this issue and proposed the general scheme of the relationship of these forms. The structure of the digital economy and e-commerce site is determined by its composition.

Keywords: digital economy, Internet economy, electronic business, Internet business, electronic business, electronic commerce, e-commerce

ДО ПИТАННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ ЦІН У ПРОЦЕСІ ОЦІНКИ МАЙНА

Розглянуто питання короткострокового, середньострокового та довгострокового прогнозування динаміки цін. Запропоновано удосконалення методів короткострокового прогнозування на основі експоненціального згладжування. Розроблено модифіковану авторегресійну модель різниць першого порядку для середньострокового прогнозування. Запропоновано метод побудови апроксимуючої функції різниць першого порядку як лінійної комбінації тригонометричних функцій, яка може використовуватись для довгострокового прогнозування.

Ключові слова: оцінка майна, прогноз, ряд динаміки цін, експоненціальне згладжування, авторегресійна модель, автокореляційна функція, апроксимація

Оцінка майна, багато у чому, ґрунтується на прогнозуванні, оскільки вартість майна визначається, у першу чергу, його корисністю для власника (користувача) у майбутньому. Тому при оцінці майна потрібно вирішувати багато різноманітних задач прогнозування.

Кон'юнктура ринку є формою прояву системи чинників, що характеризують стан попиту, пропозиції, цін і конкуренції на ринку в цілому або окремих його сегментах. Динаміка кон'юнктури ринку характеризується постійною мінливістю окремих його елементів. Ці коливання носять, як правило, хвилеподібний характер, що пов'язане з коливанням ринкових цін навколо цін рівноваги на різних сегментах ринку.

Циклічність процесів зміни ринкової кон'юнктури призводить до нестабільності ринкових цін у часі. Цей факт потребує обов'язкового відображення у процесі оцінки. Встановлення ринкової ціни (або ринкової орендної плати) для об'єкта оцінки при реалізації порівняльного та доходного методичних підходів до оцінки проводиться на підставі, як правило, ретроспективних даних щодо цін об'єктів порівняння. Однак, за період часу, що розділяє момент фіксації ціни об'єкта порівняння та дати оцінки, на ринку відбуваються певні кон'юнктурні зміни, що призводять до відмінності середніх рівнів цін у названі моменти часу. Таким чином, ціни (або орендні ставки) об'єктів порівняння, як правило, потребують коригування, що враховують зміну кон'юнктури сегменту ринку, де розміщено об'єкт оцінки, за період часу від дати фіксації ціни об'єкта порівняння до дати оцінки. На погляд авторів, таке коригування може бути виконано за допомогою індексу середньої ціни сегменту ринку (визначається як відношення середнього

рівня цін на дату оцінки до середнього рівня цін на дату фіксації ціни об'єкта порівняння).

Слід зазначити, що у літературі (напр. [1]) для виконання такого коригування пропонується використання індексів інфляції. Але тенденції зміни цін на сегменті ринку, що розглядається, можуть не відповідати загальним темпам інфляції. Тому використання індексів інфляції є не завжди коректним.

Середні рівня цін для встановлення зазначеного індексу визначаються на підставі аналізу ринкової інформації. Однак, аналіз за своєю природою спирається на ретроспективні дані. Тому, як правило, середній рівень цін на сегменті ринку на дату оцінки є невідомим. Отже, для його встановлення потрібно вирішити задачу прогнозування.

Окреслена задача прогнозування характеризується такими ознаками:

- об'єктом прогнозування є динамічний ряд;
- прогнозування короткострокове, як правило на один крок (період);
- ряд динаміки містить різноспрямовані тренди, що змінюють один одного;
- присутні ознаки циклічності.

Однак, у процесі оцінки майна виникають задачі прогнозування рядів динаміки цін не тільки на один крок, а й на більші періоди часу.

Метою цієї роботи є удосконалення методів короткострокового, середньострокового та довгострокового прогнозування цінових рядів динаміки, що дозволить коректно вносити коригування на відмінність у часі об'єктів порівняння від об'єкта оцінки.

На сьогоднішній час відома велика кількість методів прогнозування економічних показників. Для вирішення окресленої вище задачі короткострокового прогнозування, на погляд ав-

торів, доцільно використовувати метод адаптивного прогнозування, що базується на експоненціальному середньому [2].

Як відомо, експоненціальна середня визначається за рекурентною формулою:

$$S_t = \alpha \cdot Y_t + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1}, \quad (1)$$

де S_t – експоненціальна середня у момент часу t ;

Y_t – рівень ряду динаміки у момент часу t ;

S_{t-1} – експоненціальна середня у попередній момент часу;

α – параметр експоненціального згладжування.

При прогнозування експоненціальна середня у певний момент часу інтерпретується як прогноз на наступний момент часу ($Y_{t+1}^* = S_t$, де Y_{t+1}^* – прогноз у момент часу t на наступний момент часу $t + 1$). Параметр експоненціального згладжування приймає значення від 0 до 1 і характеризує швидкість адаптації моделі до зміни рівнів ряду динаміки.

Модель експоненціального згладжування у вигляді 1) може застосовуватись для прогнозування стаціонарних рядів. Ряди ж динаміки середніх ринкових цін, як правило, містять тренди. Тому експоненціальне згладжування у випадку, що розглядається, застосовується до різниць першого порядку, що дозволяє виключити тренди. Такими чином, прогнозний рівень середньої ціни визначається за формулою:

$$P_{t+1}^* = P_t + \alpha \cdot (P_t - P_{t-1}) + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1}, \quad (2)$$

де P_{t+1}^* – прогнозний рівень цін на момент часу $t + 1$, що визначається у момент часу t ;

P_t – рівень цін на момент часу t ;

P_{t-1} – рівень цін у попередній момент часу ($t - 1$);

S_{t-1} – експоненціальна середня ряду динаміки різниць рівнів цін для моменту часу ($t - 1$).

Рекурентна формула для визначення експоненціальної середньої (1) може бути представлена у вигляді:

$$S_t = \alpha \cdot \sum_{i=0}^{t-1} (1 - \alpha)^i \cdot Y_{t-i} + (1 - \alpha)^t \cdot S_0, \quad (3)$$

де Y_{t-i} – рівень ряду у момент часу $t - i$;

S_0 – початкове значення експоненціальної середньої – експоненціальна середня для моменту часу, який передує початку періоду аналізу

(нульовий момент часу).

З формули (3) видно, що експоненціальна середня визначається усіма рівнями ряду динаміки, що спостерігаються, та початковими умовами – початковим значенням експоненціальної середньої та параметром експоненціального згладжування. На цей час відсутні строги правила встановлення початкових умов експоненціального згладжування. На думку авторів, доцільно визначати зазначені показники таким чином, щоб мінімізувати відхилення експоненціальних середніх від відповідних рівнів ряду динаміки, що аналізується. За критерій оптимальності може бути обрано мінімізація суми квадратів відхилень. Оскільки сума квадратів відхилень для ряду динаміки різностей цін дорівнює відповідному показнику для вихідного ряду динаміки цін, задача оптимізації за названим критерієм виглядає таким чином:

$$\begin{cases} L = \sum_{t=1}^n (S_{t-1} - Y_t)^2 \rightarrow \min; \\ 0 < \alpha < 1, \end{cases} \quad (4)$$

де L – функція цілі;

S_{t-1} – експоненціальні середні ряду динаміки різностей рівнів цін;

Y_t – рівні ряду динаміки різностей рівнів цін (нумерація з одиниці): $Y_t = P_t - P_{t-1}$, де P_t – середній рівень цін відповідного періоду (нумерація з нуля).

n – кількість рівняв ряду динаміки різностей рівнів цін, що аналізуються.

У розгорнутому вигляді задача оптимізації задається таким чином:

$$\begin{cases} L = (S_0 - Y_1)^2 + \sum_{t=2}^n \left(\alpha \cdot \sum_{i=0}^{t-2} (1 - \alpha)^i \cdot Y_{t-i} + (1 - \alpha)^{t-1} \cdot S_0 - Y_t \right)^2 \rightarrow \min; \\ 0 < \alpha < 1. \end{cases} \quad (5)$$

У функції цілі (L) змінними є S_0 та α . В загальному випадку задачу (5) доцільно вирішувати методами численної оптимізації, оскільки для кожного значення n формальне вирішення задачі буде різним.

При використанні численних методів оптимізації може бути запропонований інший критерій оптимальності – мінімізація середнього модулів відносних відхилень прогнозних рівнів цін від фактичних.

Сферою застосування розглянутого методичного підходу є прогнозування рівня цін на

короткостроковий період. Для прогнозування на довші проміжки часу необхідно використувати іншу методичну базу.

На думку авторів, середньострокове прогнозування ряду динаміки цін може бути виконано із застосуванням авторегресійної моделі різниці першого порядку.

Відбір лагів (зсувів) для побудови авторегресійної моделі доцільно проводити на основі автокореляційної функції різниць першого порядку. На першому етапі відбираються можливі зсуви, автокореляційна функція у яких має статистично значимий локальний максимум, тобто такі зсуви (i), які відповідають умовам:

$$\begin{aligned} r_{i-1} < r_i > r_{i+1}; \\ r_i > r_i^*, \end{aligned} \quad (6)$$

де r_{i-1}, r_i, r_{i+1} – коефіцієнти автокореляції перших різниць зі зсувом на $i - 1, i, i + 1$ позицій відповідно;

r_i^* – рівень статистичної значимості коефіцієнту автокореляції.

Як відомо, рівень значимості коефіцієнту автокореляції визначається за формулою [3]:

$$r_i^* = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{n-2-i}{t(\alpha, n-2-i)^2}}}, \quad (7)$$

де n – кількість елементів ряду динаміки;
 t – зворотна функція розподілу Стюдента;
 α – ймовірність помилки першого роду.

При цьому, з множини лагів, що розглядаються, зсув на 1 позицію доцільно виключити для подолання автокореляції відхилень від моделі (залишків).

При встановленні максимального лагу (тобто, при виборі останньої факторної змінної авторегресійної моделі), необхідно відбирати зсув для якого відношення коефіцієнту автокореляції до рівня його значимості є відносно великим (у порівнянні з аналогічним показником для інших лагів), тобто:

$$\frac{r_i}{r_i^*} \geq a, \quad (8)$$

де a – константа, що встановлюється на підставі аналізу рівнів $\frac{r_i}{r_i^*}$ для ряду динаміки, що розглядається.

Також при визначенні граничного зсуву (i_{\max}) необхідно враховувати, що обсяг вибірки, яка використовується безпосередньо для

побудови авторегресійної моделі, буде дорівнювати $n - i_{\max}$, де n – обсяг ряду динаміки перших різниць. Тобто i_{\max} повинно бути таким, щоб забезпечити достатній обсяг вибірки для побудови регресійної моделі із заданою кількістю факторних ознак.

Для подальшого відбору лагів, за якими буде побудовано регресійну модель, визначаються коефіцієнти кореляції залишку ряду від позиції ($i_{\max} + 1$) до позиції n з відповідними зсунутими позиціями для лагів, що відібрані на попередньому етапі. Тобто, для лагу i це буде коефіцієнт кореляції:

$$r(x_{i_{\max}+1} \div x_n; x_{i_{\max}+1-i} \div x_{n-i}).$$

Серед відібраних на попередньому етапі лагів відбирається необхідна кількість позицій з найбільшими коефіцієнтами кореляції. Також відбір можна проводити за критерієм максимізації відношення коефіцієнтів, визначених за формулою (8).

При побудові авторегресійної моделі в якості результуючої ознаки виступає залишок ряду динаміки різниць першого порядку. Тобто, авторегресійна модель має вигляд:

$$\hat{x}_t = a_0 + \sum_{j=1}^m a_j \cdot x_{t-i_j}, \quad (9)$$

де a_0, a_j – параметри моделі (коефіцієнти регресії);

\hat{x}_t – модельний (розрахунковий) елемент динамічного ряду різниць першого порядку вихідного цінового ряду динаміки з порядковим номером t ;

x_{t-i_j} – елемент динамічного ряду різниць першого порядку з порядковим номером $t - i_j$ (тобто, зсунутий на відповідну кількість позицій);

m – кількість факторних ознак;

i_j – лаг (зсув) з порядковим номером j з відібраних для побудови моделі.

Параметри моделі (9) можуть бути встановлені методом найменших квадратів, тобто шляхом вирішення оптимізаційної задачі:

$$\sum_{t=i_{\max}+1}^n (\hat{x}_t - x_t)^2 = \sum_{j=1}^m (a_0 + \sum_{j=1}^m a_j \cdot x_{t-i_j} - x_t)^2 \rightarrow \min, \quad (10)$$

де x_t – фактичні (ті, що спостерігаються) елементи динамічного ряду різниць першого порядку.

На думку авторів, покращити якість прогнозування за допомогою авторегресійної моделі

можна, якщо параметри цієї моделі встановлювати як результат вирішення оптимізаційної задачі пошуку мінімуму суми квадратів відхилень розрахункових та фактичних рівнів вихідного цінового ряду динаміки. Тобто, для визначення параметрів авторегресійної моделі вирішується задача оптимізації:

$$\sum_{t=i_{\max}+1}^n (\hat{y}_t - y_t)^2 \rightarrow \min, \quad (11)$$

де \hat{y}_t – розрахунковий елемент вихідного динамічного ряду;

y_t – фактичний елемент вихідного динамічного (ряду динаміки цін).

Розрахунковий елемент вихідного динамічного ряду визначається як сума рівня динамічного ряду у останній момент базового періоду (тобто, якщо елементи вихідного ряду динаміки нумеруються з 0, то це $y_{i_{\max}}$), та загального базисного приросту до моменту t , який, у свою чергу, є сумою модельних значень різниць першого порядку. Тобто, \hat{y}_t задається формулою:

$$\hat{y}_t = y_{i_{\max}} + \sum_{k=i_{\max}+1}^t \hat{x}_k. \quad (12)$$

У свою чергу, модельні перші прирости визначаються за формулою (9).

Об'єднавши названі вище формули, можна поставити таку задачу оптимізації, рішенням якої є параметри авторегресійної моделі:

$$\sum_{t=i_{\max}+1}^n \left(y_{i_{\max}} + \sum_{k=i_{\max}+1}^t \left(a_0 + \sum_{j=1}^m a_j \cdot x_{k-i_j} \right) - y_t \right)^2 \rightarrow \min. \quad (13)$$

Така модифікована авторегресійна модель значно краще за класичну апроксимує цінові ряди динаміки.

На думку авторів, застосування модифікованої авторегресійної моделі дозволяє отримати прогноз різниць першого порядку ряду динаміки, який більше відповідає рівню варіації приростів. Тобто, ця модель дозволяє краще відобразити волатильність ринку при прогнозуванні ринкових цін.

Побудова авторегресійної моделі для прогнозування ряду динаміки ґрунтується лише на частині динамічного ряду (факторною ознакою стає залишок динамічного ряду, що слідує за останнім лагом). Тривалість періоду прогнозування, на думку авторів, не повинна перевищувати тривалість частини ряду, на базі якої будується авторегресійна модель. Тому, сферою за-

стосування розробленої модифікованої авторегресійної моделі є середньострокове прогнозування цінових рядів динаміки. На думку авторів, довгострокове прогнозування динамічного ряду може бути виконано шляхом його екстраполяції за допомогою апроксимуючої функції.

Цінові ряди динаміки, як правило, мають складну структуру. Вони містять дільниці висхідного, низхідного та горизонтального руху цін, які змінюють один одного без очевидних закономірностей. Виконати безпосередньо апроксимацію таких мінливих динамічних рядів досить складно. Тому, для вирішення названої задачі, доцільно перейти від цінового ряду динаміки до ряду його різниць першого порядку, завдяки чому, як правило, досягається виключення з ряду динаміки трендів.

За своїми характеристиками ряди динаміки різниць першого порядку близькі до стаціонарних. При цьому, для різниць першого цінових рядів динаміки притаманна циклічність, на основі якої, на думку авторів, необхідно будувати прогноз. Як правило, цінові ряди динаміки складні і не можуть бути описані одним циклом. Їх потрібно розглядати як декілька взаємно накладених циклів.

Як відомо, для встановлення періодів циклів у динамічному ряді може бути використано автокореляційну функцію [4, глава 6], яка при збігу періоду з лагом (аргументом автокореляційної функції) має локальний максимум. Проте, для автокореляційної функції різниць першого порядку рядів динаміки цін є характерним ріст амплітуди коливань зі збільшенням лагів. Тому, за абсолютним значенням автокореляційної функції, пріоритетними будуть вважатись більші лаги. Для подолання цього недоліку, на думку авторів, силу сигналу можливо вимірювати відношенням автокореляційної функції до рівня її статистичної значимості. Названий критерій описаний формулами (8) та (7). Як періоди можна розглядати лаги, у яких автокореляційна функція має локальні максимуми з найбільшими значеннями критерію (8), у яких цей критерій перевищує одиницю.

Як вже відзначалось, прогнозування різниць першого порядку цінового ряду динаміки може ґрунтуватись на циклічних закономірностях, що їм притаманні. Тому математичну модель для апроксимації цього ряду можна задати як лінійну комбінацію синусів та косинусів. При цьому періоди тригонометричних функцій повинні відповідати періодам циклів, які виявлені аналізом автокореляційної функції різниць

першого порядку цінового ряду динаміки. Тобто розрахункове значення приросту ціни виражається залежністю:

$$\hat{x}_t = a_0 + \sum_{j=1}^m \left(a_j \cdot \sin \left((t-1) \cdot \frac{2\pi}{i_j} \right) + b_j \cdot \cos \left((t-1) \cdot \frac{2\pi}{i_j} \right) \right), \quad (14)$$

де \hat{x}_t – розрахункова t -та різниця першого порядку (приріст) цінового ряду динаміки (нумерація різниць першого порядку починається з 1, відповідно, нумерація елементів вихідного цінового ряду динаміки починається з 0);

a_0, a_j, b_j – параметри моделі;

m – кількість лагів, відібраних за результатами аналізу автокореляційної функції різниць першого порядку;

i_j – j -й лаг з відібраних за результатами аналізу автокореляційної функції різниць першого порядку;

π – число пі.

Відповідно, розрахункові елементи вихідного цінового ряду динаміки визначаються за формулою:

$$\hat{y}_t = y_0 + \sum_{k=1}^t \hat{x}_k, \quad (15)$$

$$\sum_{t=1}^n \left(y_0 + \sum_{k=1}^t \left(c + \sum_{j=1}^m \left(a_j \cdot \sin \left((k-1) \cdot \frac{2\pi}{i_j} \right) + b_j \cdot \cos \left((k-1) \cdot \frac{2\pi}{i_j} \right) \right) \right) - y_t \right)^2 \rightarrow \min. \quad (17)$$

На думку авторів, розроблена у роботі модель здатна відобразити закономірні зміни цінового ряду динаміки і може бути використана для цілей прогнозування.

Таким чином, у роботі запропоновано використовувати для короткочасного прогнозування характеристик цін, яке потрібне для коригування вартісних показників об'єктів порівняння на відмінність моментів фіксації їхніх цін від дати оцінки, адаптивного методу прогнозування, заснованого на експоненціальному згладжуванні різниць (приростів) ряду динаміки. При цьому, пропонується удосконалення названого методу прогнозування за рахунок формалізації вибору початкових умов (початкового значення експоненціальної середньої та параметру експоненціального згладжування). Вказана формалізація досягається визначенням таких початкових умов, які мінімізують відхилення експоненціальних середніх від відповідних рівнів ряду динаміки, що аналізується. За критерій

де \hat{y}_t – розрахунковий t -й елемент цінового ряду динаміки;

y_0 – початковий елемент цінового ряду динаміки.

Оскільки кінцевою метою моделювання ряду різниць першого порядку є екстраполяція вихідного цінового ряду динаміки, на думку авторів, параметри моделі (14) доцільно визначати як результат вирішення задачі мінімізації суми квадратів різниць фактичних і модельних елементів вихідного ряду динаміки. Тобто, задача оптимізації задається формулою:

$$\sum_{t=1}^n (\hat{y}_t - y_t)^2 \rightarrow \min, \quad (16)$$

де y_t – фактичний t -й елемент цінового ряду динаміки;

n – номер останнього елементу цінового ряду динаміки (загальна кількість елементів вихідного ряду дорівнює $n+1$).

Таким чином, при встановленні параметрів моделі (14) використовуються увесь вихідний ціновий ряд динаміки, окрім початкового (з номером 0).

У результаті об'єднання формул задача оптимізації для оцінки параметрів моделі (14) має вигляд:

оптимальності може бути обрано мінімізація суми квадратів відхилень. Зазначений методичний підхід до прогнозування придатний для широкого спектру цінових динамічних рядів та дозволяє отримувати прогнози, які мало залежать від суб'єктивного погляду оцінювача.

Запропоновано метод побудови модифікованої авторегресійної моделі для різниць першого порядку ряду динаміки цін, у якому параметри встановлюються як результат вирішення оптимізаційної задачі пошуку мінімуму суми квадратів відхилень розрахункових та фактичних рівнів вихідного цінового ряду динаміки. Затоптування такої модифікації дозволило значно підвищити якість середньострокового прогнозу цін.

Аналогічна модифікація методу оцінки параметрів регресійної моделі (шляхом мінімізації суми квадратів відхилень фактичних та розрахункових рівнів вихідного ряду динаміки цін при побудові моделі різниць першого порядку)

дозволяє будувати математичну модель для апроксимації ряду динаміки цін як лінійну комбінацію тригонометричних функцій. Така модель відбиває закономірні зміни цін у часі та може застосовуватись для довгострокового прогнозування їх динаміки.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Методичні основи грошової оцінки земель в Україні [Текст] : навч. посібник / Ю. Ф. Дехтяренко [та ін.]. – К.: Профі, 2007. – 624 с.
2. Лукашин, Ю. П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования [Текст] / Ю. П. Лукашин. – М.: Статистика, 1979. – 256 с.

3. Фёрстер, Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа [Текст] : рук-во для экономистов / Э. Фёрстер, Б. Рёнц; [пер. с нем. и предисл. В. М. Ивановой]. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 302 с.
4. Орлов, А. И. Эконометрика [Текст] : учебник / А. И. Орлов. – М.: Изд-во «Экзамен», 2002. – 576 с.

Надійшла до редколегії 06.12.2011.
Прийнята до друку 12.12.2011.

О. Н. ГНЕННЫЙ

К ВОПРОСУ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ЦЕН В ПРОЦЕССЕ ОЦЕНКИ ИМУЩЕСТВА

Рассмотрены вопросы краткосрочного, среднесрочного и долгосрочного прогнозирования динамики цен. Предложено усовершенствование методов краткосрочного прогнозирования на основе экспоненциального сглаживания. Разработана модифицированная авторегрессионная модель разностей первого порядка для среднесрочного прогнозирования. Предложен метод построения аппроксимирующей функции разностей первого порядка как линейной комбинации тригонометрических функций, которая может использоваться для долгосрочного прогнозирования.

Ключевые слова: оценка имущества, прогноз, ряд динамики цен, экспоненциальное сглаживание, авторегрессионная модель, автокорреляционная функция, аппроксимация

O. N. GNENNYI

TO THE ISSUE OF FORECASTING PRICE DYNAMICS IN THE PROPERTY VALUATION

The problems of short-, medium- and long-term forecasting price dynamics are considered. The improvement of short-term forecasting techniques based on exponential smoothing is proposed. A modified autoregressive model of the first-order differences for the medium-term forecasting is developed. A method of constructing the approximating function of the first-order differences as a linear combination of trigonometric functions, which can be used for long-term forecasting, is proposed.

Keywords: property valuation, forecasting, number of price changes, exponential smoothing, autoregressive model, autocorrelation function, approximation

Наукове видання

В І С Н И К

Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Випуск 2 (41)

(українською, російською та англійською мовами)

*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації КВ № 7704
від 08.08.2003 р. видане Державним комітетом телебачення і радіомовлення України*

Відповідальний за випуск *І. П. Корженевич*
Комп'ютерне верстання *В. В. Кузьменко*

Статті в збірнику друкуються в авторській редакції

Формат 60 × 84 ¹/₈. Ум.друк.арк. 37,32. Тираж 100 пр. Зам. №

**Видавництво Дніпропетровського національного університету залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна**

Адреса редакції, видавця та дільниці оперативної поліграфії:

вул. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ-10, 49010, Україна

Тел.: +38 (0562) 47-19-66, факс: +38 (0562) 47-19-83

E-mail: visnik@diit.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1315 від 31.03.2003.