

ISSN 1993-9175

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ



ВІСНИК

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

Випуск 35

**Дніпропетровськ
2010**

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ 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

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

За загальною редакцією проф. О. М. ПШІНЬКА

Засновано в 2003 році

Випуск 35

Дніпропетровськ
2010

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 30.06.2010 р., протокол № 11

Редакційна колегія:

головний редактор – доктор технічних наук *О. М. Пішійко*;
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, В. І. Бобровський, Б. Є. Боднар, А. А. Босов, В. О. Браташ, І. О. Вакулєнко, 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 *М. М. Біляєв, С. І. Нейковський, О. В. Федін*; доктор біологічних наук *А. С. Дворецький*; доктори економічних наук *Ю. С. Бараиш, С. В. Каламбет, В. І. Копитко, В. Д. Крамаренко, А. А. Покотілов*

Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Вип. 35. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2010. – 300 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, 2010

ЗМІСТ

ГАЛУЗЬ ТЕХНІЧНИХ НАУК

РОЗДІЛ «РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ»

Е. П. БЛОХИН, М. Л. КОРОТЕНКО, И. В. КЛИМЕНКО (ДИИТ) ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ КРИТЕРИЯ НАДАЛЯ	7
В. Л. ГОРОБЕЦ, А. М. БОНДАРЕВ (ДИИТ), В. М. СКОБЛЕНКО (Укрзалізниця, Киев) АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАРАБОТКИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ЗАДАЧАХ ПРОДЛЕНИЯ СРОКОВ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ	10
Г. С. ИГНАТОВ (ОАО «КВСЗ», Кременчуг), В. Р. РАСПОПИН, С. Д. СЫЧЕВ, С. В. ШМАКОВ, П. А. ХОЗЯ, А. А. СУЛИМ, А. А. МЕЛЬНИК (ГП «УкрНИИВ», Кременчуг) ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДА В АККУМУЛЯТОРНЫХ ЯЩИКАХ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ	17
Й. Й. ЛУЧКО (ДІТ), С. Г. ІВАНІК, В. М. СЕМЕРАК (Львівський національний аграрний університет) МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС ПРОЦЕСУ ТЕПЛОУТВОРЕННЯ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ КОЛЕСА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ І РЕЙКИ	21
А. Н. СОБЕРЖАНСКИЙ, Л. В. ЦЫГАНСКАЯ (ПГУПС, Санкт-Петербург, Российская Федерация) СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВАГОНОВ-ЦИСТЕРН	25

РОЗДІЛ «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ»

В. В. АРТЕМЧУК (ДІТ) ФОРМУВАННЯ АМОРФІЗОВАНИХ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ В УМОВАХ ГАЗОТЕРМІЧНОГО НАПИЛЕННЯ	29
О. О. БАРДАСЬ (ДІТ) АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОЇЗДОПОТОКІВ ПРИ АВТОМАТИЗОВАНОМУ УПРАВЛІННІ ЧЕРГОВІСТЮ РОЗПУСКУ СОСТАВІВ	35
П. В. БЕХ (ДИИТ) СИНЕРГЕТИЧНИЙ ЕФЕКТ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ЛОГІСТИЧНИХ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТА ІНШИХ ВИДАХ ТРАНСПОРТУ	39
Е. А. БОНДАРЬ (Донецкий институт железнодорожного транспорта) СНИЖЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ ПРИ РЕОСТАТНЫХ ИСПЫТАНИЯХ ТЕПЛОВОЗОВ	45
О. М. ГОРОБЧЕНКО (Донецкий институт железнодорожного транспорта) ВИЗНАЧЕННЯ ІМОВІРНОСТІ ВИНИКНЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ПОДІЇ В ЛОКОМОТИВНОМУ ГОСПОДАРСТВІ	48
В. А. ДЗЕНЗЕРСКИЙ, С. В. БУРЫЛОВ, В. Ю. СКОСАРЬ, Е. Л. ВЫДУТАЯ (ИТСТ НАНУ «Трансмаг», Днепропетровск) СПОСОБ КОНТРОЛЯ МЕЖЭЛЕМЕНТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ПОЛЮСНЫХ ВЫВОДОВ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ	52
С. І. МУЗИКІНА, Г. І. ПЕРЕСТА, І. Л. ЖУРАВЕЛЬ, В. В. ЖУРАВЕЛЬ (ДІТ) ВПЛИВ РОЗПОДІЛУ РОБОТИ З ОБСЛУГОВУВАННЯ МОРСЬКОГО ПОРТУ У ВУЗЛІ НА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ВАНТАЖНОЇ СТАНЦІЇ	57
А. М. ПАСІЧНИК, С. С. КРАВЧУК, В. В. КУТИРЄВ (АМСУ, Дніпропетровськ) ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ ПРОДОВОЛЬЧИХ ТОВАРІВ	62

РОЗДІЛ «ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ»

А. М. АФАНАСОВ (ДИИТ)

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЕХАНИЧЕСКОГО СПОСОБА КОМПЕНСАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ ПРИ ИХ ВЗАИМНОЙ НАГРУЗКЕ 69

Н. Г. ВИСИН, Б. Т. ВЛАСЕНКО, Д. Г. БИЛЫЙ (ДИИТ)

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ СТУПЕНЧАТОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО ПУСКА И РЕОСТАТНОГО ТОРМОЖЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОПОЕЗДАХ ЭР9Т И ЕПЛ9Т 74

А. М. МУХА (ДІІТ)

ВТРАТИ У МАГНІТОПРОВІДІ ТРИФАЗНОГО ТЯГОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ПІДВИЩЕНОЇ ЧАСТОТИ 81

Ю. Б. НАПАРА, С. А. ПЛИТЧЕНКО (ДИИТ)

ПРОСТОЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АБСОЛЮТНОГО СКОЛЬЖЕНИЯ АСИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТРЕБУЕМОГО МОМЕНТА 89

РОЗДІЛ «ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ»

И. П. КОРЖЕНЕВИЧ (ДИИТ)

ДОПУСКАЕМЫЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ В КРИВЫХ БЕЗ ПЕРЕХОДНЫХ КРИВЫХ 95

М. Б. КУРГАН, М. А. ЗАЯЦ (ДІІТ)

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗМЕЖУВАННЯ НАПРЯМКІВ ПАСАЖИРСЬКОГО ТА ВАНТАЖНОГО РУХУ ЗА КРИТЕРІСМ ВИТРАТ НА УТРИМАННЯ ТА РЕМОНТ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ 99

М. Б. КУРГАН, Н. П. ХМЕЛЕВСЬКА (ДІІТ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ПЛАНУ ЛІНІЇ НА ВЕЛИЧИНУ ВІДЦЕНТРОВИХ НЕПОГАШЕНИХ СИЛ 106

К. В. МОЙСЕЄНКО (ДІІТ)

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН СТРІЛОЧНОГО ПЕРЕВОДУ ТИПУ Р65 МАРКИ 1/11 ПРОЕКТУ Дн 355 ЗА ДАНИМИ НАТУРНОГО ВИПРОБУВАННЯ 114

В. В. РЫБКИН, Е. М. БАЛЬ, И. А. БОНДАРЕНКО (ДИИТ)

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ 124

В. В. РИБКІН, К. Л. КАЛЕНИК (ДІІТ)

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ШИРИНИ КОЛІЇ ТА ПОЛОЖЕННЯ У ПЛАНІ БОКОВОГО НАПРЯМКУ СТРІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ 129

РОЗДІЛ «ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО»

В. И. ПЕТРЕНКО (ОАО «Киевметрострой»), В. Д. ПЕТРЕНКО (ДИИТ),

Г. К. САВИНКОВ (НТЦ «Криптон», Киев)

НАДЕЖНОСТЬ СПОСОБОВ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЕРЕГОННЫХ ТОННЕЛЕЙ КИЕВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА 135

В. Д. ПЕТРЕНКО, В. Т. ГУЗЧЕНКО, А. Л. ТЮТЬКИН, А. М. М. АЛХДУР (ДИИТ)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСИЛЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА МАЛОДЕФОРМИРУЕМЫМ СЛОЕМ 139

О. М. ПШИНЬКО, А. В. КРАСНЮК, Б. Г. КЛОЧКО, В. ГРОМОВА (ДІІТ),

В. В. ПАЛІЙ (Укрзалізниця, Київ)

МОДИФІКАЦІЯ РЕМОНТНИХ СКЛАДІВ ПОЛІМЕРНИМИ ДОБАВКАМИ ПРИ РЕМОНТІ БУДІВЕЛЬ ТА ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД НА ТРАНСПОРТІ 145

А. Н. ПШИНЬКО, А. В. КРАСНЮК, С. А. БЫЧКОВ (ДИИТ)

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА И СПОСОБОВ МОДИФИКАЦИИ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ НА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ И ЗАПОЛНИТЕЛЯХ 150

Н. И. НЕТЕСА, Д. В. ПАЛАНЧУК (ДИИТ)

ЛЕГКИЕ БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ ГРАНШЛАКА ЗАВОДА им. ПЕТРОВСКОГО 156

А. В. РАДКЕВИЧ, Ю. М. ГОРБАТЮК, І. М. ЄВІН, С. О. ЯКОВЛЄВ (ДІІТ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАПРОВАДЖЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО ВИРОБНИЦТВА ГАБІОННИХ КОНСТРУКЦІЙ 162

А. С. РАСПОПОВ, В. Е. АРТЕМОВ, С. П. РУСУ (ДИИТ) ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ С ЭКСЦЕНТРИСИТЕТОМ РЕЛЬСОВОГО ПУТИ.....	168
--	-----

РОЗДІЛ «ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ»

Н. Н. БЕЛЯЕВ, П. Б. МАШИХИНА (ДИИТ) РАСЧЕТ АВАРИЙНОГО РАССЕЙВАНИЯ ТОКСИЧНОГО ГАЗА В АТМОСФЕРЕ С УЧЕТОМ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ НА БАЗЕ КОДА <i>TERRAIN-2I</i>	172
Ю. В. ЗЕЛЕНЬКО, А. Л. ЛЕЩИНСЬКА (ДІТ), С. В. БОЙЧЕНКО (НАУ, Київ) РОЗРОБКА ПРИНЦИПІВ І МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ.....	177
А. Н. ПШИНЬКО, Л. В. АМЕЛИНА, Н. Н. БЕЛЯЕВ (ДИИТ) ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АКВАТОРИИ р. ДНЕПР ПРИ АВАРИЙНОЙ УТЕЧКЕ АММИАКА ИЗ АММИАКОПРОВОДА «ТОЛЬЯТТИ – ОДЕССА»	181

РОЗДІЛ «АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ»

И. О. РОМАНЦЕВ, В. И. ГАВРИЛЮК (ДИИТ) АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ТОНАЛЬНОЙ РЕЛЬСОВОЙ ЦЕПИ ПЕРЕГОНА.....	187
---	-----

РОЗДІЛ «МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ»

М. П. БОЖКО, О. О. МАЗУРЕНКО (ДІТ) ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЇ ВАГОНО-ГОДИН НАКОПИЧЕННЯ ПРИ ВИКОНАННІ ОБМІНУ ГРУП ВАГОНІВ У ДВОГРУПНОМУ ПОЇЗДІ.....	193
З. М. ГАСАНОВ (ДИИТ) МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ С ПОМОЩЬЮ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЯДОВ	198

РОЗДІЛ «МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»

І. О. ВАКУЛЕНКО (ДІТ) СТРУКТУРНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПРИ ВІДПУСКУ ХОЛОДНОДЕФОРМОВАНОЇ ВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ.....	202
Н. Ю. ФИЛОНЕНКО (УГХТУ, Днепропетровск), С. Б. ПИЛЯЕВА (ДНУ им. О. Гончара, Днепропетровск), С. И. КУЛИКОВ (УГХТУ, Днепропетровск) ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХОЛОДНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ПРОЦЕСС ДИФУЗИОННОГО НАСЫЩЕНИЯ ОДНОВРЕМЕННО УГЛЕРОДОМ И БОРОМ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ И БОРСОДЕРЖАЩИХ СПЛАВОВ.....	207

ГАЛУЗЬ ЕКОНОМІЧНИХ НАУК

РОЗДІЛ «ЕКОНОМІКА ТРАНСПОРТУ»

И. М. АКСЁНОВ, А. В. ЛИТКОВСКИЙ (ГЭТУТ, Киев) СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПАССАЖИРСКИХ ТЕРМИНАЛОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ.....	211
Є. І. БАЛАКА, О. В. СЕМЕНЦОВА (УкрДАЗТ, Харків) КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ ЕКОНОМІЧНОЇ СИСТЕМИ ПРИМІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ	215

Н. О. ГАЙДУК, О. М. ПШІНЬКО (ДІТ) ОНОВЛЕННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ЯК ПРІОРИТЕТНИЙ НАПРЯМОК ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ «УКРЗАЛІЗНИЦІ».....	219
О. ДЕЙНЕКА, А. РЕБРОВА (УкрДАЗТ, Харків) ЕКОНОМІЧНІ СКЛАДОВІ ПОЗИЦІЮВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ НА РИНКУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	223
В. А. ЗОВА (ДонІЗТ УкрДАЗТ, Донецьк) ІНФОРМАТИЗАЦІЯ ПРІОРИТЕТНИХ НАПРЯМКІВ СОЦІАЛЬНОГО ТА ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНУ	227
О. Г. КІРДІНА (УкрДАЗТ, Харків) ІНВЕСТИЦІЙНО-ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК ЯК ФАКТОР ВІДТВОРЕННЯ ЕКОНОМІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ	234
Л. КУРАЧЕНКО (ДЕТУТ, Київ) АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕКОНОМІЮ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ	241
О. В. КУЧКОВА (УДХТУ, Дніпропетровськ) РЕФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ В УМОВАХ КРИЗИ.....	250
Л. В. МАРЦЕНЮК, О. М. ПШІНЬКО (ДІТ) КРИТЕРІЙ ДЛЯ ПОРІВНЯННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВАРІАНТІВ УПРАВЛІННЯ ПАРКАМИ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ	253
Ю. В. МИРОШНИЧЕНКО (УкрДАЗТ, Харків) ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО СТРУКТУРНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ В СЕКТОРІ ПРИМІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ	258
М. І. МІЩЕНКО (ДІТ) ПРОБЛЕМИ ФОРМУВАННЯ ВИТРАТ ОБ'ЄКТІВ КОЛІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ.....	263
Т. В. ПОЛІШКО, А. В. ШУЛЬГА, Р. Б. ЛОТИШ (ДІТ) МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ЩОДО УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧИМИ ЗАПАСАМИ	267
О. М. ПШІНЬКО, Ю. С. БАРАШ, І. М. ЛОМТЄВА (ДІТ) АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ЗАТРАТ НА ТРАНСПОРТІ В УМОВАХ ЙОГО РЕФОРМУВАННЯ.....	272
В. І. РОМАНКО, О. В. РОМАНКО, В. М. СТЕПАНЕНКО (ДІТ) ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРАЦІ ПО ГОСПОДАРСТВУ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРЗАЛІЗНИЦІ.....	278
О. М. СИНІКОВА (УкрДАЗТ, Харків) ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ.....	281
М. П. СНАЧОВ, І. О. ЛЯШЕНКО (ДІТ) ІНОЗЕМНІ ІНВЕСТИЦІЇ ЯК СПОСІБ РЕФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ	284
М. П. СНАЧОВ, Т. В. ПОЛІШКО, М. Ф. СТРЮКОВАТСЬКА (ДІТ) ДЕЯКІ ШЛЯХИ ПОДОЛАННЯ КРИЗИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ.....	289
Н. Г. ШПАНКОВСЬКА, Ю. Т. ТРУШ (НМетАУ, Дніпропетровськ), А. В. ТРУШ (Дніпропетровська філія ВАТ «КРЕДОБАНК») УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНОЮ СПРЯМОВАНІСТЮ ДІЯЛЬНОСТІ КОМЕРЦІЙНИХ БАНКІВ	293

ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ КРИТЕРИЯ НАДАЛЯ

У роботі запропоновано графічне представлення критерію Надаля.

Ключові слова: безпека руху, сходження, сходження колеса з рейки

В работе предложено графическое представление критерия Надаля.

Ключевые слова: безопасность движения, сход, сход колеса с рельса

A graphical representation of the Nadal's criterion is proposed in the paper.

Keywords: traffic safety, wheelset derailment

Как известно, критерий Надаля [1, 2] устанавливает соотношение между приложенными к колесу горизонтальной поперечной Y и вертикальной Q силами, при котором опирающееся в одной точке гребнем о головку рельса колесо будет скользить вниз, обеспечивая недопущение схода путем всползания колеса на рельс (рис. 1), т.е.

$$\frac{Y}{Q} < \frac{\operatorname{tg} \beta - \mu}{1 + \mu \operatorname{tg} \beta}, \quad (1)$$

или

$$\frac{Y}{Q} < \operatorname{tg}(\beta - \varphi), \quad (2)$$

где β – угол между образующей конической части гребня и горизонталью; μ – коэффициент трения гребня о головку рельса; φ – угол трения ($\operatorname{tg} \varphi = \mu$); $F_{\text{тр}} = \mu N$ – сила трения; N – нормальная реакция.

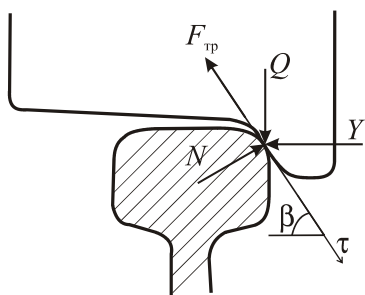


Рис. 1. Силы, действующие в точке контакта при скольжении гребня вниз относительно головки рельса

Помимо аналитических выражений представляет интерес рассмотреть графические представления, связанные с упомянутым выше критерием. Для этого рассмотрим прямоугольную систему координат, в которой соответственно по горизонтали и вертикали отложены силы Y и Q .

Предварительно рассмотрим состояние предельного равновесия системы сил перед скольжением колеса вниз. При этом сумма проекций на направление образующей конической части гребня $Q \sin \beta - Y \cos \beta$ должна быть больше нуля и направлена вниз, а сила трения $\mu(Q \cos \beta + Y \sin \beta)$ направлена вверх. При этом

$$Q \sin \beta - Y \cos \beta = \mu(Q \cos \beta + Y \sin \beta). \quad (3)$$

Из (3) следует соотношение

$$\left(\frac{Y}{Q} \right)_{\text{равн.}} = \operatorname{tg}(\beta - \varphi). \quad (4)$$

Если из начала координат провести линию OA под углом $(\beta - \varphi)$ к вертикальной оси (рис. 2), то все принадлежащие ей точки будут удовлетворять условию (4)

Любое сколь угодно малое уменьшение величины $\frac{Y}{Q}$ по сравнению с $\operatorname{tg}(\beta - \varphi)$ (тогда $Y/Q < \operatorname{tg}(\beta - \varphi)$) вызывает срыв трения и скольжение гребня вниз. Т.е. точки, расположенные слева от линии OA , будут соответствовать неравенствам (1) и (2) и представлять зону безопасности от схода по Надалю.

Если отложить от вертикальной оси по часовой стрелке угол $(\beta + \varphi)$ и провести линию OC , то она будет геометрическим местом точек, для которых отношение $\frac{Y}{Q}$ соответствует второму состоянию предельного равновесия перед движением колеса вверх относительно головки рельса (сумма проекций активных сил направлена вверх, а сила трения направлена вниз)

$$\frac{Y}{Q} = \operatorname{tg}(\beta + \varphi). \quad (5)$$

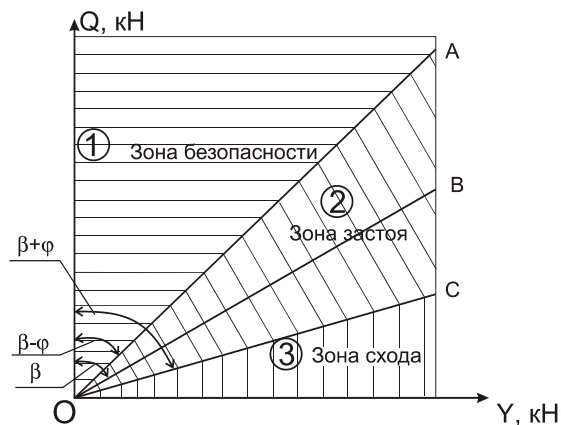


Рис. 2. Зоны безопасности от схода, застоя и схода колеса с рельса в плоскости YOQ

При любом сколь угодно малом превышении значения Y/Q над указанным в (5) произойдет срыв трения, и начнется скольжение вверх, т.е. процесс схода. Поэтому все точки справа от линии OC будут соответствовать зоне схода колеса с рельса.

Точки, расположенные между линиями OA и OC, соответствуют зоне застоя [3]. В этой зоне сумма проекций действующих на колесо активных сил на образующую поверхности гребня меньше максимальной величины соответствующей силы трения, и колесо находится в равновесии. Ширина зоны застоя, естественно, зависит от величины коэффициента трения μ , а при отсутствии трения ($\mu = 0$) превращается в линию OB. При этом зона схода непосредственно примыкает к зоне безопасности.

В этом смысле указанная область застоя аналогична плоскому сечению конуса трения с осью, составляющей угол β с осью OQ.

Подход, предложенный Надалем, достаточно широко используется для оценки безопасности от схода подвижного состава железных дорог. Так, в европейских нормах [4] в качестве допустимой величины с точки зрения схода колеса с рельса используется соотношение

$$\frac{Y}{Q} = 0,8. \quad (6)$$

Если на диаграмме (рис. 3) отложить от оси OQ угол $\varphi_1 = \arctg 0,8 \cong 39^\circ$, то между этой прямой и вертикалью получим область допустимых значений Y/Q по этому критерию.

Предпосылки постановки задачи Надаля используются также и в «Нормах расчета и проектирования вагонов...» [5]. Для оценки степе-

ни безопасности колес вагонов от схода вводится коэффициент запаса устойчивости от схода колеса с рельсов K_{yc} :

$$K_{yc} = \frac{\left(\frac{Y}{Q}\right)_{\text{равн.}}}{\left(\frac{Y}{Q}\right)_{\text{расч.}}}, \quad (7)$$

где $\left(\frac{Y}{Q}\right)_{\text{равн.}} = \tg(\beta - \varphi)$ относится к состоянию

предельного равновесия перед скольжением гребня колеса вниз по головке рельса;

$\left(\frac{Y}{Q}\right)_{\text{расч.}}$ – отношение горизонтальной силы к

вертикальной в точке контакта, причем эти силы определяются как суммы приведенных к точке контакта сил, приложенных к колесной паре, вертикальных динамических сил, действующих на шейки колесной пары (статических сил и динамических добавок) и веса колесной пары, и горизонтальных – рамной силы и силы трения в точке опирания на рельс ненабегающего колеса. Исходя из допускаемой величины $[K_{yc}]$ можно из (7) найти допускаемое отношение $[Y/Q]$

$$\left[\frac{Y}{Q}\right] = \frac{\tg(\beta - \varphi)}{[K_{yc}]}. \quad (8)$$

Используя то, что в [5] для грузовых вагонов $[K_{yc}] = 1,3$, а для пассажирских $[K_{yc}] = 1,6$ и то, что для вагонов $\beta = 60^\circ$, а обычно принимают $\mu = 0,25$, откуда $\varphi = \arctg 0,25 \cong 14^\circ$, а $\tg(\beta - \varphi) = 1,03$, можно найти

$$\left[\frac{Y}{Q}\right]_{\text{гр.}} = \frac{1,03}{1,3} = 0,79,$$

$$\left[\frac{Y}{Q}\right]_{\text{пасс.}} = \frac{1,03}{1,6} = 0,64.$$

При этом если $\tg \varphi_{\text{гр.}} = 0,79$ и $\tg \varphi_{\text{пасс.}} = 0,64$, то $\varphi_{\text{гр.}} \cong 38^\circ$ и $\varphi_{\text{пасс.}} \cong 33^\circ$. Тогда, если провести из начала координат лучи под углами $\varphi_{\text{гр.}}$ и $\varphi_{\text{пасс.}}$ к вертикали, то области допускаемых отношений Y/Q (включая границы) для грузовых и пассажирских вагонов можно получить меж-

ду вертикальной осью и соответствующими лучами.

На рис. 3 для грузовых и пассажирских вагонов приведены расположенные между соответствующими лучами зоны безопасности $OQ-OA$, зона застоя $OA-OC$, зона схода $OC-OY$, а также области допустимых значений параметров: для европейских норм – $OQ-OE$; для грузовых вагонов по нормам [5] – $OQ-OG$, для пассажирских вагонов – $OQ-OP$.

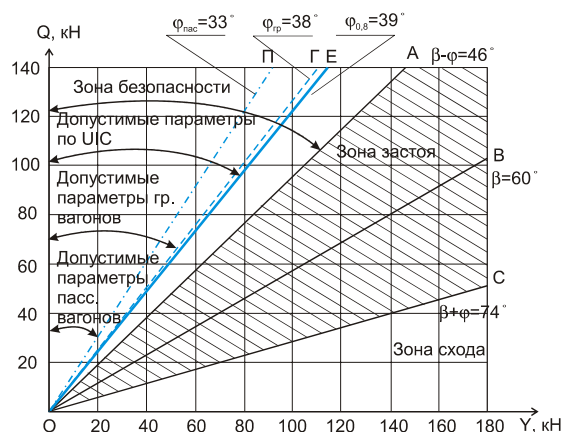


Рис. 3. Допускаемые значения горизонтальной поперечной Y и вертикальной Q сил, действующих в точке контакта с точки зрения допускаемых величин коэффициента запаса устойчивости от схода колеса с рельсов

Сравнение полученных областей показывает, что они достаточно близки для европейских норм и норм СНГ. При этом для европейских норм область допустимых значений Y/Q несколько шире, чем для норм СНГ.

Таким образом, из рис. 2 и 3 видно, что зона безопасности отделена от зоны схода зоной застоя (равновесия). Авторы статьи [6] вполне справедливо отмечают, что нельзя утверждать, что когда будет нарушено условие Надаля $\frac{Y}{Q} < \operatorname{tg}(\beta - \varphi)$, то сразу начнется процесс всползания гребня колеса вверх по рельсу.

Связано это с тем, что при этом сумма проекций активных сил на образующую окажется меньше наибольшей величины силы трения, и система окажется в положении равновесия или в зоне застоя, как это видно из рис. 2, 3.

Видимо, этим и объясняется упомянутое в работе [6] со ссылкой на источники [7], [8] от-

меченное в некоторых опытах отсутствие схода с рельсов при невыполнении критерия Надаля.

Выводы

1. Предложено графическое представление критерия Надаля.

2. Проведена некоторая детализация положений, касающихся оценки безопасности от схода колес с рельсов подвижного состава железных дорог, в указанной выше постановке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Nadal, M. J. Locomotives a Vapeur Collection Encyclopedie Scientifique Bibliotèque de Mecanique Applique et Genie [Text] / M. J. Nadal. – Vol. 186. – Paris, 1908.
2. Черкашин, Ю. М. Сравнение некоторых критериев, оценивающих опасность схода путем всползания колеса на рельс [Текст] / Ю. М. Черкашин, Д. Ю. Погорелов, В. А. Симонов // Вісник СХУ ім. В. Даля. – 2005. – С. 98-103.
3. Блохин, Е. П. К постановке задачи об оценке степени безопасности колесных пар от схода с рельсов [Текст] / Е. П. Блохин, М. Л. Коротенко, И. В. Клименко / Вісник СХУ ім. В. Даля. – 2010. – № 9 (151). – Ч. 2. – С. 6-10.
4. UIC Code 518. Testing and approval of railway vehicles from the point at view of their dynamic behavior – Safety – Track fatigue – Ride quality [Text]. – 3-rd ed. – October 2005.
5. Нормы расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст]. – М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 346 с.
6. Винник, Л. В. Замечания по поводу использования критерия Надаля при оценке безопасности схода с рельс [Текст] / Л. В. Винник, Г. П. Бурчак // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – 2005. – № 8 (90). – С. 108-113.
7. Gilchrist, A. O. A reexamination of the proneness to derailment of a railway wheel-set [Text] / A. O. Gilchrist, B. V. Brickle // J. of Mech. Engineering Science. – 1976. – Vol. 18, No. 3. – P. 134-141.
8. Blader, F. B. Assessing Proximity to Derailment from Wheel/Rail Forces [Text] / F. B. Blader // A Review of the State of the Art, ASME paper, Winter Annual Meeting. – November 1989.

Поступила в редколлегию 03.06.2010.

Принята к печати 21.06.2010.

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАРАБОТКИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ЗАДАЧАХ ПРОДЛЕНИЯ СРОКОВ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ

В статті розглянуто методи оцінки напрацювань, які сприймаються несучими конструкціями рухомого складу в процесі експлуатації, наведено конкретні приклади їх застосування.

Ключові слова: рухомий склад, подовження термінів експлуатації, напрацювання несучих конструкцій

В статье рассмотрены методы оценки наработок, воспринимаемых несущими конструкциями подвижного состава в процессе эксплуатации, приведены конкретные примеры их использования.

Ключевые слова: подвижной состав, продление сроков эксплуатации, наработка несущих конструкций

In the paper the methods of estimation of the accrued operating times perceived by the rolling stock supporting structures during their operation are considered; the concrete examples of their use are presented.

Keywords: rolling stock, prolongation of operation period, accrued operating time of supporting structures

Целью проведения натурных ходовых прочностных испытаний тягового и мотор-вагонного подвижного состава (ПВС) [1 – 6] для продления назначенного срока службы является получение достоверных оценок фактической динамической нагруженности его основных несущих конструкций (НК).

Вопросы, которые приходится решать при организации, проведении и анализе результатов испытаний, включают в себя:

- обоснованный выбор объектов испытаний, которые при максимальных эксплуатационных пробегах должны иметь среднее или не вполне удовлетворительное состояние их динамических показателей и технического состояния экипажной части;
- подбор испытательных направлений и плеч движения, которые либо позволяют оценивать динамическую нагруженность несущих конструкций при всех возможных сочетаниях элементов плана-профиля пути, скоростей и режимов ведения поезда, либо давать достоверные оценки нагрузок в эксплуатационных режимах для данной серии ПВС;
- выбор типа измерительного комплекса (стационарный, автономный или мобильный варианты), позволяющего обеспечить проведение испытаний ПВС без исключения его единиц из эксплуатационной работы;
- обеспечение требуемых режимов проведения испытаний, связанных с необходимостью набора статистики нагруженности НК или обеспечения поддержания неискаженного (штатного) режима его

эксплуатации;

- выбор зачетных результатов испытаний, содержащих в должных соотношениях как типичные, так и вероятные форсированные режимы нагружения НК ПВС.

Перед проведением испытаний формируется программа и методика их проведения. Программа и методика испытаний устанавливает цель, задачи, виды, условия и методы проведения испытаний подвижного состава с целью оценки динамической нагруженности их несущих конструкций.

Ниже рассмотрены особенности, которые характерны для проведения динамических ходовых и динамических прочностных испытаний по оценке и продлению срока службы подвижного состава.

Для оценки нагрузок, действующих на НК ПВС, могут быть рассмотрены три основных метода получения достоверных оценок его динамической нагруженности:

- *статистический*, когда для каждой ситуации движения (тип элемента плана пути, скорость движения, режим ведения локомотива) проводится оценки требуемых показателей прочности и динамики ПВС, которые впоследствии суммируются с принятыми для них вероятностями появления [7] P_{ikl} , т.е. частотой попадания амплитуды напряжений в i -тый интервал в случае движения ТПС со скоростью V_k (в границах k -го интервала скоростей движения) при движении ПВС по пути, который характеризуется l -тым интервалом радиусов кривых. При этом допускается, что скорость движения и характеристики пути (в пределах установленных

для них скоростей движения) являются статистически независимыми величинами, а суммарная длина реализации в каждой ситуации движения может быть выбрана согласно требованиям на проведение испытаний (например, приемлемые для этой цели требования изложены в [8]).

- *эксплуатационный*, в данном случае испытания выполняются на участках обращения испытываемого ПС с установленными скоростями движения. Суммарная длительность реализаций динамических процессов может быть принята равной

$$T_{\text{сумм}} = n_v n_p n_r T_{\text{сум}}$$

где $T_{\text{сумм}}$ – суммарная длительность динамических процессов, подлежащих последующему анализу; $n_v = 4 \dots 6$ – количество интервалов скоростей движения; $n_p = 5$ – количество элементов плана пути; $n_r = 3$ – количество режимов ведения поезда; $T_{\text{сум}} \geq 180$ с – интервал регистрации динамических процессов в каждой ситуации движения (например, в соответствии с [8]). Тогда значение $T_{\text{сумм}}$ ориентировочно составит 10800...16200 секунд.

- *максимальной нагруженности*, при этом требования к объему и характеру проведения испытаний могут соответствовать одному из выше перечисленных методов, однако для оценки динамической нагруженности НК отбирается единственная из зафиксированных реализация динамических процессов, которой соответствует наибольшая наработка. Длительность реализации должна составлять не менее $T_{\text{сум}}$ для любого выбранного с этой целью участка.

При выборе метода проведения испытаний с целью продления срока службы ПС следует руководствоваться следующими предпосылками: статистика скоростей движения и элементов плана пути [9] на сегодняшний момент является устаревшей, что искажает общую картину динамической нагруженности НК. Кроме того, статистический метод проведения испытаний обязывает проводить оценку динамической нагруженности для всех, в том числе уже давно нетипичных элементов профиля. Более того, отсутствие обоснованной статистики скоростей движения, тем более дифференцированное по типам ПС, вносит дополнительные погрешности оценки наработок НК и их ресурса.

Таким образом, *эксплуатационный* метод проведения испытаний ПС с целью оценки его ресурса является предпочтительным с точки зрения получения обоснованных оценок их динамической нагруженности. Это же относится к методу максимальной нагруженности в случае, когда его применение позволяет получить приемлемые значения ресурса конструкции.

При проведении испытаний вышеуказанным методом необходимо позаботиться об оценке их должного объема, а именно:

- испытания необходимо выполнять на типичных участках обращения ПС данной серии, при этом выбирать из них желательно те участки, которые характеризуются более сложным планом и профилем;
- в отличие от выполнения обычных динамических ходовых и динамических прочностных испытаний, не следует стремиться к их проведению на путях отличного и хорошего качества, выбирая в зачет из опытных данных реализации, дающие наибольший вклад в нагруженность конструкции;
- не следует стремиться к набору полного объема статистики по скоростям движения, элементам плана-профиля и режима ведения тягового или мотор-вагонного ПС, при этом, в соответствии с опытом проведения подобных работ, испытательный пробег испытательных ПС при средней скорости их движения 60...80 км/час должен составлять не менее 180...360 км., т.е., примерно 0,2...0,4 % их среднегодового пробега (120...140 тыс. км).

В данной работе рассматриваются результаты сравнения эксплуатационных наработок электропоездов серии ЭР2 и дизель-поездов серий Д1 и ДР1А при повторном продлении их сроков службы, соответственно до 50 и 45 лет от постройки. Общие виды объектов испытаний приведены на рис. 1 – 3.

Учитывая то, что включение вагона-лаборатории в опытные сцепы мотор-вагонного подвижного состава (МВПС) влечет за собой использование вспомогательных локомотивов для создания тяги, в целях обеспечения адекватного эксплуатационному режиму движения были использованы мобильные измерительные комплексы, размещенные непосредственно в их пассажирских салонах (рис. 4).

Для каждой из указанных серий МВПС ранее были проведены первичные работы по

оценке остаточного ресурса их основных несущих конструкций, которые в части оценки прочности рам тележек включали в себя:

- экспериментальную оценку динамической нагруженности по методу *максимальной нагруженности*;
- стендовые вибрационные испытания экземпляров рам тележек по оценке их предела выносливости.



Рис. 1. Опытный электропоезд ЭР2 зав. № 503 во время отстоя в промежутке между проведением опытных поездок



Рис. 2. Опытный дизель-поезд Д1 зав. № 704 на территории мотор-вагонного депо Христиновка



Рис. 3. Опытный дизель-поезд ДР1А зав. № 273 на территории мотор-вагонного депо Полтава



Рис. 4. Мобильный измерительный комплекс, размещенный в салоне дизель-поезда ДР1А

С целью уточнения полученных при проведении первичных работ результатов, при повторном продлении срока службы рассматриваемых серий МВПС были проведены:

- экспериментальная оценка динамической нагруженности несущих конструкций по *эксплуатационному методу*;
- контрольные стендовые испытания на выносливость образцов материала рам тележек с наибольшей наработкой с целью оценки влияния на выносливость материала НК эксплуатации за период между проведением первичных и повторных работ.

Испытания образцов материалов тележек подтвердили предположение о том, что характеристики выносливости материала рам тележек рассматриваемых видов МВПС практически не ухудшились за период времени с момента проведения первичных работ по оценке их остаточного ресурса. С учетом того, что и материал сварных швов вероятно не поменял свои свойства, можно с уверенностью предположить, что в части выносливости НК рам тележек, полученные ранее оценки остаются актуальными.

Тогда резерв увеличения остаточного ресурса НК ПС без повторного проведения комплекса работ по оценке их выносливости может быть построен на основе более полного учета их фактической динамической нагруженности.

В частности, при проведении первичных работ по оценке остаточного ресурса рам тележек МВПС всех рассмотренных видов был использован метод максимальной нагруженности, что, подобно [6], позволяет уточнить их остаточный ресурс следующим образом:

$$L_{R2} = L_{R1} \cdot \frac{d_{\max}}{d_{\exp}}; \quad (1)$$

в выражении (1) L_{R2} – остаточный ресурс, выраженный в километрах пробега (или периоде эксплуатации, при наличии данных о средних пробегах за определенный период времени) при использовании эксплуатационной оценки нагруженности НК; L_{R1} – то же, при использовании метода максимальной нагруженности НК МВПС; $d_{\max}$ – удельная (на 1 км пробега) наработка НК при использовании для ее оценки метода максимальной нагруженности; $d_{\exp}$ – то же, для эксплуатационного метода оценки нагруженности НК.

При проведении всех рассматриваемых работ проводилась непрерывная регистрации скоростей движения объектов испытаний, характерные реализации которой приведены на рис. 5 – 7.

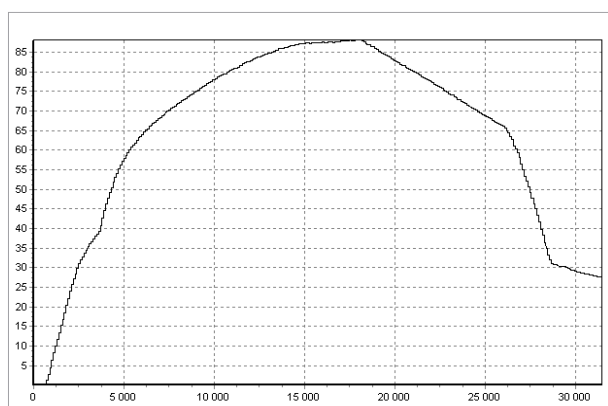


Рис. 5. Типичный вид графика скорости движения электропоезда ЭР2 как функции номера точки регистрации процесса

Приведенные выше графики иллюстрируют три способа оценки скорости движения объектов испытаний, не связанные с использованием штатного скоростемера вагона-лаборатории:

- использование датчика, связанного с приводом штатного скоростемера головного вагона электро- или дизель-поезда;
- использование программного формирования функции скорости движения на основании расшифровки данных журнала испытаний;
- использование данных о скорости движения на основании информации, принимаемой с GPS навигационного модуля.

Ниже, в табл. 1 – 3 приведены результаты уточненной оценки остаточного ресурса рам тележек электропоездов ЭР2 и дизель-поездов Д1, ДР1А.

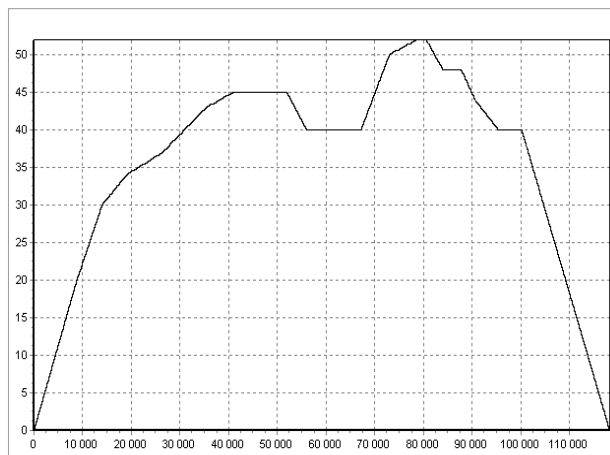


Рис. 6. Типичный вид графика скорости движения дизель-поезда Д1 как функции номера точки регистрации процесса

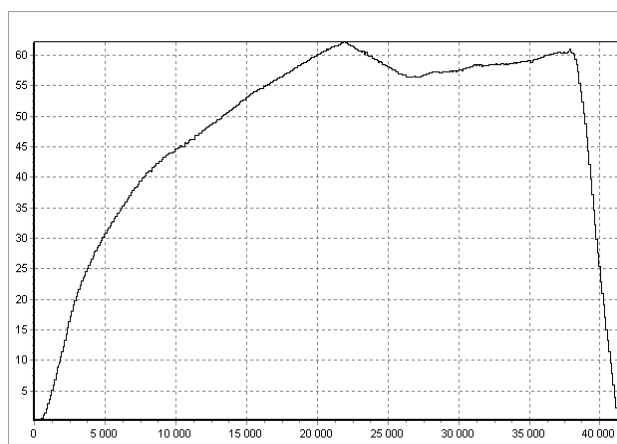


Рис. 7. Типичный вид графика скорости движения дизель-поезда ДР1А как функции номера точки регистрации процесса

Сравним далее средние удельные (на 1 км движения) наработки, полученные при проведении первичных [10, 11] и повторных испытаний рассмотренных в работе серий подвижного состава. Указанные данные приведены на диаграмме рис. 8.

Как видно из приведенных данных, несмотря на различные методы оценки динамической нагруженности НК рам тележек, полученные данные достаточно удовлетворительно сопоставляются, кроме нагруженности поддерживающей тележки дизель-поезда Д1, которая при проведении повторных испытаний оказалась менее нагруженной, чем при первичных испытаниях. Данный факт может иметь субъективные причины, не связанные с динамикой взаимодействия ПС и рельсового пути, например, более плавный режим ведения состава и отсутствие рывков при пуске в ход дизель-поезда и его торможении.

Таблица 1

**Сопоставление наработок рам тележек электропоезда ЭР2
при проведении первичных и повторных испытаний**

Показатель	Наработка для рамы тележки, МПа ⁴		
	головной	прицепной	моторной
Средняя наработка на 1 км пробега поезда по данным повторных испытаний	91985	49461	13762
Назначенный срок продления эксплуатации по данным работы [10], лет	27	27	9
Максимальная наработка на 1 км движения поезда по испытаниям	629691	549224	37427
Отношение максимальной зарегистрированной наработки к среднему эксплуатационному значению	8,21	13,32	3.26
Теоретически возможный максимальный срок службы рам тележек с учетом эксплуатационного распределения наработок по формуле (1), лет	221	359	29

Таблица 2

**Сопоставление наработок рам тележек дизель-поезда Д1
при проведении первичных и повторных испытаний**

Показатель	Наработка для рамы тележки, МПа ⁴	
	поддерживающей	прицепной
Средняя наработка на 1 км пробега поезда по данным повторных испытаний	28638	120270
Назначенный срок продления эксплуатации по данным работы [11], лет	25	25
Максимальная наработка на 1 км движения поезда по испытаниям	320557	1344389
Отношение максимальной зарегистрированной наработки к среднему эксплуатационному значению	11,2	11,2
Теоретически возможный максимальный срок службы рам тележек с учетом эксплуатационного распределения наработок по формуле (1), лет	280	280

Таблица 3

**Сопоставление наработок рам тележек дизель-поезда ДР1А
при проведении первичных и повторных испытаний**

Показатель	Наработка для рамы тележки, МПа ⁴		
	моторной	поддерживающей	прицепной
Средняя наработка на 1 км пробега поезда по данным повторных испытаний	33463	24004	11473
Назначенный срок продления эксплуатации по данным работы [11], лет	20	20	20
Максимальная наработка на 1 км движения поезда по испытаниям	$6,82 \cdot 10^4$	$4,29 \cdot 10^4$	$2,89 \cdot 10^4$
Отношение максимальной зарегистрированной наработки к среднему эксплуатационному значению	2,04	1,79	2,52
Теоретически возможный максимальный срок службы рам тележек с учетом эксплуатационного распределения наработок по формуле (1), лет	40,7	35,7	50,4

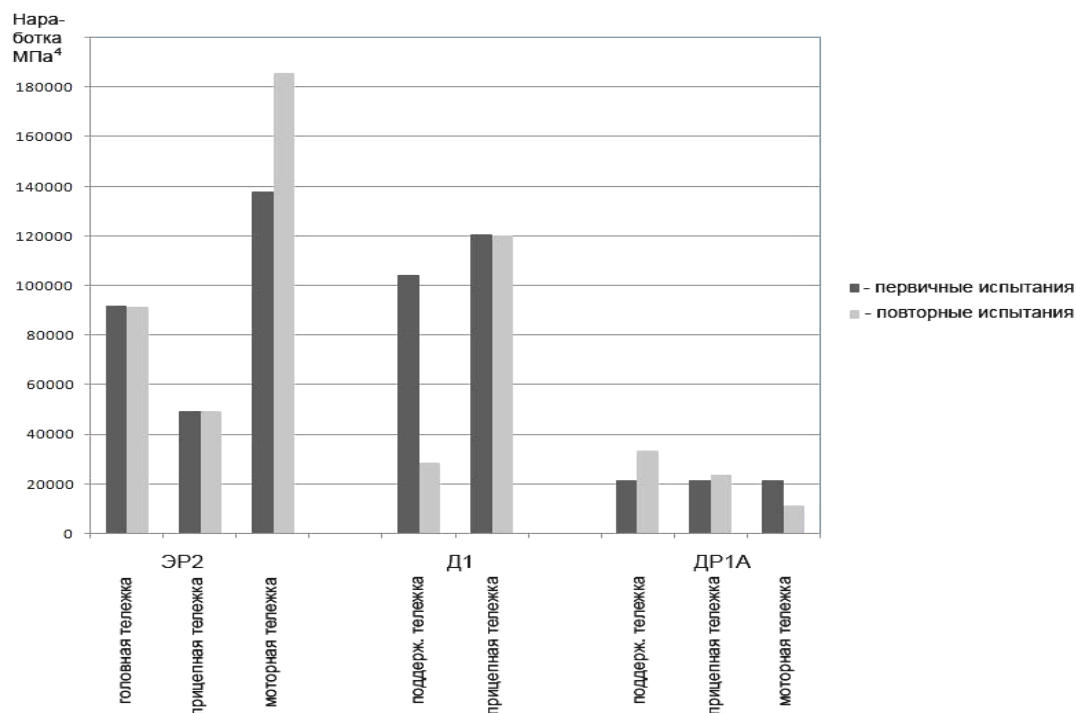


Рис. 8. Сравнение максимальных удельных наработок НК рам тележек, полученных при проведении первичных и повторных испытаний

Интересным представляется сравнение полученных при проведении повторных испытаний средних и максимальных удельных (на 1 км) наработок НК. Данная информация приведена на рис. 9.

Как свидетельствует приведенная информация, вариация значений данной безразмерной характеристики достаточно велика (2...12) и может служить достаточно показательным критерием оценки качества несущей конструкции с

точки зрения ее динамичности. Т.е., чем меньше значение отношения максимальной и средней удельных наработок НК, тем более динамична и, следовательно, худшего качества экипажная часть серии подвижного состава.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ПС – подвижной состав
 МВПС – мотор-вагонный подвижной состав
 НК – несущая конструкция

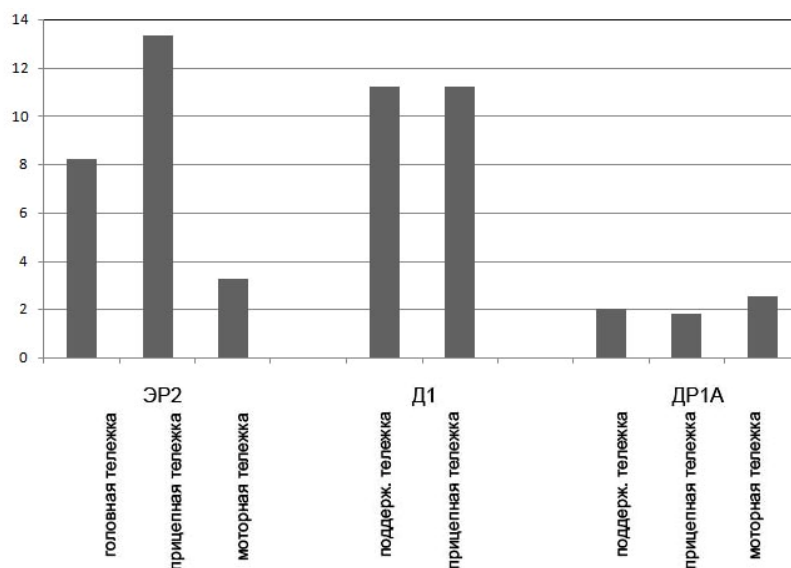


Рис. 9. Отношение максимальных и средних удельных наработок НК рам тележек, полученных при проведении повторных испытаний

ВЫВОДЫ

Анализируя приведенные в работе данные, можно сделать следующие выводы:

1. Применение эксплуатационного метода оценки наработки НК ПС позволяет реализовать существенные (от 2 до 10-кратного) резервы продления их назначенных сроков службы для случаев, когда в качестве базовых используются результаты предыдущих работ, при которых эксплуатационная нагруженность оценивалась по принципу максимальной наработки.
2. Из рассмотренных в работе серий моторвагонного подвижного состава первые две (электropоезд ЭР9П и дизель-поезд Д1) имеют сходные соотношения максимальных и эксплуатационных наработок.
3. Относительно малое соотношение максимальных и эксплуатационных наработок для дизель-поезда ДР1А свидетельствует о его повышенной динамичности, что подтверждается данными испытаний и результатами проведенных испытаний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Влияние эксплуатационных нагрузок на напряжения в элементах несущих конструкций электровоза ВЛ60 [Текст] / А. М. Бондарев [и др.] // Залізн. трансп. України. – 2002. – № 4. – С. 21-25.
2. Динамічні ходові та динамічні міцнісні випробування електровоза ВЛ40у [Текст] / В. Л. Горобець [та ін.] // Залізн. трансп. України. – 2006. – № 1. – С. 55-60.
3. Комплексная оценка срока службы пассажирских вагонов после проведения капитально-восстановительного ремонта: В 2 ч. [Текст]. – Ч. 1 / Е. П. Блохин [и др.] // Залізн. трансп. України. – 2002. – № 6. – С. 24-29.
4. Показники динаміки електровоза ЧС4 та міцності конструкцій рам візків виробництва

- ХК «Луганськтепловоз» [Текст] / О. М. Бондарев [та ін.] // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 19. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007. – С. 152-160.
5. Экспериментальная оценка динамических качеств тепловозов ТГМ 6А в условиях их эксплуатации на путях промтранспорта [Текст] / А. М. Бондарев [и др.] // Зб. наук. пр. Київськ. ун-ту економіки і технологій трансп.: Сер. «Транспортні системи і технології». – Вип. 4. – К.: КУЕТТ, 2003. – С. 13-21.
 6. Бондарев, О. М. Визначення строку служби несучих конструкцій моторвагонного рухомого складу із застосуванням методики порівняння їх динамічної навантаженості [Текст] / О. М. Бондарев, В. Л. Горобець, І. М. Грушак // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 24. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 18-24.
 7. Методика оценки остаточного ресурса несущих конструкций тягового подвижного состава [Текст]. – К.: Гос. администрация ж.д. трансп. Украины, ДИИТ, 1998. – 51 с.
 8. СТО-00212127-07104-2005. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества [Текст]. – М.: ФГУП ГосНИИВ РФ, 1996. – 102 с.
 9. Иоаннисян, А. И. Улучшение трассы существующих железных дорог [Текст] / А. И. Иоаннисян. – М.: Транспорт, 1972. – 171 с.
 10. Визначення залишкового ресурсу несучих конструкцій електропоїздів ЕР9П [Текст] : звіт з НДР за темою 91.217.00.01 - 8/2000 - 842.00.01 – Цтех. – Д., 2001. – 113 с.
 11. Розробка рекомендацій по підвищенню терміну експлуатації дизель-поїздів Д1, ДР1 на підставі проведення експериментально-аналітичних робіт [Текст] : звіт з НДР. – № ДР 0199U000049. – Д., 1999. – 157 с.

Поступила в редколлегию 02.06.2010.

Принята к печати 11.06.2010.

Г. С. ИГНАТОВ (ОАО «КВСЗ», Кременчуг), В. Р. РАСПОПИН, С. Д. СЫЧЕВ,
С. В. ШМАКОВ, П. А. ХОЗЯ, А. А. СУЛИМ, А. А. МЕЛЬНИК (ГП «УкрНИИВ»,
Кременчуг)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДА В АККУМУЛЯТОРНЫХ ЯЩИКАХ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

У роботі наведено експериментальне визначення концентрації водню в акумуляторних ящиках пасажирського вагона в режимі заряду нікель-кадмієвих батарей в умовах експлуатації (стоянки та руху). Виконано порівняння отриманих характеристик за різних кліматичних і експлуатаційних умов та зроблено відповідні висновки.

Ключові слова: пасажирський вагон, акумуляторний ящик, концентрація водню, нікель-кадмієва батарея

В работе приведено экспериментальное определение концентрации водорода в аккумуляторных ящиках пассажирского вагона в режиме заряда никель-кадмиевых батарей в условиях эксплуатации (стоянки и движения). Выполнено сравнение полученных характеристик при различных климатических и эксплуатационных условиях и сделаны соответствующие выводы.

Ключевые слова: пассажирский вагон, аккумуляторный ящик, концентрация водорода, никель-кадмиевая батарея

In the work the experimental determination of the hydrogen concentration in accumulator boxes of the coach in a charging mode of nickel-cadmium batteries in operating conditions (stop and operation) is presented. The comparison of the obtained characteristics at different environmental and operating conditions as well as the corresponding conclusions are made.

Keywords: coach, accumulator box, hydrogen concentration, nickel-cadmium battery

Аккумуляторные батареи (АБ) с жидкими щелочными электролитами, применяемые на пассажирских вагонах локомотивной тяги, в процессе эксплуатации являются источниками повышенной опасности. В режиме заряда АБ происходит выделение водорода [1], который, в сочетании с атмосферным кислородом, образует в аккумуляторных ящиках (АЯ) взрывоопасную смесь. Предельные концентрации водорода в воздушном пространстве аккумуляторного ящика не должны превышать 4 % [2]. С учетом требований [1], расчет необходимого воздухообмена должен производиться с коэффициентом запаса, равным 5,7. Таким образом, допустимая концентрация водорода в аккумуляторных ящиках при движении вагона и на стоянке не должна превышать 0,7 % [3, 4].

Оснащение современных пассажирских вагонов энергоемким оборудованием, таким как климатические установки, экологически чистые туалеты, преобразователи 110/220 В для различных потребителей и т.д. предъявляет высокие требования к системе резервного энергоснабжения, источником энергии для которой является АБ. Ранее пассажирские вагоны комплектовались никель-железными АБ, однако, на данный момент широко применяются ни-

кель-кадмиевые АБ. Согласно [5], данные АБ обладают высокими технико-экономическими показателями в реальных условиях эксплуатации. Также в статье [5] рассмотрены зарядно-разрядные характеристики этих аккумуляторов. Актуальность данной статьи состоит в изучении вопросов, касающихся взрывобезопасности АЯ с установленными в них никель-кадмиевыми АБ. Исследования проводились в реальных условиях движения вагона в составе поезда и на стоянке.

Исследование концентрации водорода в АЯ осуществлялось в процессе проведения сертификационных испытаний пассажирского вагона модели 61-788Б с централизованной системой электроснабжения в режиме заряда никель-кадмиевых АБ в различных условиях эксплуатации (движения и стоянки).

Исследованиям подвергался АЯ улучшенной конструкции, изготовленный ОАО «КВСЗ» с установленными в нем секциями из 84 штук никель-кадмиевых аккумуляторов типа KL 350 Р. Измерения концентрации водорода проводились портативным газоанализатором типа ФП 11.2. Регистрация тока и напряжения АБ осуществлялась измерительным комплексом на базе персонального компьютера и ана-

лого-цифрового преобразователя с датчиками тока ДИТ-100 и напряжения LV 25-P соответственно. Вагон оснащен системой управления зарядом, которая ограничивает ток заряда АБ до 70 А. Контроль температуры окружающей среды осуществлялся с помощью измерителя УКТ 38 Щ4-ТС. Значения атмосферного давления определялись с помощью барометра типа MKD производства Fischer. Скорость движения вагона определялась посредством GPS-навигатора, установленного в вагоне.

Учитывая, что плотность водорода (H_2) меньше плотности воздуха, то наибольшая концентрация водорода находится в верхней части АЯ. Схема размещения точки измерения в АЯ, где проводился отбор проб воздуха при определении концентрации водорода, приведена на рис. 1.

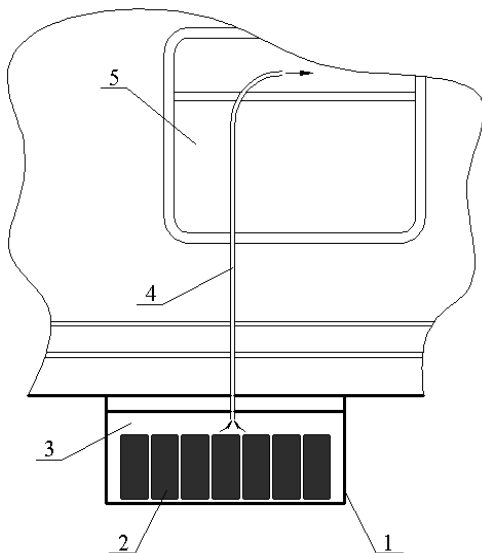


Рис. 1. Схема размещения точки измерения в АЯ для отбора проб воздуха:

1 – аккумуляторный ящик; 2 – аккумуляторная батарея; 3 – свободное пространство ящика; 4 – полимерная трубка диаметром 4 мм для отбора водородно-воздушной смеси; 5 – окно вагона

Исследование концентрации водорода в АЯ проводилось на стоянке и во время движения пассажирского вагона (рис. 2 – 4).

На стоянке измерения концентрации водорода проводились при питании электрооборудования вагона от внешней трехфазной сети 380 В при различных температурах окружающей среды. Во время движения пассажирского вагона измерения проводились на различных эксплуатационных скоростях от 40 км/час до 100 км/час при питании электрооборудования вагона от подвагонной высоковольтной магистрали 3 кВ. На рис. 2 – 4 видно, что при заряде АБ с использованием системы ограничения то-

ка [6] имеется явно выраженный максимум выделения водорода. Для первого случая максимальная концентрация водорода составляет 0,23 %, для второго – 0,17 %, для третьего – 0,23 % (рис. 2 – 4).

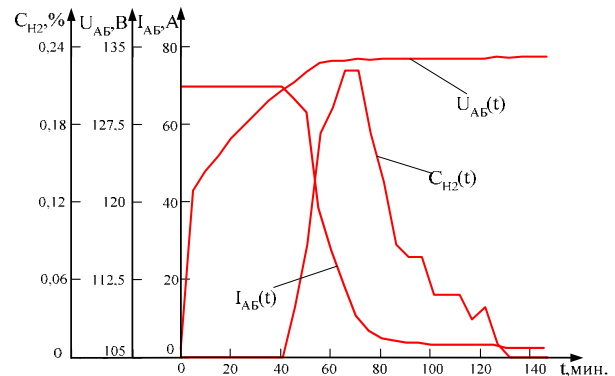


Рис. 2. Концентрация водорода, значения напряжения и зарядного тока АБ на стоянке при температуре окружающей среды 26,5 °C и нормальном атмосферном давлении

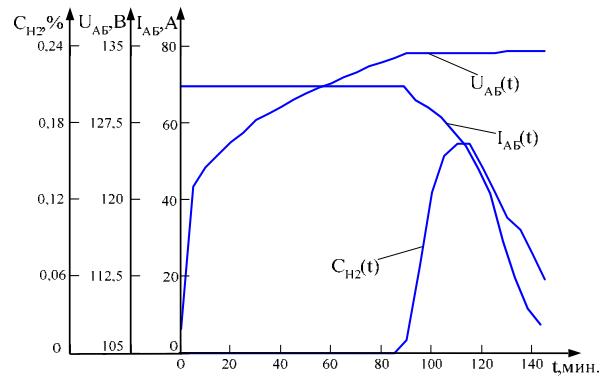


Рис. 3. Концентрация водорода, значения напряжения и зарядного тока АБ на стоянке при температуре окружающей среды 14,5 °C и нормальном атмосферном давлении

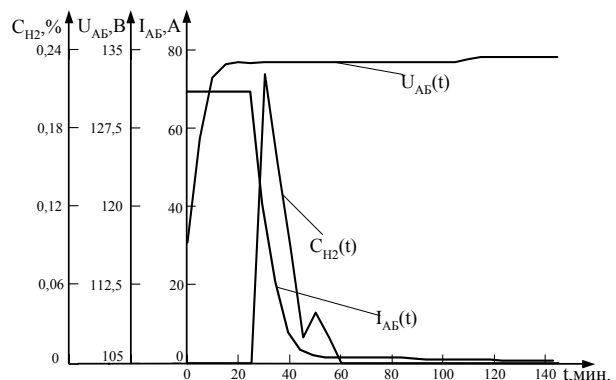


Рис. 4. Концентрация водорода, значения напряжения и зарядного тока АБ во время движения при температуре окружающей среды 24 °C и атмосферном давлении 748 ± 6 мм. рт. ст.

По результатам испытаний, произведенных при различных внешних условиях (температура, давление, скорость движения воздуха) максимальная концентрация водорода в аккумуляторном ящике наблюдается при следующем режиме заряда:

- зарядный ток находится в пределах от 10 А до 55 А (см. рис. 2 – 10 А, см. рис. 3 – 20 А, см. рис. 4 – 55 А), т.е. во всех случаях в период, когда АБ подзарядилась и значение зарядного тока заряда менее 70 А;

- величина напряжения на АБ находится в пределах от 133,8 В до 134,3 В (см. рис. 2 – 133,8 В, см. рис. 3 – 133,8 В, см. рис. 4 – 134,3 В), что составляет во всех случаях 1,6 В на один аккумулятор;

Наибольшая концентрация водорода наблюдается в первом и третьем случае, поскольку экспериментальное определение проводится в условиях более высокой температуры, чем во втором случае, и пониженного давления, однако процесс выделения водорода в этом случае непродолжителен. Характер изменения концентрации водорода для первого и второго случаев подобен. Однако максимумы для этих случаев разные, поскольку температура окружающей среды для первого случая больше на 11,5 °С. Анализ графиков концентрации водорода показывает, что максимальное значение концентрации водорода имеет место только на определенном этапе зарядного процесса; выделение водорода было непостоянным, с лавинообразным нарастанием и спадом.

При достижении на каждой банке АБ напряжения, близкого к максимальному значению и величины зарядного тока на уровне максимально допустимого, создаются условия для протекания гидролиза электролита, в результате которого выделяется молекулярный водород. При снижении зарядного тока до величины 5 А выделение водорода незначительно. Из графиков видно, что наиболее интенсивное выделение водорода происходит в момент времени, когда значение напряжения уже стабильно и близко к номинальному, а значение тока заряда АБ при этом продолжает уменьшаться. Данный процесс необходимо рассмотреть более детально с учетом анализа потребляемой мощности в период заряда АБ. На рис. 5 изображены графики концентрации водорода в АЯ и потребляемой мощности во время заряда АБ.

Выделение водорода начиналось только при достижении максимального значения потребляемой мощности (точка А₁ для первого случая и точка А₂ для второго случая). Процессы, про-

текающие во время заряда никель-кадмиевой АБ, можно разделить на три этапа: отсутствие выделения, интенсивное выделение и снижение интенсивности выделения водорода. Для первого этапа характерно плавное увеличение потребляемой мощности, при этом отсутствует выделение водорода.

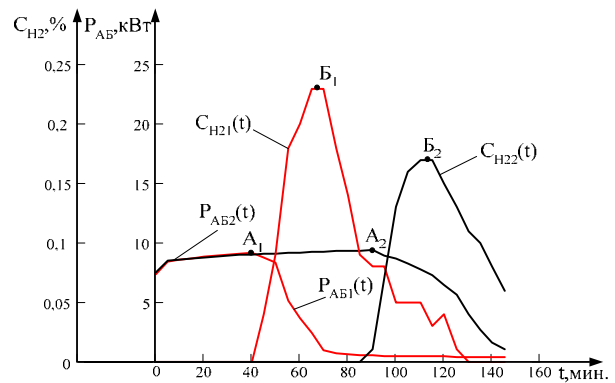


Рис. 5. Концентрация водорода и энергопотребление АБ на стоянке при различных температурах окружающей среды

На втором этапе при уменьшении энергопотребления батареи наблюдается выделение водорода, максимальное значение концентрации которого достигает в конце этапа (точки В₁ и В₂ для первого и второго случаев), т.е. на втором этапе значительная часть потребляемой мощности идет на электролиз электролита. На первом же этапе мощность идет на заряд АБ (полезная). Следовательно, зарядный ток, проходящий через аккумулятор, может быть разделен на две составляющие: полезно используемый на заряд активных масс и идущий на электролиз электролита [1]. На третьем этапе потребляемая мощность продолжает уменьшаться и, как следствие, уменьшается концентрация водорода в АЯ.

Выводы

По результатам исследований концентрации водорода в АЯ и процессов, протекающих в никель-кадмиевой батарее, в условиях эксплуатации следует:

- максимальное значение концентрации водорода в АЯ для различных условий эксплуатации пассажирского вагона модели 61-788Б при использовании АБ типа KL 350 Р не превышает значений, установленных нормами безопасности железнодорожного транспорта России;
- наибольшая интенсивность газовыделения при одинаковых начальных значениях напряжения АБ наблюдается при высоких температурах и пониженном атмосферном давлении;

- процесс выделения водорода в никель-кадмиевых АБ описывается графиком с явно выраженным максимумом;

- наибольшая концентрация выделяемого водорода в аккумуляторном ящике наблюдается в период времени, когда значение напряжения заряда стабилизировалось и составляет 1,6 В на один аккумулятор, а значение зарядного тока продолжает уменьшаться. В этом случае основная часть энергии идет на электролиз электролита;

- полученные результаты не позволяют учитывать повышение выделения водорода с учетом периода эксплуатации АБ, поскольку измерения проводились только на новых АБ. Поэтому в дальнейшем необходимо провести анализ выделения водорода с учетом ресурса эксплуатации АБ (длительной эксплуатации и вновь выпускаемых) на одинаковых типах аккумуляторных ящиков.

Следует отметить, что измерения концентрации водорода проводились только в одной точке аккумуляторного ящика, что не позволяет учитывать неравномерность распределения концентрации водорода по площади в верхней части АЯ. Поэтому необходимо проработать вопрос экспериментального определения верхней области аккумуляторного ящика, в котором концентрация водорода при заряде АБ будет наибольшей (методом трассирующих газов или иными методами).

По результатам экспериментальных измерений, в дальнейшем можно провести прогнози-

рование условий (температуры окружающей среды, атмосферного давления, зарядного тока, напряжения, скорость движения воздуха) для появления предельных концентраций водорода.

Вышеуказанные рекомендации могут быть темой дальнейших исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хрюкин, Н. С. Вентиляция и отопление аккумуляторных помещений [Текст] / Н. С. Хрюкин. – М.: Энергия, 1979. – 120 с., ил.
2. Хитрин, Л. Н. Физика горения и взрыва [Текст] / Л. Н. Хитрин. – М.: Издание МГУ, 1957.
3. НБ ЖТ ЦЛ 01-98 Вагоны пассажирские железнодорожные. Нормы безопасности на железнодорожном транспорте [Текст].
4. М 6.5.00365–2009 Акумуляторні ящики пасажирських вагонів локомотивної тяги. Методика попередніх випробувань з визначення концентрації водню, що утворюється в акумуляторних ящиках [Текст].
5. Калинин, Е. Н. Новое поколение аккумуляторных батарей для пассажирских вагонов [Текст] / Е. Н. Калинин // Вестник ВНИИЖТ. – 2002. – № 1. – С. 23-25.
6. ААОТ.421417.103-07 РЭ Руководство по эксплуатации шкафа распределительного системы автоматизированного управления, контроля и диагностики электрооборудования пассажирского вагона [Текст].

Поступила в редколлегию 09.06.2010.

Принята к печати 22.06.2010.

Й. Й. ЛУЧКО (ДІТ), Є. Г. ІВАНІК, В. М. СЕМЕРАК (Львівський національний аграрний університет)

МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС ПРОЦЕСУ ТЕПЛОУТВОРЕННЯ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ КОЛЕСА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ І РЕЙКИ

В квазістаціонарному наближенні побудовано розв'язок двовимірної задачі теплопровідності для півпростору, який нагрівається по граничній поверхні швидко рухомою зоною тепла. При певних умовах дана задача моделює теплоутворення від тертя у залізничній трибосистемі «колесо-рейка».

Ключові слова: трибосистема «колесо-рейка», двовимірна задача теплопровідності для півпростору, квазістаціонарне наближення

В квазистационарном приближении построено решение двумерной задачи теплопроводности для полупространства, нагреваемое по граничной поверхности быстро движущейся зоной нагрева. При определенных условиях рассматриваемая задача моделирует теплообразование от трения в железнодорожной системе «колесо-рельс».

Ключевые слова: трибосистема «колесо-рельс», двухмерная задача теплопроводности для полупространства, квазистационарное приближение

Temperature fields of components in relative sliding motion of the wheel-rail system can be analysed on the quasistationary approach.

Keywords: wheel-rail tribosystem, 2D heat conduction problem for half-space, quasistationary approach

Постановка проблеми

Основою розрахунків на зносостійкість та зношування елементів тертя залізничних транспортних систем є розв'язання теплових задач тертя.

Теплоутворення від дії сил тертя внаслідок проковзування колеса по рейці призводить до нагрівання контактуючих тіл. Оскільки експериментальний замір температури в системі «колесо-рейка» є технічно складною проблемою, то виникає необхідність кількісної оцінки її величини на основі того чи іншого аналітичного методу.

Аналіз досліджень і публікацій з даної проблематики

Традиційно дослідники проблеми розрахунку теплових процесів, що мають місце в елементах тертя залізничних транспортних засобів, використовують розв'язок двовимірної квазістаціонарної задачі теплопровідності для півпростору по поверхні якого рухається локально-розподілена зона нагріву [1, 2]. Але точний розв'язок такої задачі можливий лише у випадку рівномірно-розподіленого тиску в зоні контакту. Тому актуальною є задача розвитку чисельно-аналітичних схем розрахунку процесів теплоутворення в зоні контакту залізничне ко-

лесо-рейка. Відповідні підходи до вирішення даної проблеми представлено у працях [3, 4].

Постановка завдання

Застосуємо кусково-лінійну апроксимацію [5] контактної тиску, а, отже, інтенсивності фрикційного теплового потоку, в моделюванні взаємодії колеса і рейки, для чого розглянемо круговий циліндр радіуса R (колесо), що котиться з сталою швидкістю V по поверхні півпростору (рейка) і втискується в нього зі сталою силою P . При цьому в ділянці співдотику колеса з рейкою відбувається мікропроковзування з швидкістю V_s [6]. Ковзання супроводжується тепловиділенням, яке у вигляді теплових потоків перерозподіляється між взаємодіючими елементами (колом і рейкою).

Виходимо з того, що: 1) ділянка проковзування є смугою ширини $2a$, малою порівняно з радіусом ковзаючого колеса; 2) $V_s = sV$ ($1\% < s < 2\%$); 3) інтенсивність фрикційного теплового потоку, направлено в рейку, визначається залежністю

$$q(x) = \lambda f V_s p(x), \quad (1)$$

де λ – коефіцієнт розподілу теплових потоків; f – коефіцієнт тертя; $p(x)$ – розподіл контак-

тного тиску; x – декартова координата; на підставі експериментальних даних [3] можна вважати $\lambda = 0,5$; 4) теплообміном з оточуючим середовищем на вільних поверхнях рейки знехтуємо; 5) фізико-механічні властивості матеріалу рейки не залежать від температури; 6) припускаємо, що взаємодія колеса і рейки відбувається в режимі високошвидкісного фрикційного нагріву.

Виклад основного матеріалу досліджень

В квазістаціонарному режимі високошвидкісного фрикційного нагріву ($V \geq 25$ м/с) задача зводиться до знаходження розв'язку рівняння теплопровідності

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = \frac{V_s}{k} \frac{\partial T}{\partial x}, \quad |x| < \infty, \quad y > 0 \quad (2)$$

за граничних умов

$$K \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=0} = \begin{cases} -q(x), & 0 \leq x \leq 2a, \\ 0, & x \in]-\infty; 0[\cup]2a; \infty[, \end{cases}$$

$$T \rightarrow 0, \quad \frac{\partial T}{\partial y} \rightarrow 0 \quad \text{при} \quad \sqrt{x^2 + y^2} \rightarrow \infty. \quad (3)$$

У співвідношеннях (2), (3) $T(x, y)$ – температурне поле; K, k – коефіцієнти тепло- і температуропровідності відповідно.

Оскільки у режимі високошвидкісного нагрівання зміною градієнта в напрямку ковзання можна знехтувати, то гранична задача (2), (3) шляхом введення безрозмірних змінних $\xi = \frac{x}{2a}, \quad \eta = \frac{y}{d}$ і параметрів $p^*(\xi) = \frac{p(x)}{p_0}$,

$$p_0 = \frac{P}{2a}, \quad \Lambda = \frac{\lambda f V_s p_0 d}{K}, \quad d = \sqrt{\frac{2ak}{V_s}} \quad \text{зводиться}$$

до вигляду

$$\frac{\partial^2 T}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial \eta^2} = \frac{\partial T}{\partial \xi}, \quad |\xi| < \infty, \quad \eta > 0, \quad (4)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \eta} \Big|_{\eta=0} = \begin{cases} -\Lambda p^*(\xi), & 0 \leq \xi \leq 1, \\ 0, & \xi \in]-\infty; 0[\cup]1; \infty[, \end{cases}$$

$$T \rightarrow 0, \quad \frac{\partial T}{\partial \eta} \rightarrow 0 \quad \text{при} \quad \sqrt{\xi^2 + \eta^2} \rightarrow \infty. \quad (5)$$

Розв'язок граничної задачі, отриманий з використанням інтегрального перетворення Фур'є по змінній ξ , можна подати так:

$$T(\xi, \eta) = \frac{\Lambda}{\sqrt{\pi}} \int_0^b G(\xi - \tau, \eta) p^*(\tau) d\tau, \quad (6)$$

де $G(\xi, \eta) = \frac{1}{\sqrt{\xi}} e^{-\frac{\eta^2}{4\xi}}$ – функція Гріна задачі

$$(4)-(5); \quad b = \begin{cases} 0, & -\infty < \xi < 0, \\ \xi, & 0 \leq \xi \leq 1, \\ 1, & 1 < \xi < \infty. \end{cases}$$

Проміжок інтегрування $[0; b]$ у виразі для температури (6) покриємо рівномірною сіткою:

$$0 = \tau_0 < \tau_1 < \dots < \tau_{n-1} < \tau_n = b, \quad \tau_i = i\delta\tau, \quad \delta\tau = \frac{b}{n},$$

$i = 0, 1, 2, \dots, n$. Поставимо у відповідність кожному вузлу τ_i наступну функцію [5]:

$$\varphi_0(\tau) = \begin{cases} (\tau_1 - \tau)/\delta\tau, & \tau \in [\tau_0; \tau_1], \\ 0, & \tau \notin [\tau_0; \tau_1]; \end{cases}$$

$$\varphi_n(\tau) = \begin{cases} (\tau - \tau_{n-1})/\delta\tau, & \tau \in [\tau_{n-1}; \tau_n], \\ 0, & \tau \notin [\tau_{n-1}; \tau_n]; \end{cases}$$

$$\varphi_i(\tau) = \begin{cases} (\tau - \tau_{i-1})/\delta\tau, & \tau \in [\tau_{i-1}; \tau_i], \\ (\tau_{i+1} - \tau)/\delta\tau, & \tau \in [\tau_i; \tau_{i+1}], \quad i = 1, 2, \dots, n-1, \\ 0, & \tau \notin [\tau_{i-1}; \tau_{i+1}]; \end{cases}$$

Введені функції $\varphi_i(\tau)$ використаємо для наближення контактного тиску $p^*(\tau)$ у такому поданні:

$$p^*(\tau) = \sum_{i=0}^n p_i^* \varphi_i(\tau). \quad (7)$$

У поданні (7) $p_i^* = p^*(\tau_i)$. Рівномірна похибка апроксимації виду (7) з використанням функцій класу $C^2([0; b])$ має порядок $O((\delta\tau)^2)$ [5].

Враховуючи подання (7) вираз (6) для температурного розподілу, як результат фрикційного тепловиділення, матиме вигляд

$$T(\xi, \eta) = \frac{\Lambda}{\delta\tau\sqrt{\pi}} \sum_{i=0}^n p_i^* G_i(\xi, \eta) H(\xi), \quad (8)$$

$$G_0(\xi, \eta) = \tau_1 G_1^{(0)}(\xi, \eta) - G_1^{(1)}(\xi, \eta),$$

$$\begin{aligned}
G_i(\xi, \eta) &= G_i^{(1)}(\xi, \eta) - \tau_{i-1} G_i^{(0)}(\xi, \eta) + \\
&+ \tau_{i+1} G_{i+1}^{(0)}(\xi, \eta) - G_{i+1}^{(1)}(\xi, \eta), \quad i = 1, 2, \dots, n-1; \\
G_n(\xi, \eta) &= G_n^{(1)}(\xi, \eta) - \tau_{n-1} G_n^{(0)}(\xi, \eta), \\
G_i^{(0)}(\xi, \eta) &= -2\sqrt{\xi - \tau_i} e^{-\frac{\eta^2}{4(\xi - \tau_i)}} + \\
&+ 2\sqrt{\xi - \tau_{i-1}} e^{-\frac{\eta^2}{4(\xi - \tau_{i-1})}} - \\
&- \eta\sqrt{\pi} \left[\operatorname{erf}\left(\frac{\eta}{2\sqrt{\xi - \tau_i}}\right) - \operatorname{erf}\left(\frac{\eta}{2\sqrt{\xi - \tau_{i-1}}}\right) \right], \\
G_i^{(1)}(\xi, \eta) &= \frac{2}{3}(\xi - \tau_i)^{3/2} e^{-\frac{\eta^2}{4(\xi - \tau_i)}} - \\
&- \frac{2}{3}(\xi - \tau_{i-1})^{3/2} e^{-\frac{\eta^2}{4(\xi - \tau_{i-1})}} + \left(\frac{\eta^2}{6} + \xi \right) G_i^{(0)}(\xi, \eta),
\end{aligned}$$

$H(\xi)$ – функція Гевісайда [7]; $\operatorname{erf}(\cdot)$ – функція помилок Гаусса.

Для повного вирішення питання щодо знаходження поля температур, яке розвивається внаслідок взаємодії елементів залізничної пари, необхідно знати інтенсивність фрикційного теплового потоку (1), яка *a priori* невідома. Використаємо з цією метою розв'язок плоскої контактної задачі для півпростору, по поверхні якого рівномірно ковзає параболічний штамп [8]. Тоді, за умови повного проникнення тепла в нерухоме тіло, матимемо залежності

$$\begin{aligned}
p^*(\tau) &= \frac{\sin \pi \alpha}{\pi \alpha \beta} \tau^\alpha (1 - \tau)^\beta, \quad 0 \leq \tau \leq 1, \\
\beta &= 1 - \alpha, \quad 0 < \alpha, \beta < 1,
\end{aligned} \quad (9)$$

$$\text{причому } \alpha = \frac{1}{\pi} \operatorname{arctg} \left(\frac{1}{f|B - A|} \right);$$

$$B = \frac{1 - 2\nu}{2(1 - \nu)}; \quad A = \frac{2\delta_* k \mu}{1 - \mu}; \quad \delta_* = \frac{\alpha_t(1 + \nu)}{K};$$

α_t – коефіцієнт лінійного розширення; μ – модуль зсуву; ν – коефіцієнт Пуассона.

Тоді півширину ділянки контакту можна визначити на основі залежності $a = \sqrt{\frac{PR(1 - \nu)}{2\pi\mu\alpha\beta}}$.

Параметр A , який входить у вираз (9) для контактної тиску, характеризує вплив фрикційного нагрівання на розподіл контактної тиску. Як часткові випадки для різних значень A , f , отримуються розв'язки відповідних задач: якщо $A = 0$, то це відповідає плоскій задачі теорії пружності для півпростору, на граничній поверхні якого діють дотичні напруження, пов'язані з нормальними згідно закону Амонтона; у випадку $f = 0$ або $A = B$ приходимо до еліптичного розподілу контактної тиску двовимірного аналога класичної задачі Герца [6].

Числовий розрахунок на основі алгоритму, визначеного залежностями (8)-(9), здійснювався виходячи з критерію, що кількість доданків n у формулі (9) вибирається з умови досягнення відносної похибки обчислень, що не перевищує 1 %.

Числові дослідження виконано для пари тертя «колесо-рейка» за таких параметрів, наведених в роботі [9]: $R = 0,5$ м; $P = 10$ МПа/м; $V = 75$ м/с; $\mu = 80,8$ ГПа; $\nu = 0,3$; $K = 41$ Вт/м·К; $k = 9,1 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $\alpha_t = 10^{-5}$ К⁻¹.

На рис. 1 показано вплив коефіцієнта проковзування s на розподіл поверхневої температури (рівень температури на поверхні рейки). Розрахунки за формулою (9) при фіксованому значенні коефіцієнта тертя $f = 0,3$ дали такі результати: $A = 0,666$; $a = 5,3$ мм; $p_0 = 0,95$ ГПа; $\alpha = 0,464$; $\beta = 0,536$. Встановлено, що максимальна температура $T_{\max}$ досягається всередині ділянки контакту в точці з координатою $x_{\max} = 7,69$ мм і рівна 70 °С; 221 °С; 313 °С для $s = 0,1\%$; $s = 1\%$; $s = 2\%$ відповідно.

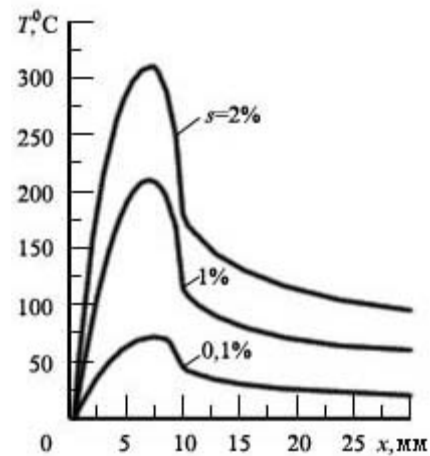


Рис. 1. Розподіл максимальної температури вздовж напрямку руху для різних значень коефіцієнта проковзування

В табл. 1 містяться результати чисельного розрахунку температури для трьох різних характерних значень коефіцієнта тертя (I – $f = 0,1$; II – $f = 0,3$; III – $f = 0,6$).

Таблиця 1

Результати чисельного розрахунку температури для $s = 1\%$			
Параметри	I	II	III
f	0,1	0,3	0,6
α	0,488	0,464	0,428
β	0,511	0,536	0,572
a (мм)	5,25	5,27	5,31
d (мм)	0,35	0,35	0,35
$x_{\max}$ (мм)	7,77	7,69	7,53
$T_{\max}$ (°C)	74	221	438

Зокрема, для $f = 0,1$ (розподіл тиску, близький до еліптичного) максимальна температура $T_{\max} = 74^\circ\text{C}$ досягається на відстані $x = 7,77$ мм від точки входу колеса в контакт з рейкою; для $f = 0,3$ (типове значення коефіцієнта тертя) температурний максимум складає $T_{\max} = 221^\circ\text{C}$ і має місце в точці $x = 7,69$ мм; для $f = 0,6$ (сильне тертя, характерне для важко навантажених умов експлуатації) маємо $T_{\max} = 438^\circ\text{C}$ в точці $x = 7,53$ мм.

Можна також відзначити, що температурне поле, яке виникає в рейці в ході проходження рухомого складу, характеризується високими градієнтами не лише у поздовжньому (в напрямі руху), але і в поперечному напрямі. Високі температурні градієнти мають місце в тонкій приповерхневій смугі поблизу зони контакту колеса з рейкою. Вже на глибині 1 мм температура практично зникає.

Варто звернути увагу, що параметр d має фізичний смисл глибини теплового проникнення, яка є важливою величиною при постановці нестационарної задачі. В розглядуваному випадку $d = 0,35$, тобто температура в рейці є достатньо значною в межах $y = 3d$ в околі ділянки нагрівання.

Висновки

З використанням апроксимаційних властивостей кусково-лінійних функцій розроблено методику побудови розв'язку квазістационарної

теплової задачі тертя, яка моделює роботу трибопари «рейка-колесо» в експлуатаційних умовах. Вивчено вплив коефіцієнтів тертя і проковзування на максимальний рівень температури, що наводиться в рейці після проходження залізничного состава. Встановлено, що максимальні температури не перевищують рівня $350...400^\circ\text{C}$, що значно менше за температуру початку мартенситних перетворень, яка для типових матеріалів, з яких виготовлюються рейки, складає 600°C .

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Ling, F. F. Surface displacement of a convective elastic half-space under arbitrary distributed fast-moving heat source [Text] / F. F. Ling, V. C. Mow // Trans. ASME. J. Basic. Eng. – 1965. – V. 97. – P. 729-734.
2. Ling, F. F. Temperature distribution in semi-infinite solid under a fast-moving arbitrary heat source [Text] / F. F. Ling, C. C. Yang // Int. J. Heat Mass Transfer. – 1971. – V. 14, No. 1. – P. 199-206.
3. Knothe, K. Direct covariance analysis for the calculation of creep-pages and creep-forces for various bodies on straight track with random irregularities [Text] / K. Knothe, S. Stichel // Vehicle System Dynamics. – 1993. – V. 22. – P. 237-251.
4. Knothe, K. Direct covariance analysis for the calculation of creep-pages and creep-forces for various bodies on straight track with random irregularities [Text] / K. Knothe, S. Liebelt // Wear. – 1995. – V. 189, No. 1-2. – P. 91-99.
5. Марчук, Г. И. Введение в проекционно-сеточные методы [Текст] / Г. И. Марчук, В. И. Агашков. – М.: Наука, 1981. – 416 с.
6. Джонсон, К. Механика контактного взаимодействия [Текст] / К. Джонсон. – М.: Мир, 1989. – 509 с.
7. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров [Текст] / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1975. – 831 с.
8. Hill, D. A. The state of stress induced by cylindrical sliding contact with frictional heating [Text] / D. A. Hill, D. Noveell, A. Sackfield // Int. J. Mech. Sci. – 1990. – V. 32. – P. 767-778.
9. Расчет, испытание и подбор фрикционных пар [Текст] / А. В. Чичинадзе [и др.]. – М.: Наука, 1979. – 267 с.

Надійшла до редколегії 12.05.2010.

Прийнята до друку 27.05.2010.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВАГОНОВ-ЦИСТЕРН

Збільшення об'єму та вантажопідйомності вагонів-цистерн є актуальним завданням для підвищення ефективності перевезення рідких вантажів. Розглянуто варіанти конструктивних та технічних рішень, що дозволяють підвищити вказані показники. Після аналізу обрано найбільш раціональну конструктивну схему, що відповідає сучасним вимогам, які пред'являються до вагонів-цистерн, та яка дозволяє підвищити їх продуктивність.

Ключові слова: вагон-цистерна, розрахункова схема, конструкція вантажного вагона

Увеличение вместимости и грузоподъемности вагонов-цистерн является актуальной задачей для повышения эффективности перевозки наливных грузов. Рассмотрены варианты конструктивных и технических решений, позволяющих увеличить указанные показатели. После анализа выбрана наиболее рациональная конструктивная схема, соответствующая современным требованиям, предъявляемым к вагонам-цистернам, и позволяющая повысить их производительность.

Ключевые слова: вагон-цистерна, расчетная схема, конструкция грузового вагона

The increase of volume and load-carrying capacity of tank cars is an urgent task for improving the efficiency of transportation of liquid bulk cargoes. Variants of the constructive and technical approaches, which allow increasing the specified indices, are considered. After the analysis the most rational constructive scheme meeting the modern requirements for tank cars and allowing to raise their productivity is chosen.

Keywords: tank car, design scheme, freight car construction

Введение

Вопрос совершенствования подвижного состава всегда остается актуальным, в особенности, когда это касается вагонов перевозящих массовые грузы, так как экономический эффект от их внедрения наиболее очевиден. К таким вагонам относятся цистерны для перевозки нефтепродуктов, груза имеющего стратегическое значение для экономики страны.

В данной работе приведены результаты разработки нового вагона-цистерны увеличенной вместимости и грузоподъемности, а также представлены новые технические решения которые были применены в конструкции вагона.

1 Направления исследований при разработке нового вагона-цистерны

При разработке вагона-цистерны увеличенной вместимости и грузоподъемности к конструкции предъявлялись следующие требования:

- увеличить объем котла и груза вагона по сравнению с существующими вагонами-цистернами;
- обеспечить ремонтпригодность, безопасность эксплуатации и технологичность изготовления вагона;
- приспособить новый вагон к существующей инфраструктуре сливо-наливных станций.

Одной из основных проблем при разработке нового вагона-цистерны стало то, что при уве-

личении объема котла и грузоподъемности вагона необходимо было обеспечить возможность эксплуатации этого вагона при существующей инфраструктуре. А это внесло жесткие требования к расположению сливо-наливных устройств на котлах вагонов-цистерн и заставило исключить из проработки ряд перспективных технических решений, внедрение которых возможно только при параллельном совершенствовании инфраструктуры.

При решении поставленной задачи был проведен анализ и выбраны следующие направления совершенствования конструкции вагона-цистерны: увеличение линейных размеров; увеличение числа осей; изменение формы котла вагона-цистерны (для максимального использования габарита подвижного состава). Варианты конструктивных решений представлены на рис. 1.

В направлении увеличения линейных размеров были проработаны такие варианты как вагоны с длиной по осям сцепления автосцепок 15025 мм и 18030 мм, а также рассмотрен вариант вагона цистерны с увеличенным диаметром котла за счет использования габарита Тпр.

По направлению увеличения числа осей вагона-цистерны рассматривались варианты создания новых восьмиосных вагонов-цистерн, вагонов-цистерн сочлененного типа и вагонов сцепов с двумя котлами. По вагонам сочлененного типа и сцепов были проработаны варианты с двумя, тремя котлами и более.



Рис. 1. Варианты конструктивных решений

При рассмотрении направления изменения формы котла были проработаны варианты вагона-цистерны с котлом: переменного сечения с прямым средним листом; переменного эллипсовидного сечения; переменного эллипсовидного сечения со штампованными опорными броневыми листами и др.

Проведенный анализ соответствия предлагаемых исполнений вагонов-цистерн заявленным требованиям позволил исключить ряд предлагаемых конструкций и сделать вывод, что наиболее перспективным решением является восьмиосный вагон-цистерна с двумя котлами в габарите Тпр. Предлагаемый вагон обеспечивает существенное увеличение объема перевозимого груза в составе поезда, а также полностью удовлетворяет требованиям ремон-

топригодности, технологичности и приспособлен к существующей инфраструктуре сливно-наливных станций.

2 Предлагаемый вариант вагона-цистерны. Сравнение с существующими вагонами-цистернами

Новый восьмиосный вагон-цистерна представляет сцеп (рис. 2) с двумя котлами со сливно-наливной арматурой, двумя полурамами и двумя тележками на котел, подвагонным тормозным оборудованием и безазорным сцепным устройством SSD A-1066, позволившим увеличить длину котлов с сохранением шага между сливно-наливными устройствами в составе поезда.

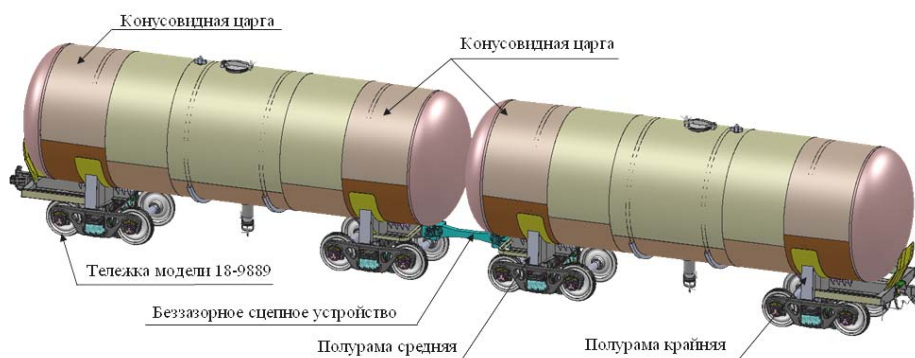


Рис. 2. Восьмиосный вагон-цистерна с двумя котлами

Основные параметры и размеры восьмиосного вагона-цистерны с двумя котлами в габарите Тпр приведены в табл. 1.

рлите Тпр приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные параметры и размеры восьмиосного вагона

Наименование параметра	Значения
Объем котла полный, м ³	196 (98 × 2)
Полезный объем, м ³	194 (97 × 2)
Масса тары, т	52
Грузоподъемность максимальная, т	163
Внутренний диаметр котла, мм	3400
Длина вагона, мм:	
- по осям сцепления автосцепок	24040
- по концевым балкам рамы	22820
Максимально допустимая нагрузка от оси колесной пары на рельсы, кН (тс)	245 (25) 265 (27)

Далее представлен график (рис. 3) сравнения предлагаемой конструкции с вагонами-цистернами ведущих производителей Украины и России. Сравнение проводилось по объему

перевозимого груза в составе поезда, для светлых нефтепродуктов с минимальной плотностью 680 кг/м³ и максимальной плотностью 860 кг/м³.

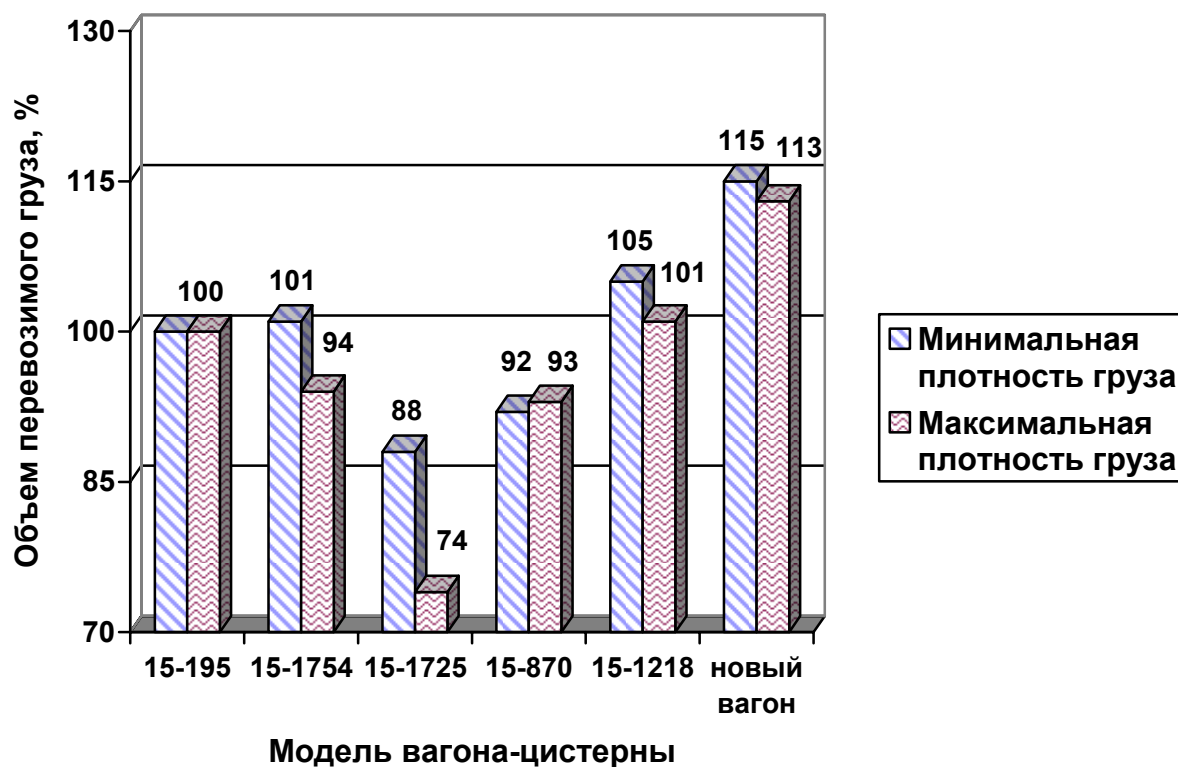


Рис. 3. Сравнение перевозимого груза минимальной плотности в составе поезда, %

3 Ожидаемые технико-экономические показатели

Расчет экономической эффективности увеличения объема вагонов-цистерн выполнен на основании фактических данных по перевозке светлых нефтепродуктов с Приволжской железной дороги (Волгоградский НПЗ, «Газпром добыча Астрахань», Саратовский НПЗ) через Северо-Кавказскую железную дорогу.

Оценка эффективности инвестиционного проекта выполнялась для трех групп грузов:

- 1-й тип груза – нефтепродукты с высокой плотностью ($\rho = 0,86 \text{ г/см}^3$), например, дизельное топливо;
- 2-й тип груза – нефтепродукты с низкой плотностью ($\rho = 0,68 \text{ г/см}^3$);
- 3-й тип груза – нефтепродукты с плотностью $\rho = 0,78 \text{ г/см}^3$ (наиболее массово перевозимые грузы).

Учитывая срок жизни проекта, а также средние сроки окупаемости продукции транспортного машиностроения, предлагаемый вагон-цистерна превосходит существующие вагоны-аналоги и является экономически эффективным, устойчивым и прибыльным. Ниже представлены сроки окупаемости вагона-цистерны предлагаемой конструкции.

1) При перевозке нефтепродуктов с высокой плотностью ($\rho = 0,86 \text{ г/см}^3$), а именно дизельного топлива. Финансово-экономические показатели для представленного вагона составляют:

- простой срок окупаемости – 4,3 года;
- дисконтированный срок окупаемости – 5,6 лет.

2) При перевозке нефтепродуктов с низкой плотностью ($\rho = 0,68 \text{ г/см}^3$), финансово-экономические показатели для представленного вагона составляют:

- простой срок окупаемости – 4,7 года;
- дисконтированный срок окупаемости – 6,3 лет.

3) При перевозке нефтепродуктов с плотностью $\rho = 0,78 \text{ г/см}^3$ (наиболее массово перевозимые грузы), финансово-экономические показатели для представленного вагона составляют:

- простой срок окупаемости – 4,5 года;
- дисконтированный срок окупаемости – 5,8 лет.

4 Заключение

В результате проведенной работы были исследованы и проанализированы варианты решения проблемы увеличения вместимости и грузоподъемности вагонов-цистерн, и выбран вариант конструктивного решения, который удовлетворяет всем существующим требованиям инфраструктуры, надежности, безопасности, дает значительный экономический эффект по сравнению с существующими вагонами и отличаются инновационностью (котел с конусовидными консольными вставками и беззазорное сцепное устройство).

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нормы для расчета и проектирования вагонов, железных дорог МПС колеи 1520 мм 1996 (несамоходных) [Текст]. – М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996.
2. НБ ЖТ ЦВ 01-98 «Вагоны грузовые железнодорожные. Нормы безопасности» (в редакции от 11.02.09 приказ № 22) [Текст].
3. Общие технические требования к грузовым вагонам нового поколения [Текст]. – М.: МПС, 2001.
4. Методические рекомендации по оценке инвестиционных проектов на железнодорожном транспорте [Текст] : Утв.: МПС РФ от 31.08.98 № В-1024У.

Поступила в редколлегия 03.06.2010.

Принята к печати 15.06.2010.

ФОРМУВАННЯ АМОРФІЗОВАНИХ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ В УМОВАХ ГАЗОТЕРМІЧНОГО НАПИЛЕННЯ

У статті розглянуті питання формування аморфізованих покриттів в умовах газотермічного напилення. Позначено дві групи чинників, що впливають на утворення аморфної структури в детонаційних покриттях з металевих сплавів. На основі теоретичного аналізу сформульовані технологічні чинники, що визначають можливість отримання аморфізованих покриттів при детонаційному напиленні.

Ключові слова: аморфізоване детонаційне покриття, газотермічне напилення, металевий сплав

В статье рассмотрены вопросы формирования аморфизированных покрытий в условиях газотермического напыления. На основе теоретического анализа сформулированы технологические факторы, определяющие возможность получения аморфизированных покрытий при детонационном напылении. Обозначены две группы факторов, влияющие на образование аморфной структуры в детонационных покрытиях из металлических сплавов.

Ключевые слова: аморфизированное детонационное покрытие, газотермическое напыление, металлический сплав

In the article the issues of forming amorphous coatings in the conditions of gas thermal spraying of coating are considered. On the basis of theoretical analysis the technological factors, determining possibility of obtaining the amorphous coatings at detonation spraying, are formulated. Two groups of factors, influencing on formation of amorphous structure in detonation sprayed coatings from metallic alloys, are marked.

Keywords: amorphous detonation coating, gas thermal spraying, metallic alloy

Як відомо, аморфні матеріали можна отримати електролітично, з розплаву або газової фази при умові обмеження зародкоутворення кристалізації, при цьому більш висока вільна енергія розчину, розплаву або газової фази частково зберігається при твердінні.

Речовини з аморфною та кристалічною структурою характеризуються наявністю областей з ближнім порядком. Можна припустити, що ближній порядок існує в безпосередньому оточенні будь-якого атома, хоча б в ослабленій формі, а зі збільшенням відстані зростає різноманіття структурних конфігурацій, що приводить до зміни взаємної орієнтації структурних елементів.

Дослідження некристалічних матеріалів [1] показують, що будь-яка речовина може існувати в некристалічному стані в тій або іншій формі.

Особливістю газотермічного напилення (ГТН) при отриманні аморфної структури є розплавлення аморфізуючого сплаву в об'ємі високотемпературного газового струменя з подальшою спрямованістю потоку розплавлених частинок на деталь. Це стосується всіх методів ГТН незалежно від способу створення високотемпературного газового струменя, особливостей і швидкостей витоку струменя; типів матеріалів, що використовують для напилення.

Газотермічне напилення залежить від багатьох чинників, але цей складний процес умовно можна поділити на такі етапи:

- нагрівання і розплавлення матеріалу, що напилюють;
- прискорення крапель розплаву;
- деформацію та твердіння розплавлених часток на поверхні.

Цікавим є те, що напилювані частинки, як правило, мають сферичну форму. Така форма створюється за рахунок того, що час утворення сферичної форми розплавлених частинок при газотермічному напиленні на 2...4 порядки менше часу їх польоту до основи [1]. Саме тому для вивчення явищ, які відбуваються при взаємодії розплавленої частинки та основи можна застосувати теорію гідродинаміки удару рідких сферичних частинок об тверду поверхню [2, 3]. В перший момент зіткнення розплавленої частинки з поверхнею основи в місці контакту частинка пружно деформується та через 10^{-10} ... 10^{-9} с в місці контакту утворюється тонкий плоский шар розплаву частинки. В процесі деформації частинка розтікається, а висота частинки зменшується.

Дослідження по напиленню аморфних покриттів із сплавів на основі Fe газополум'яним методом із застосуванням ацетилену у якості горючого газу дозволили отримати повністю аморфні покриття товщиною 0,15...0,3 мм. При цьому використовували порошки Fe-Ni-Si-B, Fe-Cr-Ni-P-B, Fe-Ni-P-B та ін. [4]. Показано можливість отримання аморфно-кристалічних покриттів з низки сплавів при газополум'яному

напиленні без додаткового охолодження із застосуванням горючого газу пропан-бутана [3].

Ефективною технологією формування покриттів з аморфною структурою є напилення, засноване на використанні імпульсного плазмового потоку (імпульсно-плазмове). Плазмовий потік утворюється при розряді ємнісного накопичувача енергії в системі направлених електродів [5]. Нанесення даним методом з порошків Fe-B, Fe-Ni-P, Ni-Nb, Ni-Ti, Ni-P, Ni-Fe-Cr-B-Si, Co-Fe-B-Si та ін. дозволили отримати аморфізовані покриття товщиною до 2...3 мм [6]. Важливим є те, що високі швидкості частинок напилюваного матеріалу, а саме 1000 м/с і вище, забезпечують максимальні ступені деформації на основі, що забезпечує отримання аморфізованих покриттів з високими значеннями швидкості охолодження $V^{\text{охол}} \geq 10^7$ К/с (наприклад, Fe₂B та інші) [5].

Можливість отримання аморфізованих покриттів товщиною до 1,0 мм і більше теоретично обґрунтована і експериментально доведена при плазмово-дуговому напиленні порошків різних сплавів на основі заліза (Fe-B, Fe-Ni-B, Fe-B-C-Si, Fe-Si-C, Fe-B-C, Fe-Ti-B-C, та інші) [7]. В якості плазмоутворюючого газу використовували аргон або його суміш з азотом. Покриття наносили у відкритій атмосфері з використанням примусового охолодження основи та без нього. В результаті експериментальних досліджень встановлена корозійна стійкість та висока зносостійкість отриманих покриттів [5].

За даними авторів [8] можливе отримання аморфних покриттів товщиною до 2 мм та більше із сплавів Fe-Cr-P-C, Fe-P-C, Fe-B-C при детонаційному напиленні ацетилен-кисневою сумішшю без додаткового охолодження. Досліджені відмінності в концентрації елементів на поверхні та структурі цих покриттів в порівнянні з аморфними стрічками аналогічного складу в широкому інтервалі температур [8].

В наведених вище та інших роботах у більшості випадків для газотермічного напилення застосовували порошки, отримані помолотом аморфних стрічок, що, зважаючи на високу вартість початкових стрічок, є малоефективним з погляду економічної доцільності. Крім того, існують практичні складності диспергування цих стрічок. До того ж, в роботах недостатньо порівняльних даних по використанню різних напилюваних матеріалів та робочих газів для отримання аморфізованих покриттів, не наведено раціональних технологічних параметрів, які забезпечують формування та збереження

аморфної структури напилених шарів в процесі напилення та експлуатації.

Детонаційне напилення формує шар та поступове зростання його товщини. Як правило, товщина шару, що наноситься за один цикл, не перевищує 20 мкм, частота нанесення шарів до 10 Гц, що забезпечує твердіння шару до нанесення наступного, оскільки при цих частотах час твердіння часток менше на декілька порядків. Кожен шар при детонаційному напиленні твердіє окремо. Це означає, що кожний попередньо нанесений шар не піддається додатковому термічному впливу від наступного напилюваного матеріалу. Високі швидкості охолодження дозволяють збільшити масу швидкозагартованого сплаву послідовною добавкою малих порцій розплаву.

Обов'язковою умовою при гартуванні з рідкого стану є розплавлення сплаву перед його зіткненням з основою або попереднім шаром. При детонаційному напиленні, яке має етапи: нагрів напилюваного матеріалу, перенесення розплавлених часток та їх зіткнення з основою можна представити у вигляді: $T_0 \geq T_m$ де T_0 – температура частинки в початковий момент охолодження після зіткнення з основою; T_m – температура плавлення напилюваного матеріалу.

Для теоретичної оцінки об'ємного змісту аморфної фази матеріалу покриття можна розглянути відносно розташування кривих охолодження на температурочасовому полі напилених частинок та термодинамічній діаграмі конкретного сплаву «температура–час–перетворення» (TTT-діаграма) (рис. 1).

Якщо крива охолодження огинає вітку TTT-діаграми, що відповідає нехтовно малій кристалічній фазі, рівній 10^{-6} с, то напилені частинки мають повністю аморфну структуру. При зрушенні кривих охолодження вправо частинки мають аморфно-кристалічну або повністю кристалічну структуру. Ступінь аморфізації покриття визначають графічно: крива охолодження є дотичною до C-образної кривої, що відповідає певному значенню об'ємного змісту кристалічної фази – z . Час, необхідний для утворення малої частки кристалів Z з врахуванням кінетики аморфізації як зародження, так і зростання кристалічних фаз при постійності частоти зародження I та лінійній швидкості росту кристалів U , визначимо із співвідношень [9]

$$\tau_z = \left(\frac{3ZU^{-3}}{\pi I} \right)^{0.25}. \quad (1)$$

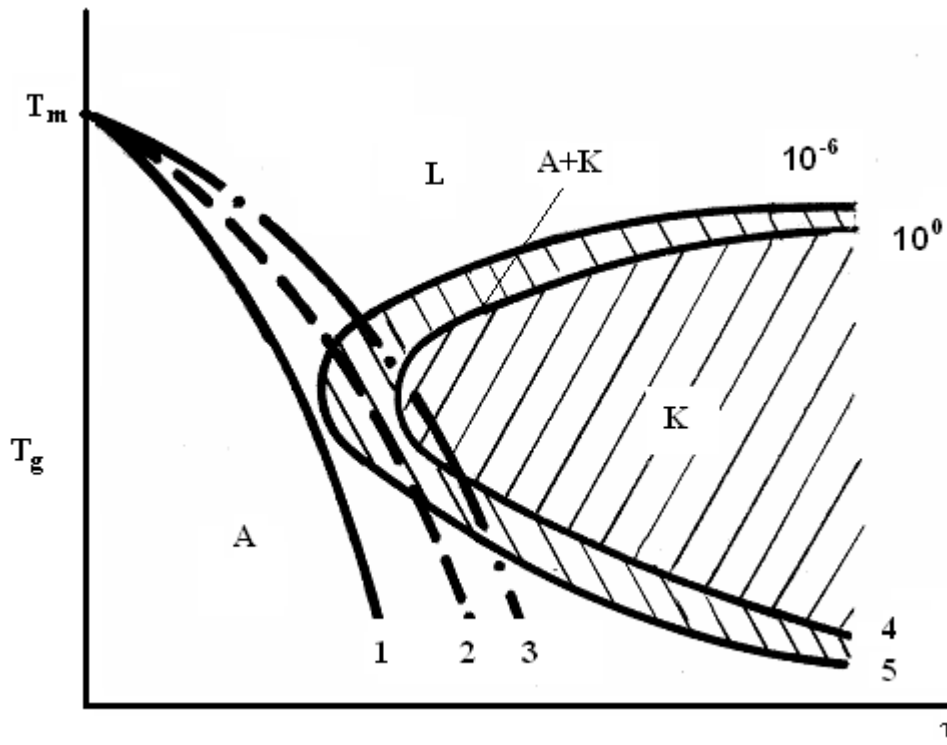


Рис. 1. Схема процесу твердіння напилених частинок: 1, 2, 3 – криві охолодження; 4, 5 – криві TTT-діаграм; L – розплав; A – аморфний стан; K – кристалічний стан; Tg – температура скловання

Припускаючи, що вільна енергія створення критичного зародка (при $\frac{\Delta T}{T_m} = 0,2$) рівна $50 kT$, а різниця вільних енергій рідкої і твердої фаз при швидких охолодженнях $\Delta G = \Delta H_m \Delta T$ та використовуючи рівняння для параметрів I і U, рівняння (1) буде мати вигляд [10]:

$$\tau_z = \frac{9,3\eta(T)}{kT} \times \left\{ \frac{Zd_a^9 \exp\left(-\frac{1,07}{\Delta T_1^2 T_q^3}\right)}{f^3 N_V \left[1 - \exp\left(-\frac{\Delta H_m \Delta T_q}{RT}\right)\right]^3} \right\}^{0,25}, \quad (2)$$

де $\eta(T)$ – в'язкість розплаву;

d_a – середній атомний діаметр;

N_V – число атомів в одиничній комірі;

f – відносна кількість комірок на поверхні розділу «розплав-кристал», в яких може відбуватися перенесення атомів (для гладких поверхонь $f = 0,2\Delta T_q$);

T_m – температура ліквідусу;

ΔH_m – молярна теплота плавлення сплаву.

$$\text{При цьому } T_q = \frac{T}{T_m}, \quad \Delta T_q = \frac{(T_m - T)}{T_m}.$$

За рівнянням (2) розраховують криві «час-температура-перетворення», а за координатами точки мінімальної стійкості переохолодженого розплаву визначають величину критичної швидкості охолодження:

$$V_{кр} = \frac{T_m - T_1}{\tau_1} \quad (3)$$

де T_1 та τ_1 – температура та час, що відповідають виступу C-образних кривих.

При детонаційному напиленні цю умову можна представити у вигляді:

$$T_0 = T_{\pi} + \Delta T_{\text{нагр}} - \Delta T_{\text{охол}} + \Delta T_{\text{уд}} \geq T_m, \quad (4)$$

де T_0 – температура частинок в початковий момент охолодження на основі;

T_{π} – початкова температура матеріалу перед напиленням;

$\Delta T_{\text{нагр}}$ – нагрів частинки після взаємодії з продуктами згоряння;

$\Delta T_{\text{охол}}$ – охолодження частинки при її русі за зрізом ствола;

$\Delta T_{\text{уд}}$ – нагрів частинки при її зіткненні з основою;

T_m – температура плавлення напилюваного матеріалу.

Теплові процеси при взаємодії напилюваного матеріалу з основою є визначальними у формуванні заданого фазового складу покриття. Вирішивши завдання охолодження тонкої плівки на напівнескінченній підкладці, можна отримати значення швидкостей охолодження для окремої частинки, що зіткнулась з основою, проте покриття формують нарощуванням швидкозагартованих частинок, та при поступовому збільшенні товщини покриття частинки охолоджуються через напилений шар. Тому значення швидкостей охолодження змінюватимуться залежно від товщини покриття. В процесі нарощування товщини покриття зміни умов охолодження можна апроксимувати ефективний коефіцієнт теплопередачі $\alpha_{\text{еф}}$, який враховує термічний опір покриття та меж між частинкою, що твердіє та покриттям, самим покриттям й основою [11]. Розглядаючи перенесення теплового потоку через покриття, як задачу теплопередачі через однорідну стінку при допущенні одновимірності теплового потоку, отримаємо:

$$\alpha_{\text{еф}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{п}}}{\lambda_{\text{п}}} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (5)$$

де α_1 – коефіцієнт тепловіддачі на межі розділу покриття-основа;

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі на межі розділу частинка-покриття;

$\delta_{\text{п}}$ – товщина покриття;

$\lambda_{\text{п}}$ – теплопровідність покриття.

Закон зміни температури твердіючої частинки може бути представлений на основі рішення рівняння теплопровідності Фур'є [12]:

$$\theta = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\theta_0 2 \sin \mu_n}{\mu_n + \sin \mu_n \cos \mu_n} \times \cos \left(\mu_n \frac{x}{\delta} \right) \exp \left(-\mu_n^2 \frac{a\tau}{\delta^2} \right), \quad (6)$$

де $\theta = T_{\text{ч}} - T_{\text{п}}$, $\theta_0 = T_0 - T_{\text{п}}$;

α – температуропровідність частинки;

x – товщина шару частинки в напрямі від підкладки до вільної поверхні;

$T_{\text{п}}$ – температура підкладки;

t – час;

$T_{\text{ч}}$ – температура частинки;

T_0 – температура частинки в початковий момент охолодження.

У випадку формування детонаційного покриття критерій Біо (Bi) визначають виразом:

$$Bi = \alpha_{\text{еф}} \frac{\delta}{\lambda}, \quad (7)$$

де λ – теплопровідність частинки.

Диференціювання рівняння (6) за часом дає наступний вираз для швидкості охолодження:

$$V_{\text{охол.}} = \frac{a}{\delta^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2\theta_0 \mu_n^2 \sin \mu_n}{\mu_n + \sin \mu_n \cos \mu_n} \times \cos \left(\mu_n \frac{x}{\delta} \right) \exp \left(-\mu_n^2 \frac{a\tau}{\delta^2} \right). \quad (8)$$

Дані фізико-математичного моделювання дозволяють виділити дві групи чинників, що впливають на утворення аморфної структури в детонаційних покриттях з металевих сплавів. До першої групи відносять: товщину напилених частинок, температуру основи та ступінь досконалості контакту між напиленою частинкою та основою, які більше впливають на утворення аморфної фази. До другої – початкову температуру розплавлених частинок, теплофізичні властивості матеріалу основи, товщину покриття.

Для розробки практичної технології нанесення аморфізованих детонаційних покриттів вищезазначені загальні чинники необхідно доповнити результатами теоретичного аналізу аморфізації покриттів з урахуванням технологічних особливостей детонаційного напилення:

- розгляду високотемпературного газового потоку як результату детонаційного розкладання компонентів горючої суміші;
- циклічності процесу;
- відносних швидкостей в двофазному потоці, високій хімічній активності продуктів детонації;
- високій вірогідності взаємодії частинок в рідкому стані при формуванні одиничного шару;
- підвищення температури частинки при зіткненні з основою і таке ін.

Відомо багато робіт про взаємодію частинок з основою і описом сталого об'єму деформованої частинки, проте вони засновані на припущенні, що взаємодія проходить з гладкою поверхнею. Насправді, взаємодія частинок проходить з шорсткою поверхнею, будь то після абразивної обробки з початковою висотою мік-

рошорсткості K_n або після твердіння раніше напиленних частинок із сталою висотою мікрошорсткості K_c . Причому обумовлюють, що в умовах стабільного осадження частинок вузької фракції стала висота мікрошорсткості K_c буде постійною. Висоту мікрошорсткості K_c оцінюють так [13]:

$$K_c = \frac{100 v_q}{U_n} \quad (9)$$

де v_q – кінематична в'язкість рідкого матеріалу частинки.

Об'єм деформованої частинки можна оцінити як суму об'ємів, що заповнюють попередню мікрошорсткість та твірну власну мікрошорсткість.

З достатнім ступенем точності об'єм застиглої частинки можна описати сумою об'ємів двох конусів з висотою K_c . У результаті ефективну площу тепловідводу, як площу бічної поверхні нижнього конуса можна оцінити за формулою:

$$S_{\text{еф}} = \frac{1}{2K_c} \left(3V_d \frac{3V_d}{\pi + 2K_c^3} \right)^{0,5} \quad (10)$$

Якщо ввести параметр аморфізації $f(K_a)$, як відношення висоти охолоджуваної частинки до ефективної площі тепловідводу залежно від швидкості підльоту напилюваних частинок (U_q), то перша похідна за швидкістю залежно від швидкості підльоту частинок до основи дасть екстремум $f(K_a)$. Швидкість буде оптимальною з погляду аморфізації напилюваного матеріалу:

$$\frac{df(K_a)}{dU_q} = 0. \quad (11)$$

Отримана з (11) величина U_q дасть оптимальні технологічні параметри детонаційного напилення за наступною залежністю [14]:

$$\frac{U_q}{C_{\text{нд}}} = \left(- \frac{8L_3}{3 \frac{C^{0,5}}{K_1 K_2} \rho_q d_q} \right)^{0,5} \quad (12)$$

де L_3 – глибина завантаження напилюваного матеріалу в ствол детонаційної установки;

$C_{\text{нд}}$ – швидкість звуку в продуктах детонації;

K_1 – коефіцієнт аеродинамічного опору напилюваних частинок;

K_2 – коефіцієнт втрат динамічного тиску з-за тертя продуктів згорання об стінки ствола і опору частинок;

d_q – діаметр частинки;

ρ_0 – щільність вибухової суміші в початковому стані.

Таким чином, на основі теоретичного аналізу можна сформулювати технологічні чинники, що визначають можливість отримання аморфізованих покриттів при детонаційному напиленні:

1. З погляду повного розплавлення частинок – тепловий ефект хімічної реакції, довжина ствола та його діаметр, розмір частинок порошку.

2. З погляду зменшення вірогідності взаємного термічного впливу – діаметр ствола, кількість і спосіб введення напилюваного матеріалу на одиничний цикл детонаційного напилення.

3. З погляду ефективності тепловідводу (швидкості охолодження напилюваних частинок) – діаметр частинок, динамічний тиск продуктів детонації, глибина завантаження порошку у ствол.

4. З погляду хімічного, взаємодії з продуктами детонації – глибина завантаження порошку, тепловий ефект хімічної реакції, хімічний склад продуктів детонації, хімічна активність напилюваного матеріалу.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Нечипоренко, О. С. Формирование частиц при распылении [Текст] / О. С. Нечипоренко, Ю. И. Найда // Порошковая металлургия. – 1968. – № 10. – С. 1-4.
2. Кудинов, В. В. Плазменные покрытия [Текст] / В. В. Кудинов. – М.: Наука, 1977. – 184 с.
3. Кудинов, В. В. Нанесение покрытий плазмой [Текст] / В. В. Кудинов, Л. Ю. Пекшев, В. Е. Белашенко. – М.: Наука, 1990. – 407 с.
4. Miura, H. Production of amorphous iron-nickel based alloys by flame-spray quenching and coatings on metal substrates [Text] / H. Miura, S. Isa, K. Omuro // Trans. of the Japan Inst. for Met. – 1984. – 25, № 4. – P. 291-294.
5. Борисов, Ю. С. Формирование структуры покрытий из эвтектических сплавов при газотермическом напылении [Текст] / Ю. С. Борисов, В. Н. Коржик, Ю. А. Куницкий // Тр. III Всесоюзной конф. «Закономерности формирования структуры сплавов эвтектического типа». – Т. 1.

- Д.: Днепропетр. металлургический ин-т. – 1986. – С. 34-36.
6. Лукина, Г. Н. Структура и свойства импульсно-плазменных покрытий из порошков металлических материалов Fe-Mo-Cr-B [Текст] / Г. Н. Лукина, М. В. Большаков // Автоматическая сварка. – 1997. – № 3. – С. 14-18.
 7. Борисов, Ю. С. Образование аморфных структур в металлических сплавах при газотермическом напылении [Текст] / Ю. С. Борисов, В. Н. Коржик. – К., 1986. – 64 с. (Препринт АН УССР. Ин-т проблем материаловедения; № 10).
 8. Шмырева, Т. П. Особенности образования аморфной структуры в металлических сплавах при детонационно-газовой обработке [Текст] / Т. П. Шмырева, В. М. Матухнов, А. С. Аронин // Вопросы формирования метастабильной структуры сплавов. Неровновестная кристаллизация. – Д.: ДНУ, 1987. – С. 109-114.
 9. Скаков, Ю. А. Затверждение в условиях сверхбыстрого охлаждения и фазовые превращения при нагреве металлических стекол [Текст] / Ю. А. Скаков, В. С. Крапошин // Итоги науки и техники. Металловедение и термическая обработка металлов. – 1980. – № 13. – С. 3-78.
 10. Быстрозакаленные металлы [Текст] / под ред. А. Ф. Прокошина. – М.: Металлургия, 1983. – 472 с.
 11. Мирошниченко, И. С. Закалка из жидкого состояния [Текст] / И. С. Мирошниченко. – М.: Металлургия, 1982. – 168 с.
 12. Ильин, А. И. Стеклообразные структуры подвергнутые действию высокоэнергетических пучков [Текст] / А. И. Ильин, В. С. Крапошин // Поверхность. Физика, химия, механика. – 1985. – № 6. – С. 5-16.
 13. Шлихтинг, Г. П. Теория пограничного слоя [Текст] / Г. П. Шлихтинг. – М.: Наука, 1969. – 742 с.
 14. Астахов, Е. А. Детонационное напыление аморфных и микрокристаллических покрытий [Текст] / Е. А. Астахов, В. Н. Коржик, А. В. Чернышев. – Брошюра общества «Знание». УССР, 1990. – 20 с.

Надійшла до редколегії 03.06.2010.

Прийнята до друку 16.06.2010.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОЇЗДОПОТОКІВ ПРИ АВТОМАТИЗОВАНОМУ УПРАВЛІННІ ЧЕРГОВІСТЮ РОЗПУСКУ СОСТАВІВ

Виконано дослідження зв'язку черговості розпуску составів на сортувальних гірках та параметрів поїздопотоків свого формування: кількості відцепів та кількості груп у составі свого формування.

Ключові слова: ефективність формування поїздопотоків, черговість розпуску составів, автоматизоване управління

Выполнено исследование связи последовательности роспуска составов на сортировочных горках и параметров поездопотока своего формирования: количества отцепов и количества групп в составах своего формирования.

Ключевые слова: эффективность формирования поездопотоков, очередность роспуска составов, автоматизированное управление

Here was made a research of the dependence of the order of trains processing on the switching stations and trainstream parameters: quantity of cuts and quantity of groups in trains, forming on the switching stations.

Keywords: efficiency of formation of train traffic volume, sequence of breaking up on hump of train sets of cars, automated control

Вступ

Задача планування поїздоутворення є основною задачею оперативного управління. Від точності її вирішення в значній мірі залежить ефективність функціонування залізничного транспорту. Висока якість планування поїздоутворення досягається за рахунок правильних та своєчасних управлінських рішень. Одним із засобів впливу на процес поїздоутворення є вибір черговості розпуску составів (ВЧРС) на сортувальній гірці.

Для визначення показників раціональної послідовності розпуску необхідно знати залежність ефективності поїздоутворення від параметрів структури составів. Серед них головними є довжина відцепів та кількість груп у составі. В роботі поставлено завдання прослідити залежність між зазначеними параметрами та черговістю розформування составів.

Дослідження зв'язків параметрів поїздопотоків та черговості розпуску

Черговість розформування составів на сортувальній гірці впливає на наступні умови функціонування сортувальних станцій:

- моменти завершення накопичення составів;
- порядок надходження вагонів на колії сортувального парку.

Останню умову існуючі методики ВЧРС не враховують, що є певним недоліком.

Показники роботи будь-якої станції в першу чергу залежать від параметрів вхідного вагоно- та поїздопотоків. Якщо врахувати, що вихідний потік однієї станції є вхідним потоком іншої станції, то стане очевидно доцільність планування поїздоутворення за принципом покращення не тільки показників роботи окремо взятої станції а і параметрів вихідного потоку даної станції. Наслідком такого планування стане можливе покращення показників роботи наступних станцій.

Одним із важливих параметрів поїздопотоків, що впливає на якість сортувального процесу, є середня кількість вагонів у відцепі. Наслідками значного подрібнення відцепів стають збільшення тривалості осаджування вагонів у сортувальному парку [1]. Окрім цього відбувається збільшення кількості помилок при сортуванні, та, у випадку розпуску вагонів зі змінною швидкістю, зменшення швидкості розпуску составів.

На залізницях Німеччини проблема значного подрібнення відцепів вирішується шляхом накопичення составів окремих призначень на декількох коліях [2]. Таким чином формуються найбільш довгі відцепи а маневрова робота на наступних станціях мінімізується. Виділення для кожного призначення декількох колій є нераціональним через великі капітальні витрати, тому на сортувальних станціях України друга сортувальна колія виділяється тільки для найбільших призначень, потужністю більше 200 вагонів за добу. Решта призначень має некерований процес утво-

рення відцепів під час накопичення. Середня величина відцепу у складі залежить, в першу чергу, від порядку надходження вагонів до колій сортувального парку. На порядок надходження вагонів певною мірою можливо впливати шляхом перестановки складів в черзі на розформування. Завдяки цьому можна створювати бажану структуру поїздів, що відправляються зі станції без додаткових витрат на сортування під час завершення формування.

Відповідно до поставленої задачі, кожен варіант обробки складів будемо характеризувати обраною послідовністю розформування $X^{(t)}$.

Якщо поставити задачу досягти максимально можливої довжини відцепів у складах, що формуються на станції, то критерій задачі ВЧРС можна записати у вигляді виразу:

$$C_{\text{відч}} = \sum_{i=1}^N m_i \longrightarrow \min_{X^{(t)}}, \quad (1)$$

де m_i – кількість відцепів у i -му сформованому складі;

N – кількість сформованих складів за період моделювання.

Для вирішення задачі необхідно мати інформацію про маршрути слідування вагонів та станції наступних переробок вагонопотоку. Зазначену інформацію можна отримати із розмічених ТГНЛ на поїзди, що прибувають в розформування, та з діючого плану формування поїздів.

Моделювання процесу накопичення було виконано на протязі трьох змін на основі фактичних даних розмічених натурних листів станції Нижньодніпровськ-Вузол. Оскільки дослідження проводилось з метою виявлення закономірностей процесу розформування-формування, то не враховувались моменти прибуття поїздів в парк прийому.

При дослідженні використовувався метод комбінаторного пошуку раціональної черговості розформування [2]. При цьому процес розформування представляється як багатокроковий процес, кількість варіантів прийняття рішення на кожному кроці може коливатись від 1 до кількості колій в парку прийому. Загальна кількість варіантів черговості розпуску n складів визначається як $n!$. Графічно процес можна представити у вигляді дерева варіантів, наведеному на рис. 1. Дослідження виконувалось для різної глибини планування від 2 до 7 складів. Перерахунок проводився після розформування кожного наступного складу.

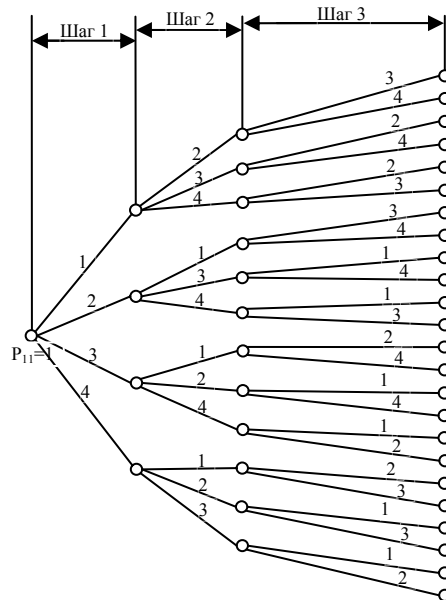


Рис. 1. Граф можливих варіантів черговості розформування

На рис. 2 наведено результати досліджень. Як видно із графіка, за рахунок управління черговістю розформування середню величину відцепу у складах, що накопичуються, можна збільшити на величину до 2...4 % (при глибині планування 3...4 склади). Як і належало очікувати, зі збільшенням кількості складів, що входять до дерева варіантів, середня величина відцепу також збільшується.

Ще одним із параметрів поїздопотоку, що впливає на якість процесу поїздоутворення, є кількість груп у складі поїздів. Під групою розуміємо всі вагони в складі, що під час розпуску мають однакове призначення. Дослідження [4] показують, що простий вагонів під накопиченням залежить від середньої величини груп вагонів, що надходять в переробку. Із збільшенням середньої величини групи, та, відповідно із зменшенням середньої кількості груп, спостерігається скорочення простою вагонів під накопиченням. Особливо зазначена залежність спостерігається при можливості відхилення від заданої величини складу під час накопичення. За рахунок ВЧРС можна зменшувати кількість груп в складах поїздів, що відправляються. Це сприятиме скороченню простою вагонів на наступних технічних станціях.

Якщо поставити задачу відправляти поїзди із якомога меншою кількістю груп за рахунок управління черговістю розформування, то критерій задачі ВЧРС можна сформулювати таким чином:

$$C_{\text{гр}} = \sum_{j=1}^N n_j \longrightarrow \min_{X^{(t)}}, \quad (2)$$

де n_j – кількість груп j -го поїзду.

Критерій (2) частково співпадає із критерієм (1), але вони не повністю однакові, оскільки перший критерій передбачає упорядкування відцепів в середині самого составу, відбувається зменшення кількості груп. Відповідно до другого критерію, порядок розміщення відцепів в составі не має значення, має значення лише загальна кількість призначень цих відцепів.

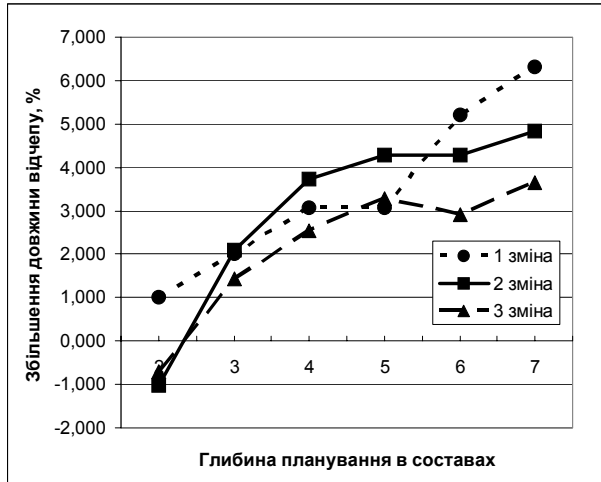


Рис. 2. Залежність середньої довжини відцепу в составі свого формування від глибини планування (в составах)

На рис. 3 наведено результати досліджень ефективності керування процесом розформування за критерієм (2). Моделювання виконувалося за тими самими вихідними даними і в тих самих умовах, що і для першого критерію.

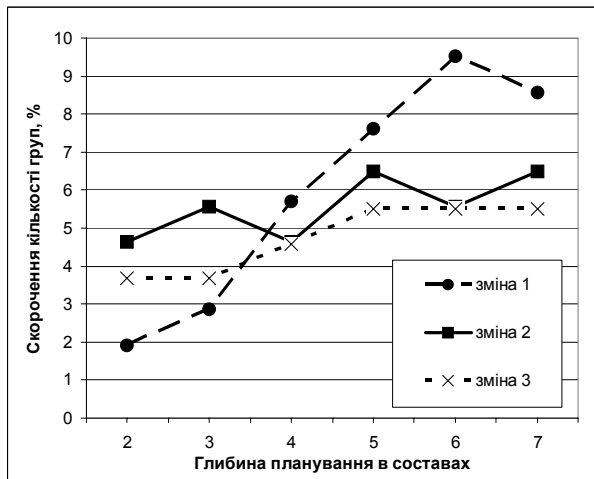


Рис. 3. Залежність середньої кількості груп в составі свого формування від глибини планування (в составах)

Як видно із графіка на рис. 3, у випадку планування черговості розпуску на глибину до трьох-чотирьох составів можливо зменшити

середню кількість груп у составах свого формування на величину до 3...6 %.

Під час вирішення задачі ВЧРС звичайно користуються критерієм мінімального часу знаходження вагонів на сортувальній станції. При цьому черговість розформування визначається без урахування можливих наслідків з точки зору подрібнення составів свого формування на велику кількість відцепів та груп. Черговість розформування, що забезпечує прискорення процесу накопичення вагонів в сортувальному парку, може погіршувати структуру поїздів, що відправляються зі станції. Тому цікаво дізнатись як різняться між собою різні послідовності розпуску за параметрами поїздопотоку, що досліджуються.

На рис. 4 наведено результати дослідження залежності середньої довжини відцепів в составі свого формування від кількості составів, що включаються до дерева варіантів. Моделювання виконувалося три рази для одних і тих же умов, але при різних критеріях ВЧРС. На рисунку наведено три криві, що відповідають послідовностям розпуску, відповідно, що забезпечують максимальну, мінімальну довжину відцепів та обробку в порядку прибуття поїздів FI-FO (First in – First out). Як бачимо, при чотирьох-п'яти составах, що включаються в дерево варіантів, середня величина відцепу в сформованих поїздах при різних черговостях розпуску коливається в межах від 5,35 до 5,6 вагонів, а різниця між показниками становить 0,25 вагона. Зміна порядку розформування составів може призвести як до збільшення, так і до зменшення довжини відцепів.

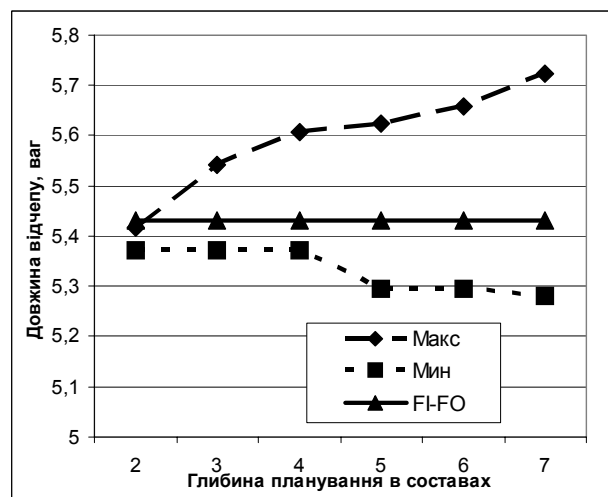


Рис. 4. Коливання середньої довжини відцепу в составі свого формування при різних черговостях розформування

На рис. 5 наведено результати дослідження залежності середньої кількості груп в складі свого формування від кількості складів, що включаються до дерева варіантів. Моделювання, як і в попередньому випадку, виконувалось три рази для одних і тих же умов, але при різних критеріях ВЧРС. На рисунку наведено три криві, що відповідають послідовностям розпуску, відповідно, що забезпечують мінімальну, максимальну кількість груп та обробку в порядку прибуття поїздів FI-FO (First in – First out). Як бачимо, при чотирьох складах, що включаються в дерево варіантів, середня кількість груп сформованих поїздів при різних черговостях розпуску коливається в межах від 5,5 до 6,5, а різниця між показниками становить 1 групу. Зміна порядку розформування складів може призвести як до збільшення, так і до зменшення кількості груп.

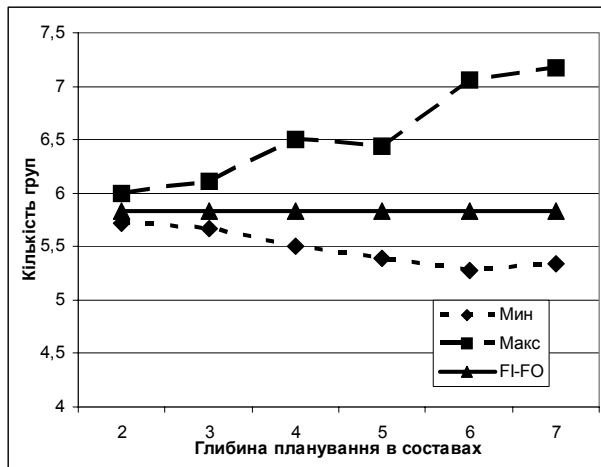


Рис. 5. Коливання кількості груп в складах свого формування при різних черговостях розформування

Із збільшенням глибини планування (в складах) вплив черговості розформування складів на параметри поїздопотоків свого формування збільшується. Це пояснюється тим, що при збільшенні кількості складів, що включаються до дерева варіантів, збільшується загальна кількість варіантів черговості розпуску.

Таким чином, порядок розформування складів впливає на умови маневрової роботи на наступних технічних станціях.

В сучасних умовах, окрім врахування впливу на структуру складів свого формування, є необхідність враховувати той фактор, що, залежно від форми власності та терміну доставки, всі вагони мають різну вартість простою. Тому при накопиченні складу на певне призначення можуть виникати ситуації, коли доцільно пропустити певну групу «термінових» вагонів по-

перед решти. Досягти цього можна за рахунок перестановки вагонів при завершенні формування, але це потребує витрат палива та часу. В деяких випадках вирішувати указану задачу можливо і раціонально за допомогою зміни черговості розпуску складів.

Висновки

В роботі досліджено вплив черговості розформування складів на властивості характеристик поїздопотоків. Отримані результати можуть бути використані при вирішенні задачі ВЧРС. Завдяки цьому з'являється можливість враховувати не тільки стан сортувального парку, але і характеристики поїздопотоків.

У роботі показано, що послідовність розформування складів впливає на кількість вагонів у відчепах та кількість груп у складах свого формування, тому під час вирішення задачі визначення черговості розпуску необхідно враховувати вплив указаних параметрів. Таким чином, окрім скорочення простою вагонів на станції формування, забезпечується формування складів із меншою кількістю відцепів та груп, що покращує роботу наступних технічних станцій. Завдяки врахуванню структури складів, що формуються на станції, можуть бути покращенні технологіко-економічні показники процесів поїздоутворення, в тому числі за рахунок більш обґрунтованого планування послідовності розформування складів на станції.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Журавель, В. В. Точність гальмування, кількість вагонів у відцепі та показники роботи сортувальної гірки [Текст] / В. В. Журавель // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 28. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 133-136.
2. Сортировочные станции и эффективность перевозок [Текст] // Железные дороги мира. – 1999. – № 2. – С. 8-12.
3. Буянов, В. А. Автоматизированные информационные системы на железнодорожном транспорте [Текст] / В. А. Буянов, Г. С. Ратин. – М.: Транспорт, 1984.
4. Грунтов, П. С. Ускорение процесса накопления вагонов на сортировочных станциях при неравномерном поступлении поездов в расформирование [Текст] / П. С. Грунтов // Труды Бел-ИИЖТа. – 1966. – Вып. 44-6д. – Гомель, 1966.

Надійшла до редколегії 20.05.2010.

Прийнята до друку 28.05.2010.

СИНЕРГЕТИЧНИЙ ЕФЕКТ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ЛОГІСТИЧНИХ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТА ІНШИХ ВИДАХ ТРАНСПОРТУ

Під час реалізації суттєвого потенціалу синергетичного підходу в логістичній системі застосовуються компроміси між суб'єктами, які гармонізують їх суперечливі економічні інтереси.

Ключові слова: логістичні методи управління, транспортні потоки, синергетичний ефект

Для реализации существенного потенциала синергетического подхода в логистической системе применяются компромиссы между субъектами, которые предусматривают гармонизацию их противоречивых экономических интересов.

Ключевые слова: логистические методы управления, транспортные потоки, синергетический эффект

For realization of considerable potential of synergetic approach in a logistic system the compromises among subjects providing harmonization of their contradictory economic interests are used.

Keywords: logistic management methods, traffic streams, synergetic effect

В умовах ринкових взаємовідносин, що складаються на залізничному транспорті, особливу актуальність здобувають питання вивчення попиту на транспортні послуги. Як відзначає більшість вітчизняних вчених і практиків, безпосередньо пов'язаних з роботою залізничного транспорту, у діючих дотепер і затверджених нових нормативних документах, що регламентують відносини між залізницями, власниками інфраструктур залізничного транспорту загального та незагального користування, а також відправниками й одержувачами вантажу й іншими фізичними та юридичними особами при користуванні послугами залізничного транспорту поки не знайшли належного відображення ринкові категорії [1, 2].

Попит на ринку транспортних послуг визначається специфікою транспортного виробництва. Відносно моменту часу його можна диференціювати наступним чином (рис. 1).

Підвищення тарифів на залізничні перевезення не можна назвати повним вирішенням проблеми. Гнучкість тарифів повинна бути одним з основних постулатів маркетингової політики українського залізничного транспорту. Потреби відправників вантажу (вантажодержувачів) можуть бути різними: від термінованої доставки контейнера (не дивлячись на ціну перевезення), до вимоги найменшої можливої плати (незалежно від часу прибуття). У кожному випадку визначати собівартість перевезення для призначення тарифу буде недостатньо. У клієнтів з'явиться можливість вибору варіанту перевезення – відповідно збільшиться попит на транспортну продукцію залізниць.

На сьогоднішній день тарифна політика українських залізниць діє наступним чином (для прикладу візьмемо контейнерні вантажі): плата за перевезення вантажів контейнерними відправками визначається за кожний контейнер залежно від типу контейнера (універсальний, спеціалізований чи спеціальний), його маси брутто (середньотоннажний чи великотоннажний), довжини (10 і більше англійських футів), стану (завантажений або порожній), належності контейнера та вагона (залізниць, власний чи орендований) за тарифними схемами з 9 до 12.

З наведених тарифів на перевезення визначається плата за перевезення, яка складається з тарифу, помноженого на коефіцієнт індексації. Для відправника до отриманої вартості перевезення додається ПДВ у вигляді 20 % від вартості перевезення.

Для великотоннажних контейнерів коефіцієнт індексації дорівнює 0,6, а для середньотоннажних контейнерів – 0,8.

При визначенні варіанта відправки контейнера слід враховувати і потрібну швидкість доставки. Час який потрібен на доставку вантажу можна розрахувати з швидкості просування вантажних поїздів. Усереднене значення швидкості просування для звичайних поїздів – це 200 км/добу, для поїздів великої швидкості – це 250 км/добу, для маршрутних відправок та контейнерних поїздів це 320 км/добу. При цьому при розрахунку часу доставки додається 1 доба на технологічні операції на станції відправлення та прибуття. Але при визначенні варіанту треба врахувати, що тариф на відправку великою швидкістю розраховується як тариф



Рис. 1. Класифікація та трансформація попиту на ринку перевезень вантажів

на звичайну відправку, збільшений у 2 рази. Так де ж гнучкість?

На рис. 2, 3 наведено графіки залежностей від відстані плати за перевезення великотоннажних контейнерів та питомої вартості 1 кілометра за перевезення контейнерів:

- I варіант: контейнер залізниць у вагоні парку залізниць, грн;
- II варіант: контейнер власний або орендований у вагоні парку залізниць, грн;
- III варіант: контейнер власний або орендований у власному або орендованому вагоні, грн;
- IV варіант: контейнер залізниць у власному або орендованому вагоні, грн.

В останні роки (всесвітня криза це тільки підкреслила) Східний регіон, особливо Китай, вийшов на лідируюче місце з товарного виробництва. Щоб не повертати контейнера на схід порожніми, судноплавні компанії, здійснюючи контейнерні перевезення, пропонують дуже низькі ставки для перевезення будь-яких вантажів в контейнерах у бік Далекого Сходу. Склалася

ситуація, коли металопрокат, ліс і навіть балкерні вантажі (мука, сода, карбамід і так далі) дешевше відправляти контейнерами, чим, як раніше робилося звичайними судновими партіями на балкерах і судах універсального флоту [3].

При цьому вантажовласник (відправник вантажу) отримує наступні переваги:

- немає необхідності нагромаджувати в порту великі судові партії вантажів, що виключає оплату за наднормативне зберігання вантажу в порту, знижує вірогідність розкрадання і псування вантажу;
- прискорюється зворот грошових коштів оскільки зменшується час доставки вантажу кінцевому одержувачеві: при звичайній доставці вантажу судном, необхідний був значний час, щоб нагромадити судову партію в порту, підібрати і зафрахтувати відповідне судно, доставити вантаж одержувачеві що нерідко складало в сумі 4...6 місяців (особливо для великих судових партій металопрокату, карбаміду і т.д.);

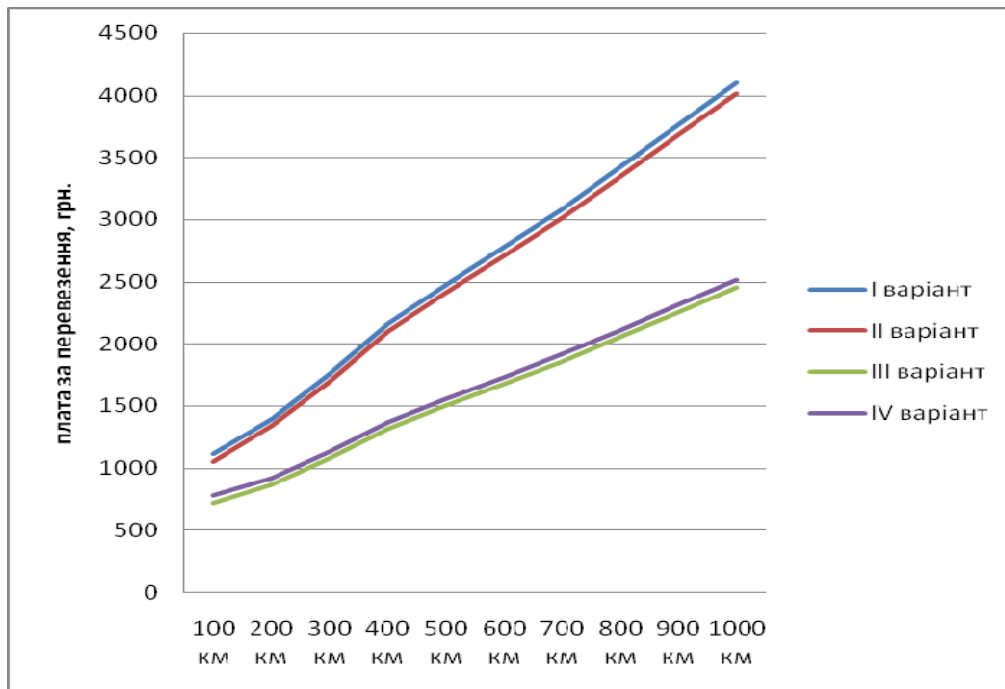


Рис. 2. Залежність вартості перевезення від відстані (великотоннажні контейнери)

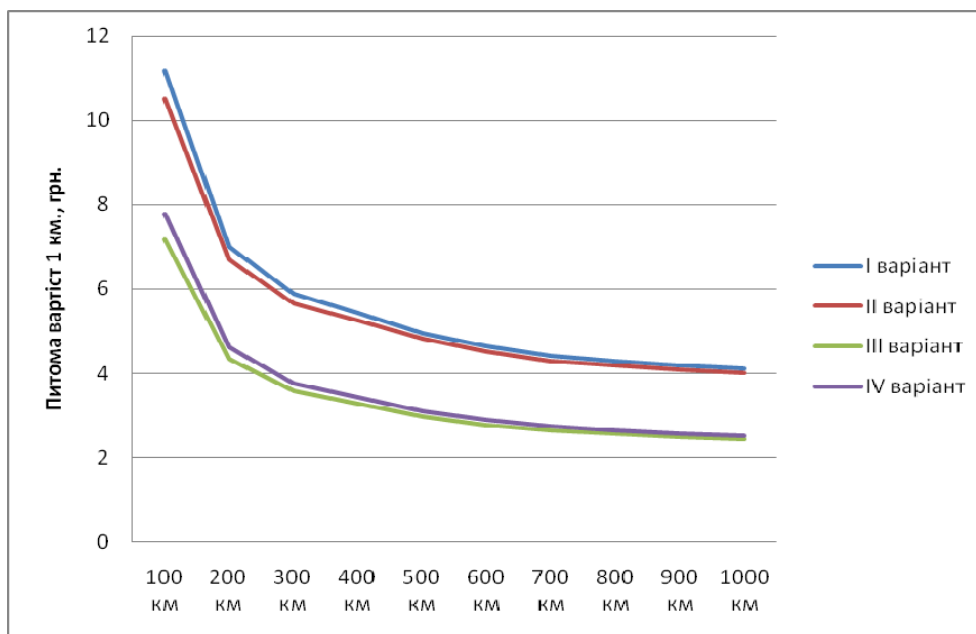


Рис. 3. Залежність питомої вартості 1 кілометра від відстані перевезення (великотоннажні контейнери)

- при відправці вантажу в контейнерах час від прибуття вантажу в порт до його завантаження в контейнер і відправки обчислюється днями, а час доставки вантажу в порт призначення – декількома тижнями (оскільки судна-контейнеровози доставляють вантаж значно швидше за звичайні судна: наприклад, час доставки контейнера до В'єтнаму звичайним судном 40...50 днів, контейнером – 14...18 днів);

- при транспортуванні в контейнері досягається повне збереження вантажу, оскільки виключаються пошкодження вантажу при заван-

таженні до трюму і пошкодження від того, що стоїть поряд і лежачого зверху вантажу при хитавиці.

Найважливішою перевагою при відправці вантажів у бік Далекого Сходу контейнерами є нижча вартість перевезення.

У перспективі, з поступовим виходом з економічної кризи, собівартість виконання операцій із контейнерами знизиться. Це істотно вплине на вибір оптимального способу передачі контейнерів з одного виду транспорту на інший, оскільки прямий варіант перевалювання втрачає свою

привабливість якщо він не призводить до значного зниження витрат на вантажні роботи і не спричинить істотного прискорення часу виконання всіх операцій у контейнерному пункті (терміналі) порівняно зі «складським» варіантом навантажувально-розвантажувальних робіт. Саме ця обставина логічно приводить до того, що в контейнерній системі знаходять інші оптимальні співвідношення «прямого» і «складського» варіантів вантажних робіт, чим це має місце при організації перевалювання вантажів, не охоплених контейнеризацією.

Як же в порту змусити «пересадити» контейнер саме на залізничний вагон? Тільки привабливими гнучкими тарифами.

Застосування логістичного підходу в управлінні матеріальними потоками дозволяє реалізувати так званий синергетичний ефект.

Характерним прикладом реалізації істотного потенціалу синергетичного підходу в логістичній системі є зниження запасів на складах відправників та одержувачів, своєчасна доставка сировини, матеріалів і комплектуючих виробів і прискорення руху матеріальних потоків, що призводить до підвищення конкурентоспроможності логістичних суб'єктів, підвищенню прибутковості їх діяльності та, відповідно, отримання економічного ефекту. Разом з тим, функціонування суб'єктів господарювання у межах логістичної системи здійснюється на основі теорії компромісів, що передбачає гармонізацію їх суперечливих економічних інтересів. Ці компроміси розглядаються як метод балансування витрат, доходів і прибутку учасників логістичної угоди і оцінюються в двох аспектах: по-перше, з точки зору впливу на повні витрати в логістичній системі, по-друге, з точки зору їх впливу на доходи. Досягнення взаємовигідного компромісу передбачає також розробку механізму розподілу одержуваного синергетичного ефекту і в логістичній системі між учасниками логістичної взаємодії.

Розглянемо процес виникнення синергетичного ефекту внаслідок застосування логістичних методів управління матеріальними потоками для двох учасників логістичної угоди. Для спрощення завдання визначимо їх як «Перевізник 1» і «Перевізник 2». Обидва суб'єкти розробляють власну стратегію управління матеріальними потоками, враховуючи при цьому, що існує певна залежність між одержуваним економічним ефектом і величиною вартості за перевезення (тарифу). Графічне вираження цієї залежності представлено на рис. 4. Залежно від обраних параметрів стратегії управління потоками процес утворення синергетичного ефекту може істотно варіюватися. Можливі варіанти

формування синергетичного ефекту представлені на рис. 4 (випадки *a*, *б*, *в* і *г*).

Випадок *a* ілюструє ситуацію, за якої зростання вартості за перевезення на величину ΔQ ($Q_{\max} - Q_{\min}$) призводить до збільшення доходу і росту економічного ефекту у Перевізника 1 і Перевізника 2 одночасно; синергетичний ефект визначається як сума складових його економічних ефектів Перевізника 1 і Перевізника 2. Випадок *б* відповідає ситуації, коли зростання вартості за перевезення призводить до збільшення економічного ефекту тільки у Перевізника 1, а у Перевізника 2 знижує величину одержуваного ним економічного ефекту.

Синергетичний ефект визначається як алгебраїчна сума економічних ефектів Перевізника 1 і Перевізника 2. Механізм його розподілу реалізується у формі знижки з договірної ціни на перевезення. Договірна ціна (тариф) визначається:

$$T^* = T - (\Delta R_1 / \Delta Q), \quad (1)$$

де T^* – договірна ціна даного виду перевезення, грн;

T – встановлений тариф, грн;

ΔR_1 – економічні втрати Перевізника 1, грн;

ΔQ – зміни тарифу, грн.

У випадку *в* спостерігається зворотна ситуація, коли зростання вартості за перевезення у логістичній системі веде до зменшення економічного ефекту у Перевізника 1, але не робить негативного впливу на економічний ефект, одержуваний Перевізником 2. Синергетичний ефект також визначається як алгебраїчна сума економічних ефектів Перевізника 1 і Перевізника 2, а механізм його розподілу реалізується у формі надбавки до договірної ціни за перевезення. Договірна ціна визначається:

$$T^* = T - (\Delta R_2 / \Delta Q), \quad (2)$$

де ΔR_2 – втрати Перевізника 2 в результаті збільшення тарифу, грн.

Випадок *г* описує ситуацію, при якій збільшення тарифу у логістичній системі на величину ΔQ призводить до зменшення одержуваного економічного ефекту й у Перевізника 1, й у Перевізника 2. Питання розподілу запасів між Перевізником 1 і Перевізником 2 у випадках *a* і *г* вимагає застосування оптимізаційних розрахунків, що дозволяють знайти найкращий варіант вирішення проблеми.

Таким чином, *a* – позитивний ефект Перевізника 1 і Перевізника 2; *б* – негативний ефект Перевізника 1, позитивний ефект Перевізника 2; *в* – позитивний ефект Перевізника 1, негатив-

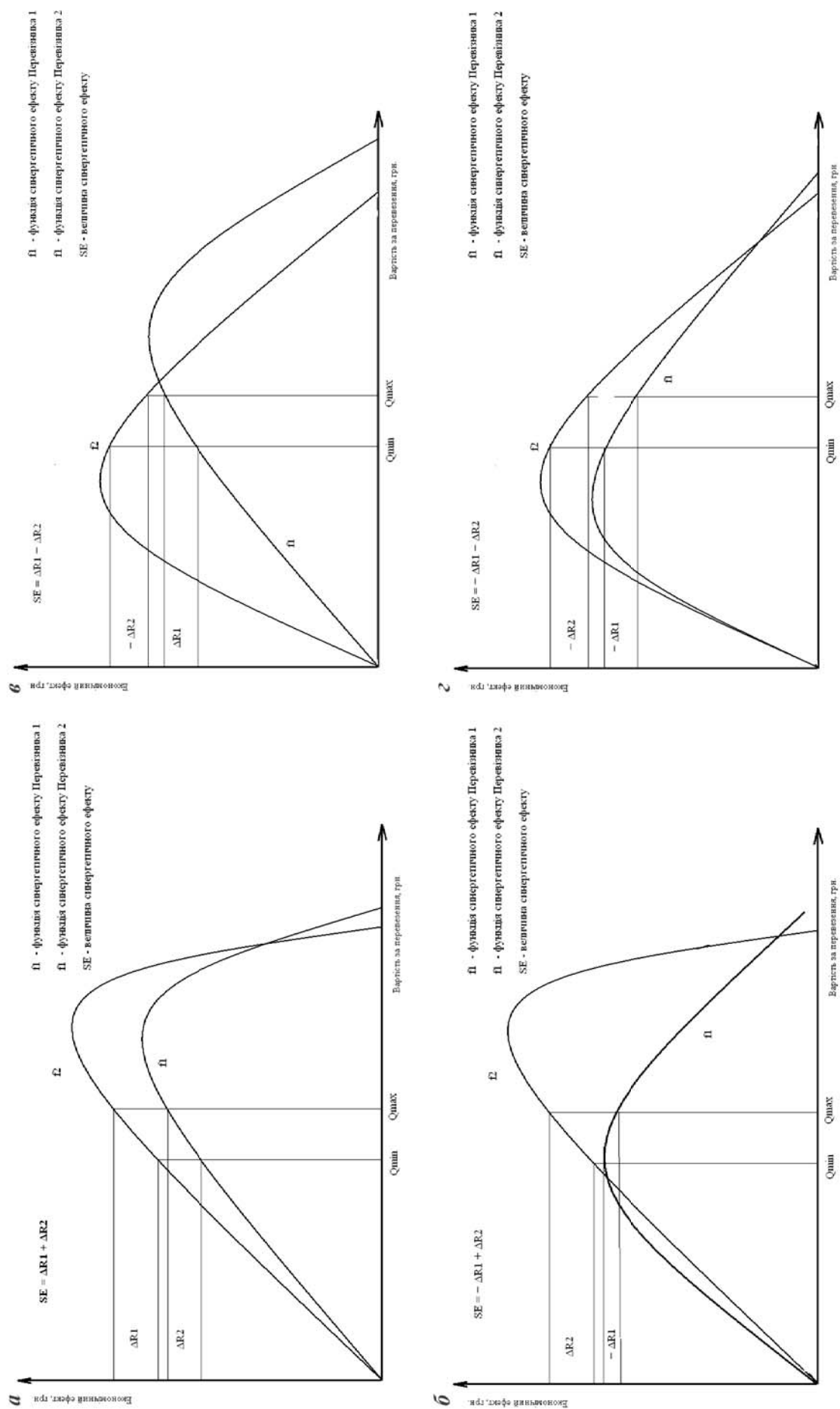


Рис. 4. Залежність величини економічного ефекту від зміни вартості за перевезення (випадки а, б, в та г)

ний ефект Перевізника 2; ε – негативний ефект Перевізника 1, негативний ефект Перевізника 2.

Можливо, потрібно задіяти синергетичний підхід в логістичній системі транспортування вантажів, який дозволить розподіляти економічний ефект не тільки між залізницями держав, а й між різними власниками різних видів транспорту. Адже навіть Укрзалізниця розподіляє доходи між залізницями не пропорційно виконаної ними роботи (вантажної, пасажирської, експлуатаційної тощо), а згідно якогось стратегічного напрямку розвитку. Так чому їй трохи не «поділитись» своїми прибутками від перевезень, які їй забезпечив закордонний залізничний (або іншого виду транспорту) перевізник? Або чому б не отримати додаткові надходження від якоїсь морської компанії, яка замість простою (дуже недешевого) отримала непоганий фрахт саме від залучення до перевезення залізницею вантажу за рахунок гнучкої тарифної політики?

Тільки пошук нестандартних рішень (світова криза до цього підштовхує), підтримка й ініціювання нових пропозицій щодо підвищення конкурентоздатності залізничних перевезень дозволить підняти попит на них, тим самим дасть поштовх до нового, більш якісного розвитку нашого залізничного транспорту.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Анненков, А. А. Повышать конкурентоспособность контейнерных перевозок [Текст] / А. А. Анненков // Ж/д трансп. – 2000. – № 2. – С. 29-31.
2. Основные положения Системы Фирменного Транспортного Обслуживания при перевозках грузов по железным дорогам: задачи, функции, структура, обеспечение [Текст]. – М.: МПС, 1995. – 26 с.
3. Пшинько, А. Н. Совершенствование организации переработки контейнеров на стыках разных видов транспорта [Текст] / А. Н. Пшинько, Г. И. Музыкина, П. В. Бех // Транспорт. – 2006. – № 28 (404). – С. 67-70.
4. Корецкая, С. А. Синергетический эффект от применения логистических методов управления производственными запасами материально-технических ресурсов на предприятиях железнодорожного транспорта [Текст] / С. А. Корецкая. – Д.: Вісник ПДАБтаА, 2007. – № 1. – 46 с.

Надійшла до редколегії 04.06.2010.
Прийнята до друку 22.06.2010.

Е. А. БОНДАРЬ (Донецкий институт железнодорожного транспорта)

СНИЖЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ ПРИ РЕОСТАТНЫХ ИСПЫТАНИЯХ ТЕПЛОВОЗОВ

Показано, что сьогодні прийнятним засобом зменшення концентрації шкідливих речовин в приземному шарі атмосфери при реостатних випробуваннях тепловозів є їх розсіювання у великому об'ємі повітря. Канали, встановлені над вихлопним патрубком тепловоза з розривом в газовому потоці, працюють як ежектори. В результаті спільного рішення рівняння аеродинамічної характеристики з рівнянням розсіювання газів отримано розрахункову залежність для визначення необхідної висоти ежекторного пристрою.

Ключові слова: реостатні випробування тепловозів, концентрація шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери, висоти ежекторного пристрою

Показано, что в настоящее время приемлемым способом уменьшения концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы при реостатных испытаниях тепловозов является их рассеивание в большом объеме воздуха. Каналы, установленные над выхлопным патрубком тепловоза с разрывом в газовом потоке, работают как эжекторы. В результате совместного решения уравнения аэродинамической характеристики с уравнением рассеивания газов получена расчетная зависимость для определения необходимой высоты эжекторного устройства.

Ключевые слова: реостатные испытания тепловозов, концентрация вредных веществ в приземном слое атмосферы, высота эжекторного устройства

It is shown that at present an acceptable way of reducing the concentration of harmful substances in the surface layer of the atmosphere at rheostat tests of locomotives is their dispersion in a large volume of air. Channels, installed above an exhaust pipe of diesel locomotive with a break at the gas flow, work as ejectors. We have solved jointly the equation of aerodynamic characteristics of the ejector device and the equation of diffusion of gases; as a result the calculated dependence for determining the necessary height of ejector device has been obtained.

Keywords: rheostat tests of locomotives, concentration of harmful substances in surface layer of atmosphere, height of ejector device

В настоящее время человечество столкнулось со сложной проблемой своего существования – загрязнения окружающей среды.

Тепловозы за время своей эксплуатации подвергаются испытаниям и регулированию отдельных систем в специальных местах – пунктах реостатных испытаний. В этом случае локомотив является точечным источником выбросов вредных веществ, в том числе: оксид углерода CO, оксиды азота NO и NO₂ и другие. За счет выбросов с отработавшими газами тепловозов в приземном слое атмосферы формируются концентрации вредных веществ, превышающие допустимые.

Все возможные способы снижения концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе можно разделить на три группы: 1-я группа – уменьшение образования вредных веществ в цилиндре ДВС, в том числе за счет выбора формы камеры сгорания, тонкости распыления топлива, внешней и внутренней рециркуляции газов, двухступенчатого сжигания топлива в цилиндре сгорания.

Реализация этих мероприятий для двигателя 5Д49 на Коломенском заводе позволила повы-

сить конкурентоспособность этого двигателя и вытеснить с немецкого рынка двигатели австрийского производства.

Однако за счет этих мероприятий можно снизить образование вредных веществ на 20...30 % и эти мероприятия не обеспечивают снижение концентрации вредных веществ до допустимых пределов.

2-я группа мероприятий – это обезвреживание в первую очередь окислов азота. Известные технологии обезвреживания окислов азота основаны на их восстановлении до атомарного или молекулярного азота. При этом используются восстановители аммиак NH₃ или карбамид, а также катализаторы типа пятиоксида ванадия V₂O₅.

Все эти технологии дорогостоящие и требуют громоздких устройств, поскольку скорость прохождения очищаемых газов через аппараты, как правило, не превышает 1...2 м/с.

Расходы на такие технологии в десятки раз больше существующих сборов за выбросы в атмосферу вредных веществ. В 2009 году сборы за эти выбросы составляли 20,9 грн на 1 тонну сожженного дизельного топлива.

Использование технологий снижения концентраций вредных веществ второй группы из-за их дороговизны маловероятно.

Мероприятия третьей группы заключаются в рассеивании отработавших газов в большом объеме атмосферного воздуха за счет возведения труб большой высоты. Такие способы в настоящее время используют в различных отраслях производства.

В данной работе предложено техническое решение по повышению эффективности рассеивания отработавших газов в атмосферном воздухе, которое обеспечивает снижение концентраций вредных веществ в приземном слое атмосферы при реостатных испытаниях тепловозов до допустимых пределов. Разработанное эжекторное устройство отличается тем, что конусная часть выхлопного патрубка разделена на несколько частей, за счет чего поперечное сечение выхлопного патрубка может быть разной для разных режимов работы тепловоза, обеспечивающих наилучшее рассеивание отработавших газов.

На такое эжекторное устройство получен Декларационный патент Украины.

При экспериментальных исследованиях на разработанной установке в лаборатории ДВС ДонИЖТ были проведены работы по исследованию переходных процессов газовой выделению при работе ДВС К461; исследованию коэффициента эжекции при различных режимах ДВС.

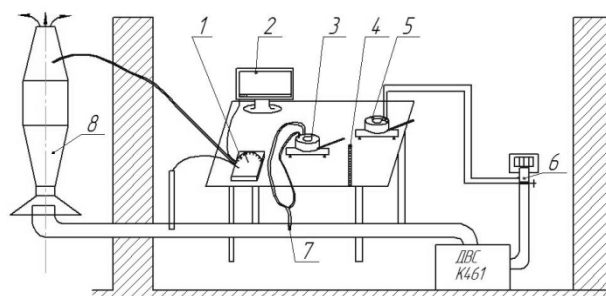


Рис. 1:

1 – газоанализатор VSI150EURO; 2 – ПК;
3, 5 – микроманометр ММН-250; 4 – лабораторный термометр; 6 – воздухомерная трубка; 7 – трубка Пито-Прандтля; 8 – эжекторное устройство

Особенностью установки канала над выхлопным патрубком тепловоза является то, что такой канал необходимо устанавливать с разрывом по газовому потоку. Наличие разрыва приводит к подсасыванию атмосферного воздуха, и такой канал работает как эжектор. Количество подсасываемого воздуха, высота выброса, скорость выхода из устройства и температура выбрасываемого потока будут влиять на эффек-

тивность рассеивания газов и формирование концентрации вредных веществ в атмосфере.

В связи с этим целью работы является описание эжекторного устройства и методики расчета его параметров, обеспечивающих снижение концентраций вредных веществ в приземном слое атмосферы до допустимых пределов.

Эжектор является одним из видов струйных аппаратов, в которых продвижение одной жидкотекучей среды обеспечивается за счет кинетической энергии другой жидкотекучей среды, в данном случае энергии отработавших газов

Теории струйных аппаратов посвящены работы Ю. М. Кузнецова, Е. Я. Соколова, В. А. Успенского, П. А. Безверхнего и многих других авторов.

Для струйных аппаратов разного назначения существуют отдельные методики расчетов. В нашем случае задача особая – выбрать такие параметры эжекторного устройства, которые обеспечивали бы наилучшее рассеивание газов, снижение концентраций газов в воздухе и обеспечивали бы меньшую его стоимость.

В связи с этим решались задачи:

- исследование аэродинамической характеристики эжекторного устройства;
- совместное решение уравнения аэродинамической характеристики эжекторного устройства и уравнения рассеивания газов;
- разработка методики расчета рациональных параметров эжекторного устройства, обеспечивающего снижение концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы до допустимого уровня.



Рис. 2

На основании проведенных исследований разработана методика определения рациональных параметров эжекторного устройства, обеспечивающих снижение концентрации вредных веществ приземном слое атмосферы в районе реостатных испытаний тепловозов.

Сравнительный расчет обычного цилиндрического канала и эжекторного устройства показал, что необходимая высота этого канала должна быть в 1,5 раза больше эжекторного устройства и во столько раз будет стоить дороже.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Успенский, В. А. Струйные вакуумные насосы [Текст] / В. А. Успенский, Ю. М. Кузнецов. – М.: Машиностроение, 1973. – 144 с.
2. Соколов, Е. Я. Струйные аппараты [Текст]. – 2-е изд. / Е. Я. Соколов, Н. Л. Зингер. – М.: Энергия, 1970. – 288 с.
3. Безверхний, П. А. Работа инжекционных смесителей и эжекторов и их расчет [Текст] : учеб. пособие / П. А. Безверхний. – Д., 1975.
4. Уравнение характеристики эжекторного устройства для рассеивания отработавших газов на пунктах реостатных испытаний [Текст] / Н. В. Паламарчук [и др.] // Сб. статей Науч.-техн. конф. с межд. участием. – Х.: УкрГАЗТ, 2007. – С. 157-159.
5. Черняк, Ю. В. Формування параметрів газоповітряного потоку при використанні ежектора для розсіювання відпрацьованих газів при реостатних випробуваннях тепловозів [Текст] / Ю. В. Черняк, А. М. Гушчін, О. А. Бондар // Вісник ДонНАБА. Технологія, організація, механізація та геодезичне забезпечення будівництва. – 2007. – № 2007-(12).
6. Черняк, Ю. В. Спільне рішення рівняння характеристики ежектируючого пристрою й рівняння розсіювання газів в атмосфері [Текст] / Ю. В. Черняк, А. М. Гушчін, О. А. Бондар // Зб. наук. пр. ДонІЗТ. – 2007. – № 12. – С. 101-108.
7. Бондарь, Е. А. Лабораторная установка для испытания эжекторного устройства [Текст] / Е. А. Бондарь // Зб. наук. пр. ДонІЗТ. – 2009. – № 20. – С. 131-135.

Поступила в редколлегию 14.04.2010.

Принята к печати 29.04.2010.

ВИЗНАЧЕННЯ ІМОВІРНОСТІ ВИНИКНЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ПОДІЇ В ЛОКОМОТИВНОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Введено поняття нештатної ситуації, за допомогою якого визначається імовірність транспортної події, визначено архітектуру факторів, що впливають на виникнення нештатної ситуації, отримана ідеалізована модель виникнення нештатної ситуації.

Ключові слова: локомотивне господарство, нештатна ситуація, імовірність транспортної події

Введено понятие нештатной ситуации, с помощью которого определяется вероятность транспортного события, определена архитектура факторов, влияющих на возникновение нештатной ситуации, получена идеализированная модель возникновения нештатной ситуации.

Ключевые слова: локомотивное хозяйство, нештатная ситуация, вероятность транспортного события

The concept of a nonstandard situation aimed at determining the probability of transport events is introduced; the architecture of factors influencing on the occurrence of a contingency situation is defined; an idealized model of a nonstandard situation is obtained.

Keywords: locomotive facilities, nonstandard situation, probability of transport event

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями

Підвищення рівня безпеки руху поїздів є одним з головних завдань як працівників залізничного транспорту, так і науковців. Одним з ключових понять тут є «транспортна подія» (ТП). Для розробки заходів з покращення показників безпеки потрібно розробити теоретичну базу для визначення основних характеристик браків в роботі, однією з яких є імовірність виникнення ТП.

Аналіз досліджень і публікацій

В теперішній час імовірність ТП визначається за результатами статистичних даних про аварії, катастрофи та інциденти [1]. Виявлення причин подій за допомогою технічних засобів виконується з основною ціллю оперативніше проводити розслідування [2]. В [3] поверхнево розглянуті питання людського фактору, та приділено багато уваги забезпеченню безпеки в умовах порушення нормальної роботи пристроїв сигналізації та зв'язку. Розробці теоретичних питань моделювання виникнення транспортних подій приділено не достатньо уваги.

Формулювання цілей статті

Важливим завданням є отримання можливості визначення в чисельній формі параметру вірогідності транспортної події в залежності від того чи іншого чинника. Для цього необхідно окреслити коло факторів, що впливають на цей

показник. Для більшої визначеності надалі будемо розглядати ці питання в умовах роботи локомотивних бригад під час руху поїзду.

Викладення основного матеріалу

По-перше, доцільним виявляється використання терміну «нештатна ситуація», що є більше містким, ніж термін «транспортна подія». За визначенням [4]: транспортні події — катастрофи, аварії, серйозні інциденти, інциденти та порушення, що виникли при русі рухомого складу та призвели до: загибелі або травмування людей, пошкодження технічних засобів, вантажу, об'єктів залізничного транспорту, дезорганізації руху. В даній роботі нештатна ситуація розуміється як сукупність обставин, що з визначеною долею імовірності могли привести до виникнення транспортної події.

Смисл введення поняття НС полягає в тому, що з'являється можливість розмежування причин виникнення транспортної події і дій або бездіяльності локомотивної бригади по недопущенню браку в роботі.

В якості прикладу розглянемо наступний випадок. При виконанні маневрової роботи на станції з ручним переведенням стрілок машиніст отримав вказівку переїхати з однієї колії на іншу. Стрілка на виїзді була переведена не з тієї колії, на якій знаходився локомотив. Черговий стрілочного посту, не переконавшись в готовності маршруту, помилково подав сигнал машиністу про дозвіл на рух. Всі перелічені обставини створили «нештатну ситуацію». Але транспортна подія (розріз стрілки) виникне

тільки в тому випадку, якщо машиніст приведе локомотив до руху не переконавшись в правильності маршруту.

Нештатних ситуацій в процесі роботи може виникати багато. Але тільки за певних несприятливих обставин вони можуть перетворитися на транспортні події. Таким чином формально можна записати:

$$P \in C,$$

де P – множина транспортних подій на залізничному транспорті;

C – множина нештатних ситуацій, що виникають.

Аналізуючи спектр чинників, що впливають на вірогідність виникнення браку в роботі залізничного транспорту, можна розділити їх на дві групи: такі, що впливають на виникнення нештатних ситуацій, та ті, що впливають на поведінку виконавця в нештатній ситуації, причому

$$P(P) = P(C_i) \cdot k_{\text{лф}}, \quad (1)$$

де $P(P)$ – імовірність транспортної події;

$k_{\text{лф}}$ – коефіцієнт, що враховує людський фактор, $0 < k_{\text{лф}} < 1$. Близкість $k_{\text{лф}}$ до одиниці означає найнесприятливіший збіг обставин, впливаючих на робітника, що максимально підвищує вірогідність браку за даних обставин;

$P(C_i)$ – вірогідність виникнення нештатної ситуації в процесі роботи за даних умов.

Вірогідність $P(C_i)$ залежить від людського фактору, технічного фактору, зовнішніх впливів.

Вплив зовні виражається наприклад у зміні кліматичних умов, відкладенні льоду на поверхнях контактного проводу або рейках, погіршенні видимості внаслідок туманів, снігопаду або дощу, виникненні спеки і т.ін.

Технічні фактори обумовлюються особливостями матеріалів, що використовуються при будівництві рухомого складу, взаємодією рухомих частин, умовами змащення, наявністю високих напруг і струмів.

До людського фактору відносяться дії або бездіяльність людини під час виконання службових обов'язків, що призвели до виникнення нештатної ситуації. Цей комплекс факторів є таким, що значно впливає на безпеку руху. До нього належать проїзд заборонних сигналів і граничних стовпчиків, відправлення з перекритими кінцевими кранами гальмівної магістралі, низький професійний рівень, знаходження людини на робочому місці у нетверезому стані, сон на робочому місці, неуважність, втома, відволікання й інше.

$P(C_i)$ пропонується розглядати з точки зору імовірності виникнення різних конфігурацій цих трьох компонентів.

Для прикладу розглянемо нештатну ситуацію «перевищення встановленої швидкості поїздом» $C_{\text{пш}}$. Визначимо всі причини, з яких могла статися ця ситуація:

- людський фактор:

$i_{\text{пш1}}$ – машиніст не стежить за показаннями швидкостеміру;

$i_{\text{пш2}}$ – машиніст невірною застосував гальма;

$i_{\text{пш3}}$ – машиніст навмисно перевищує швидкість;

- технічний фактор:

$i_{\text{пш4}}$ – дія гальм не ефективна;

$i_{\text{пш5}}$ – несправність крану машиніста;

$i_{\text{пш6}}$ – несправність манометрів;

$i_{\text{пш7}}$ – несправність швидкостеміру;

$i_{\text{пш8}}$ – зношеність поверхонь кочення вагонів (внаслідок чого виникають юзи колісних пар);

- зовнішні впливи:

$i_{\text{пш9}}$ – в результаті низької температури утворилась льодова пробка в повітропроводі;

$i_{\text{пш10}}$ – осадження вологи на поверхнях бандажів.

Приймемо, що $i_{\text{пш1}} \dots i_{\text{пш10}}$ є множиною I , що є повним переліком причин виникнення $C_{\text{пш}}$. Сформулюємо завдання: визначити імовірність виникнення події $C_{\text{пш}}$. Якщо підходити формально з точки зору теорії імовірності не маючи попереднього досвіду, то кожна подія $i_{\text{пш}i}$ може або відбутися, або не відбутися з рівними ймовірностями, тобто

$$P(i_{\text{пш}i}) = 0,5 \quad \forall i \in I. \quad (2)$$

Імовірність виникнення $C_{\text{пш}}$ визначається виразом [5]:

$$P(C_{\text{пш}}) = P(i_{\text{пш1}} \cup i_{\text{пш2}} \cup \dots \cup i_{\text{пш10}}) = 1 - (1 - P(i_{\text{пш1}})) \times \dots \times (1 - P(i_{\text{пш10}})). \quad (3)$$

Враховуючи (3), маємо, що для нашого випадку $P(C_{\text{пш}}) = 1 - 0,5^{10} = 0,999023$. Загальна кількість факторів при однаковій їх імовірності, очевидно, впливає на імовірність $P(C_{\text{пш}})$, що показує рис. 1.

Видно, що при збільшенні кількості факторів імовірність виникнення нештатної ситуації збільшується. Але ця крива побудована при умові повної відсутності апріорної інформації щодо імовірностей виникнення $i_{\text{пш}i}$. Аналіз реальних даних причин виникнення перевищення швидкості свідчить, що середня імовірність виникнення кожного фактору $i_{\text{пш}i}$ знаходиться в межах $P(i_{\text{пш}i}) \approx 0,00018$. Такі умови описує рис. 2.

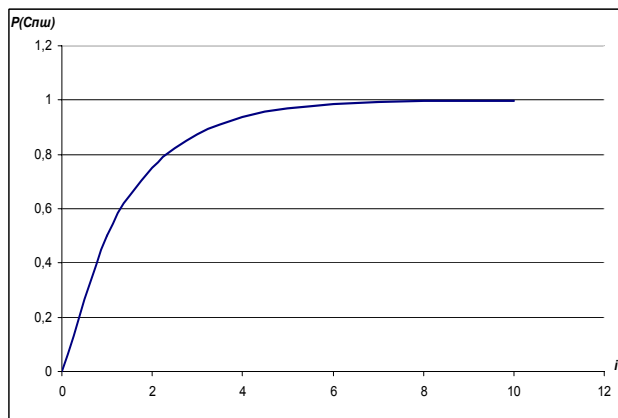


Рис. 1. Залежність імовірності $P(C_{пш})$ від кількості факторів впливу i при $P(i_{пш i}) = 0,5$

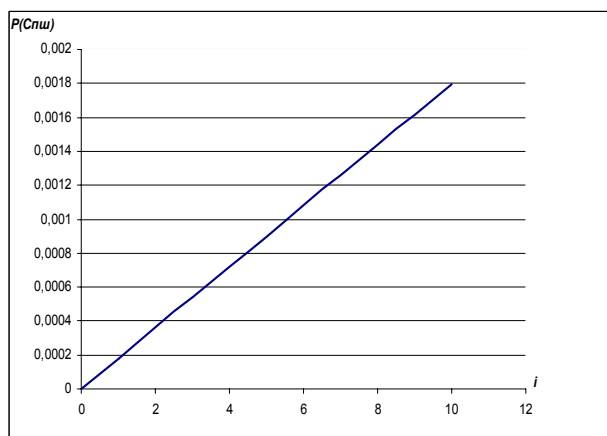


Рис. 2. Залежність імовірності $P(C_{пш})$ від кількості факторів впливу i при $P(i_{пш i}) = 0,00018$

Для більш точних розрахунків величини

імовірності виникнення нештатної ситуації потрібно мати конкретні величини $P(i_{пш i})$ для кожного фактору.

При розгляданні кожного з десяти наведених факторів видно, що деякі з них можуть залежати від інших, більш конкретних факторів. Визначимо всі причини, з яких міг з'явитися фактор $i_{пш1}$ (машиніст не стежить за показаннями швидкостеміру):

- людський фактор:

$i_{пш1-1}$ – машиніст відволікається на розмови з помічником;

$i_{пш1-2}$ – у машиніста поганий психофізичний стан;

$i_{пш1-3}$ – машиніст знаходиться в нетверезому стані;

- технічний фактор:

$i_{пш1-4}$ – в локомотиві виникають сторонні шуми, причину яких з'ясовує машиніст;

$i_{пш1-5}$ – перегоріла лампа підсвітлення швидкостеміру в темний час;

- зовнішні впливи: немає.

Таким чином, пропонується розподіл факторів на рівні. Фактори першого рівня $i_{пш i}$ безпосередньо впливають на виникнення нештатної ситуації. Фактори другого рівня $i_{пш i-j}$ впливають на фактори першого рівня. Очевидно, можна визначити також фактори третього і вище рівня. Тоді можна побудувати логічну архітектуру причин виникнення тієї чи іншої нештатної ситуації (рис. 3).



Рис. 3. Архітектура факторів, що впливають на виникнення нештатної ситуації «перевищення швидкості»

рності їх виникнення теж встановити неможливо. Тому пропонується вважати вираз (4) ідеалізованою моделлю виникнення нештатної ситуації, що може застосовуватися коли всі вихідні імовірності відомі.

де n – кількість рівнів в архітектурі факторів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

- Надійшла до редколегії 15.04.2010.
Прийнята до друку 19.05.2010.

Однак такий спосіб розрахунку виявляється важко використати на практиці. Для цього потрібно визначити імовірності десятків факторів, щоб отримати імовірність виникнення однієї ситуації. Це потребує великого набору статистичних даних. Крім того, є такі фактори, що не спостерігалися до останнього часу, але теоретична можливість їх виникнення все ж існує, тому відкидати їх не можна, але і точної імові-

В. А. ДЗЕНЗЕРСКИЙ, С. В. БУРЫЛОВ, В. Ю. СКОСАРЬ,
Е. Л. ВЫДУТАЯ (ИТСТ НАНУ «Трансмаг», Днепропетровск)

СПОСОБ КОНТРОЛЯ МЕЖЭЛЕМЕНТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ПОЛЮСНЫХ ВЫВОДОВ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Вдосконалено спосіб контролю міжелементних з'єднань і полюсних виводів свинцево-кислотних акумуляторних батарей. Спосіб дозволяє знизити втрати від браку, підвищити достовірність контролю міжелементних з'єднань і полюсних виводів, підвищити якість акумуляторних батарей.

Ключові слова: свинцево-кислотний акумулятор, контроль міжелементних з'єднань та полюсних виводів акумуляторних батарей, якість акумуляторних батарей

Усовершенствован способ контроля межэлементных соединений и полюсных выводов свинцово-кислотных аккумуляторных батарей. Способ позволяет снизить потери от брака, повысить достоверность контроля межэлементных соединений и полюсных выводов, повысить качество аккумуляторных батарей.

Ключевые слова: свинцово-кислотный аккумулятор, контроль межэлементных соединений и полюсных выводов аккумуляторных батарей, качество аккумуляторных батарей

The inspection method of intercell connections and pole terminals of lead-acid storage batteries is upgraded. The method allows reducing losses from rejects, increasing reliability of check of intercell connections and pole terminals, improving the quality of storage batteries.

Keywords: lead-acid storage battery, check of intercell connections and pole terminals of storage batteries, quality of storage batteries

Постановка задачи

На железнодорожном транспорте в качестве автономных источников тока используются свинцово-кислотные аккумуляторные батареи. Надежность работы батарей в значительной мере определяется достоверностью контроля межэлементных соединений и полюсных выводов после сборки батарей. Обычно такой контроль осуществляют либо путем повышения и/или понижения давления воздуха в соседних аккумуляторах и регистрацией изменения давления в них [1], либо электрическими способами, позволяющими оценить электрические параметры контролируемого соединения [2, 3]. В технической литературе описаны оба вида применяемых способов контроля. Например, в [1] описан способ контроля межэлементных соединений, согласно которому в соседних аккумуляторах создают повышенное или пониженное давление воздуха. Затем к межэлементному соединению прикладывают отрывающую нагрузку, создающую растягивающее напряжение в сечении соединения 0,85...0,95 от предела упругости свариваемого материала. В процессе растягивания регистрируют изменение давления, по которому судят о качестве межэлементного соединения. Однако этот способ и все ему подобные недостаточно достоверны, т.к. лучше контролируют герметичность задел-

ки межэлементного соединения, чем качество сварки. Более достоверны электрические способы контроля межэлементных соединений. Кроме того, они еще позволяют контролировать полюсные выводы. Запатентован [2] способ контроля сварки межэлементных соединений, основанный на облучении контролируемого соединения скачкообразно изменяющимися импульсами электромагнитного поля с целью получения переходного процесса в электромагнитном поле, возникающего при взаимодействии этого поля с электропроводящим материалом сварного соединения. Качество контролируемого соединения определяют по величине напряжения, наводимого в приемной антенне – катушке индуктивности. Данный способ в практическом применении оказался неудобным, поскольку наводимое в антенне напряжение сильно зависит от величины зазоров между катушками индуктивностей, предназначенными для излучения и приема сигналов. Наиболее подходящим способом, взятым нами за исходный, требующий доработки, является способ контроля межэлементных соединений и полюсных выводов аккумуляторных батарей, представленный в [3]. В этом способе в батарею вводят вспомогательные электроды и измеряют разности потенциалов между этими электродами, введенными в соседние аккумуля-

ляторы, а также между электродами, введенными в аккумуляторы с полюсными выводами и самими полюсными выводами. Затем через батарею пропускают постоянный ток и вновь измеряют соответствующие разности потенциалов. Далее определяют разность величин разностей потенциалов, измеренных до пропускания тока и сразу после его пропускания. По отношению разностей величин разностей потенциалов к амплитуде постоянного тока определяют исправность межэлементных соединений и полюсных выводов, сравнивая их с соответствующими значениями для исправных межэлементных соединений и полюсных выводов. Фактически в данном способе идет сравнение электрических сопротивлений контролируемых межэлементных соединений и полюсных выводов с исправными соединениями и выводами. Но у данного способа есть один серьезный недостаток: не установлен точный критерий исправности межэлементных соединений и полюсных выводов, т.к. разброс значений электрических сопротивлений на практике достаточно велик и трудно достоверно указать, при каких значениях сопротивлений контролируемое межэлементное соединение следует признать неисправным. Поэтому актуальной задачей является усовершенствование способа контроля межэлементных соединений и полюсных выводов аккумуляторных батарей, которое позволило бы увеличить его достоверность. Решение этой задачи является целью настоящей работы.

Решение задачи

Усовершенствованный нами способ контроля межэлементных соединений и полюсных выводов аккумуляторных батарей состоит в следующем. В батарею в электролит вводят вспомогательные электроды и измеряют разности потенциалов между вспомогательными электродами, введенными в соседние аккумуляторы, а также между электродами, введенными в аккумуляторы с полюсными выводами и самими полюсными выводами. Затем через батарею в течение определенного времени пропускают постоянный ток, удовлетворяющий условиям неразрушающего контроля, величиной I (А), равной $(4,5 \dots 7,5) C_{20}$, где C_{20} (А·ч) – номинальная емкость батареи при 20-часовом режиме разряда. Время t (с) пропускания тока рассчитывают по формуле:

$$t = 36 C_{20} / I \pm 1, \quad (1)$$

где 36 – эмпирический коэффициент. Сразу по истечении указанного времени вновь измеряют разности потенциалов между вспомогательными электродами, введенными в соседние аккумуляторы, а также между электродами, введенными в аккумуляторы с полюсными выводами и самими полюсными выводами. После этого определяют разность величин разностей потенциалов, измеренных до пропускания тока и сразу после его пропускания. По отношению разностей величин разностей потенциалов к амплитуде постоянного тока определяют исправность межэлементных соединений и полюсных выводов, сравнивая их с соответствующими значениями для исправных межэлементных соединений и полюсных выводов. При этом считают, что контролируемое межэлементное соединение или полюсный вывод неисправны, если вычисленное отношение разности величин разностей потенциалов, измеренных до и после включения тока, к амплитуде пропускаемого постоянного тока превышает на 70 и более процентов соответствующую величину для исправного межэлементного соединения или полюсного вывода. В противном случае контролируемое межэлементное соединение или полюсный вывод считают исправными.

Как видно, в усовершенствованном нами способе контроля вводится точный критерий исправности межэлементного соединения и полюсного вывода. Определился этот критерий путем исследований и многократных испытаний свинцово-кислотных аккумуляторных батарей. В результате этих исследований было установлено, что более четкое и достоверное указание на исправность или неисправность межэлементного соединения или полюсного вывода дает электрическое сопротивление контролируемого соединения или вывода после определенного прогрева их электрическим током. После такого прогрева межэлементного соединения или полюсного вывода постоянным током их электрическое сопротивление возрастает, но так, что этот рост незначителен при исправном межэлементном соединении или полюсном выводе и составляет не более 30 %. В то же время при неисправном межэлементном соединении или полюсном выводе этот рост существенен и составляет 110 % и выше. В промежуток 30...110 % практически не попадает ни один из исследованных нами случаев. Поэтому в качестве критерия исправности мы взяли середину промежутка 30...110 %, т.е. величину 70 %.

Важное значение для необходимого прогрева током межэлементного соединения или полюсного вывода имеют правильно подобранные величина этого тока и продолжительность времени прогрева. Если постоянный ток будет менее $4,5C_{20}$, то межэлементное соединение или полюсный вывод недостаточно прогреются, успевая отдавать тепло в окружающую среду. Если постоянный ток будет более $7,5C_{20}$, то нарушится условие неразрушающего контроля для свинцово-кислотных батарей. Если время действия постоянного тока, после которого производят измерение электрического сопротивления (время прогрева постоянным током), будет менее, указанного в формуле (1), то межэлементное соединение или полюсный вывод недостаточно прогреются. С другой стороны, если время действия постоянного тока, после которого производят измерение электрического сопротивления, будет более, указанного в формуле (1), то неоправданно увеличится продолжительность процедуры контроля и уменьшится производительность труда при производстве аккумуляторных батарей.

Усовершенствованный нами способ контроля реализуют следующим образом. В батарею в каждую пару соседних аккумуляторов в электролит (или в крайний аккумулятор в электролит и к полюсному выводу) вводят вспомогательные алюминиевые, свинцовые, или кадмиевые электроды и измеряют падение напряжения (ЭДС) между соседними аккумуляторами (или между крайним аккумулятором и полюсным выводом). Затем через батарею пропускают постоянный ток I (А), равный $(4,5...7,5)C_{20}$, где C_{20} (А·ч) – номинальная емкость батареи при 20-часовом режиме разряда, в течение времени t (с), вычисленном согласно формуле (1). После чего сразу измеряют падение напряжения между парой соседних аккумуляторов (или между крайним аккумулятором и полюсным выводом). Определяют разницу указанных падений напряжений и вычисляют отношение этой разницы к амплитуде постоянного тока. Таким образом, фактически измеряют электрическое сопротивление между соседними аккумуляторами (или между крайними аккумуляторами и их полюсными выводами). Дают батарее остыть в течение 25...35 с, после чего в пару других соседних аккумуляторов вновь вводят вспомогательные электроды и повторяют вышеописанные действия с пропуском тока, измерением и вычислением, получая значение электрического сопротивления очередного межэлементного соединения и т.д.

Процедуру можно значительно ускорить, если автоматизировать процесс одновременного ввода пар вспомогательных электродов во все соседние аккумуляторы и автоматически производить все измерения и вычисления. Тогда не потребуется время для остывания батареи после очередного измерения. Сравнивая электрические сопротивления с критерием исправности, допускают батарею к выпуску или полностью бракуют. Бракуют, если хотя бы у одного межэлементного соединения или полюсного вывода электрическое сопротивление превышает электрическое сопротивление для исправного межэлементного соединения или полюсного вывода на 70 % и более. При этом предварительно устанавливают среднее значение электрического сопротивления для исправного межэлементного соединения и полюсного вывода у батарей того же типоминнала и той же конструкции (для свинцово-кислотных батарей среднее значение имеет порядок 0,1 мОм). Если же у всех межэлементных соединений и полюсных выводов электрическое сопротивление не превышает указанного выше критерия, то такую батарею допускают к выпуску.

Для проверки нашего способа мы провели контроль качества межэлементных соединений свинцово-кислотных аккумуляторных батарей 6СТ-55А3 с электролитом в количестве 1000 шт. из одной партии. Контроль провели согласно способу [3] при постоянном токе 165 А ($3C_{20}$). В 4-х батареях по одному межэлементному соединению показали избыточное на 25...100 % электрическое сопротивление, что может как свидетельствовать об их исправности, так и о неисправности, поскольку авторы [3] за исправное считали соединение с сопротивлением, превышающим нормальное на 5...20 %, а за неисправное – с превышением 300 % и более. Остальные межэлементные соединения (во всех 1000 батареях) показали отклонения электрического сопротивления не более 10 % (исправны). Затем на этих же батареях в количестве 1000 шт. провели контроль качества межэлементных соединений согласно усовершенствованному нами способу током 275 А ($5C_{20}$). Ток пропускали 7 с ($36 C_{20} / 5 C_{20} - 0,2$), после чего сразу делали соответствующие замеры. В тех же самых 4-х батареях те же самые межэлементные соединения, которые в способе [3] дали на 25...100 % избыток сопротивления, также показали избыточное электрическое сопротивление (см. табл. 1). Но, одно межэлементное соединение дало избыток сопротивления на 29 %, что означает его исправность, а 3 –

на 155...180 %, что означает их неисправность, согласно нашему критерию. Остальные межэлементные соединения (во всех 1000 батареях)

показали отклонения электрического сопротивления не более 15 % (исправны).

Таблица 1

Исходные данные для анализа достоверности способа контроля межэлементных соединений и полюсных выводов

№ батареи	№ межэлементного соединения	Отклонение электрического сопротивления от значения для исправного межэлементного соединения, %		Характеристика межэлементного соединения	
		в способе [3]	в нашем способе	в способе [3]	в нашем способе
23	1	5	5	исправно	исправно
	2	8	9	исправно	исправно
	3	5	7	исправно	исправно
	4	10	10	исправно	исправно
	5	25	29	?	исправно
	6	5	7	исправно	исправно
	7	10	12	исправно	исправно
518	1	8	10	исправно	исправно
	2	100	180	?	неисправно
	3	5	5	исправно	исправно
	4	5	7	исправно	исправно
	5	10	15	исправно	исправно
	6	5	5	исправно	исправно
	7	5	7	исправно	исправно
801	1	10	15	исправно	исправно
	2	90	155	?	неисправно
	3	10	15	исправно	исправно
	4	5	7	исправно	исправно
	5	7	10	исправно	исправно
	6	5	5	исправно	исправно
	7	10	12	исправно	исправно
926	1	5	5	исправно	исправно
	2	0	0	исправно	исправно
	3	95	180	?	неисправно
	4	10	15	исправно	исправно
	5	7	10	исправно	исправно
	6	5	7	исправно	исправно
	7	10	12	исправно	исправно

Примечание. Под межэлементными соединениями 1 и 7 указаны полюсные выводы

Разрушающий контроль качества сварки показал, что у исправного соединения (батарея № 23, соединение № 5) дефекты сварки отсут-

ствуют, тогда как у неисправных межэлементных соединений имеются дефекты сварки в виде пустот в металле, расположенных по краям

разлома межэлементного соединения. Выборочный контроль всех остальных исправных соединений дефектов сварки не обнаружил.

Выводы

Таким образом, в отличие от способа [3] контроля качества сварки, который дает недостоверные результаты относительно исправности межэлементных соединений и полюсных выводов, наш способ позволяет получить корректные результаты и точно провести отбраковку.

Усовершенствованный нами способ контроля межэлементных соединений и полюсных выводов свинцово-кислотных аккумуляторных батарей может найти применение в электротехнической промышленности, в частности, в производстве свинцово-кислотных аккумуляторных батарей. Способ позволяет добиться повышения достоверности контроля межэлементных соединений и полюсных выводов, снижения потерь от брака, повышения качества аккумуляторных батарей, уменьшения рекламаций от потребителей.

В качестве перспективы дальнейших исследований мы планируем изучить влияние качества сварки ушек электродных пластин на их электрическое сопротивление, изучить зависимость этого сопротивления от тока разряда и температуры, разработать способ контроля качества сварки ушек электродных пластин свинцово-кислотных аккумуляторных батарей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.с. 1510636 СССР, МПК⁴ H01M 2/24, G01N 3/42. Способ контроля качества межэлементных соединений [Текст] / Башурин А. В., Строев В. И., Чепурных Н. В., Козин А. В.; Заявители и патентообладатели Курский политехн. ин-т и Курский завод «Аккумулятор». – № 4258487/24-07; заявл. 08.06.87; опубл. ДСП. – 6 с.: ил.
2. Пат. 93044148 Российская Федерация, МПК⁶ H01M 10/42, G01N 27/83. Способ контроля качества сварки межэлементных соединений аккумуляторных батарей и устройство для его осуществления [Текст] / Подопригоров В. С., Федосеев В. М.; Заявители и патентообладатели Подопригоров В. С., Федосеев В. М. – № 93044148/28; заявл. 09.09.93; опубл. 10.04.96 – 8 с.: ил.
3. А.с. 1374305 СССР, МПК⁴ H01M 2/24, G01R 31/36, G01N 27/24. Способ контроля межэлементных соединений и полюсных выводов батарей аккумуляторов [Текст] / Чернов В. Г., Кукоз Ф. И., Посохов Н. П.; Заявитель и патентообладатель Новочеркасский политехн. ин-т им. С. Орджоникидзе – № 4088413/24-07; заявл. 06.05.86; опубл. 15.02.88, Бюл. № 6. – 4 с.

Поступила в редколлегию 03.06.2010.

Принята к печати 22.06.2010.

ВПЛИВ РОЗПОДІЛУ РОБОТИ З ОБСЛУГОВУВАННЯ МОРСЬКОГО ПОРТУ У ВУЗЛІ НА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ВАНТАЖНОЇ СТАНЦІЇ

В статті обумовлено актуальність раціонального розподілу у вузлі сортувальної роботи з місцевими вагонами щодо добірки їх за призначеннями вантажних фронтів морського торгівельного порту. Наведено підсумки аналізу основних показників роботи вантажної та сортувальної станцій вузла.

Ключові слова: показники роботи вантажної та сортувальної станцій, раціональний розподіл у вузлі сортувальної роботи з місцевими вагонами, вантажні fronti морського торгівельного порту

В статье обусловлена актуальность рационального распределения в узле сортировочной работы с местными вагонами по подборке их по назначениям грузовых фронтов морского торгового порта. Приведены результаты анализа основных показателей работы грузовой и сортировочной станций узла.

Ключевые слова: показатели работы грузовой и сортировочной станций, рациональное распределение в узле сортировочной работы с местными вагонами, грузовые фронты морского торгового порта

In the article the urgency of rational distribution at the terminal of sorting work with the local cars on selecting them by the destinations of freight fronts of marine trade port is conditioned. The results of analysis of the basic operation indices of the terminal freight station and marshalling yard are presented.

Keywords: operation indices of terminal freight station and marshalling yard, rational distribution at terminal of sorting work with local cars, freight fronts of marine trade port

Вступ

Залізничний транспорт займає одну із головних позицій в єдиній транспортній системі України, в першу чергу, за рахунок значних обсягів перевезень пасажирів і вантажів. Об'єми перевезень вантажів після кризи відновились і продовжують зростати. Національна мережа транспортних коридорів дозволяє забезпечити вдосконалення організації перевезень на залізницях України, але для цього необхідно раціонально розвивати технічну базу та покращувати технологію роботи всього комплексу залізничного транспорту.

Залізничні вузли та станції в них являють собою складний комплекс, де взаємодіють практично всі підрозділи залізничного транспорту, забезпечено необхідне технічне оснащення та реалізовано комплексну механізацію та автоматизацію перевізного процесу.

Саме на станціях починається та завершується перевізний процес. На вантажних станціях виконується основний об'єм вивантаження та завантаження вагонів. У зв'язку з цим, підвищення рівня роботи вантажної станції повинно бути націлене на збільшення розмірів переробки вагонів, на комплексне використання технічних засобів, підвищення продуктивності праці, скорочення простою вагонів, зниження собівартості перевезення вантажів.

Розрізняють дві ознаки, за якими характеризують діяльність транспорту в цілому та заліз-

ничного зокрема. Перша ознака відноситься до вирішення великого кола оперативних внутрішньогалузевих задач з організації перевізного процесу. Друга – реалізація міжгалузевих технологічних зв'язків та юридичних відносин залізничного транспорту з підприємствами та фізичними особами.

Міжгалузеві зв'язки виникають, перш за все, під час планування перевезень, виконання початкових і кінцевих операцій з вантажами. Крім цього, суттєвими залишаються питання взаємної відповідальності сторін під час організації перевізного процесу (невиконання планів перевезень, небереження вантажів та ін.)

Міжгалузеві зв'язки породжують важливу форму діяльності залізниці – комерційну роботу, яка розглядається як комплекс платних послуг, що надаються клієнтурі залізницею під час виконання перевезень. Такі послуги є основним джерелом прибутку залізниці.

Постановка проблеми дослідження

Значні зовнішньоекономічні зв'язки України, її зручне та вигідне географічне розташування допомагає розвитку морських торгівельних портів. Раціональна система взаємодії залізниці з «морськими воротами держави» приносить успіх ефективному просуванню експортних, імпорتنих і транзитних вагонопотоків. Особливістю функціонування при цьому є те, що залізниці безпосередньо взаємодіють не

тільки з морським торгівельним портом, але й з митницею.

Останнім часом морські порти вклали сотні мільйонів доларів у розвиток своєї інфраструктури: будуються причали, закуповується сучасна перевантажувальна техніка. Саме сюди спрямовані приватні інвестиції. Але практика показує – все буде марно, якщо одночасно не розвивати інфраструктуру залізничних станцій, які обслуговують порти та підприємства. Ця диспропорція у масштабах розбудови портової та залізничної інфраструктури нині лише зростає. Для більшості портових станцій пропускна спроможність є суттєво меншою за пропускну спроможність портів, що ними обслуговуються.

Рациональна організація взаємодії сортувальної та вантажної станції у вузлах, в т.ч. і тих, які обслуговують морські порти, є задачею актуальною. Її виконання можливе за рахунок виконання імітаційного моделювання роботи станцій залізничного вузла.

Сортувальну роботу в вузлі розподіляють, виходячи з умови прискорення переробки вагонів у вузлі, зосередження їх на станції з кращим технічним оснащенням, максимального зменшення повторної переробки вагонів, а також задоволення потреб клієнтури.

Добірка вагонів по пунктах вантажної роботи та вантажних фронтах може виконуватись на вантажних або на сортувальних станціях вузла. У першому випадку місцеві вагони призначенням на вантажну станцію на вузловій сортувальній станції накопичуються на одній сортувальній колії, звідки після накопичення у складі передаточних поїздів прямують на вантажну станцію, де вже і виконується безпосередня добірка вагонів по вантажних фронтах.

При виконанні добірки вагонів по вантажних фронтах за другим варіантом на вузловій сортувальній станції виникає потреба в повторному сортуванні місцевих вагонів призначенням на вантажну станцію. Це переважно викликає збільшення простою вагонів і додаткову маневрову роботу на сортувальній станції.

Вибір того чи іншого варіанту роботи з вагонами багато в чому залежить від місцевих умов, але в усіх випадках він повинен бути таким, щоб експлуатаційні витрати з обробки місцевих вагонів були мінімальними (під час порівняння не розглядалися капітальні вкладення, які зазвичай значно перевищують можливу економію експлуатаційних витрат).

Аналіз досліджень і публікацій

В цілому, питанням раціонального розподілу сортувальної роботи у вузлі між сортувальною та вантажними станціями було присвячено достатньо велику кількість робіт, серед яких [1 – 5].

В роботі [1] запропоновано методику визначення раціонального розподілу сортувальної роботи у вузлі між сортувальною та вантажною станціями шляхом порівняння зведених витрат.

Робота [2] включає аналіз взаємодії станцій у вузлах. На переважній більшості вантажних станцій при цьому кількість сортувальних колій не відповідає розрахунковій, тому місцеві вагони сортуються повторно до 4...6 разів перед подаванням на вантажні fronti, що викликає значні простой рухомого складу та додаткові експлуатаційні витрати на маневрову роботу. Витрати часу на закінчення формування цих составів через гірку на сортувальній станції у 4...5 разів менше, ніж на вантажній у залежності від числа груп вагонів у составі. Враховуючи нижчу собівартість переробки одного вагона на сортувальній станції порівняно з вантажною, більш доцільним є закінчення формування з добіркою груп вагонів по окремих вантажних фронтах на сортувальній станції, яка має достатній резерв переробної спроможності.

Авторами роботи [4] запропоновано такий варіант організації експлуатаційної роботи, за якого технічні станції залізничних вузлів формують багатогрупні передаточні поїзди з добіркою вагонів по фронтах вантажної роботи, а вантажні станції забезпечують тільки подачу цих груп під вивантаження. Для системи «сортувальна станція – вантажна станція» обґрунтування доцільності формування на сортувальній станції таких багатогрупних передаточних поїздів може бути виконано за допомогою порівняння варіантів. Вирішити таке питання простим перебиранням варіантів у великих вузлах достатньо складно тому, що до їх складу можуть входити 1...3 технічні та декілька десятків вантажних станцій і це створює велику кількість конкуруючих варіантів. З метою оптимізації розподілу маневрової роботи з місцевими вагонами між технічними та вантажними станціями у великих залізничних вузлах запропоновано математичні методи, що дозволяють скоротити об'єм перебірки варіантів.

В роботі [5] розглянуто систему, що складається з сортувальної станції та двох вантажних станцій, які обслуговують 8 під'їзних колій

(вантажна станція Н – 5 під'їзних колій з 11 вантажними фронтами та вантажна станція ДВ – 3 під'їзні колії з 7 вантажними фронтами). Система «сортувальна станція – вантажні станції – під'їзні колії» розглядалася як двофазна система масового обслуговування, що складається з двох підсистем. Для отримання показників функціонування системи використано метод імітаційного моделювання. Визначено, що більш ефективним є відправлення поїздів з сортувальної станції Д на вантажні станції Н та ДВ з рівномірними інтервалами та з добіркою вагонів по вантажних фронтах на сортувальній станції Д.

Порядок взаємодії у вузлі вантажної станції, яка обслуговує морський порт, та вузлової сортувальної має значні технологічні особливості. Питанням взаємодії станцій у вузлі та раціональної взаємодії різних видів транспорту при цьому присвячені роботи [6 – 9].

Мета статті та виклад основного матеріалу

Метою статті є визначення показників функціонування вантажної станції, яка обслуговує морський торговельний порт, а також і вузлової сортувальної за різних варіантів виконання добірки вагонів по вантажних фронтах порту.

Для вирішення поставленої мети використано імітаційне моделювання роботи вантажної станції шляхом графічної побудови добового плану-графіку в ув'язці з вузловою сортувальною станцією. При цьому, в якості варіантів під час дослідження обрано охарактеризовані вище, які відрізняються місцем виконання добірки вагонів по вантажних фронтах порту – на вузловій сортувальній станції або безпосередньо на вантажній, яка обслуговує порт.

Аналіз показників функціонування даної вантажної станції показав:

1) простій одного вагону на вантажній станції під розформуванням зменшився на 30 % (вагони при цьому розформувались тільки з урахуванням порядку першочерговості подавання на причали порту та розміру максимальної передачі);

2) простій одного вагону на вантажній станції під очікуванням деяких операцій зменшився, інших збільшився – в цілому ж практично не змінився;

3) простій одного вагону на вантажній станції під накопиченням збільшився на 7 % (враховано підв'язку передаточних поїздів під існуючі нитки графіку);

4) загальний простій одного вагону на вантажній станції зменшився на 15 %. Аналогічно змінився й простій вагону під однією вантажною операцією;

5) завантаження маневрових локомотивів вантажної станції зменшилося в середньому на 10 %.

Аналіз показників функціонування вузлової сортувальної станції показав:

1) загальний простій одного вагону на сортувальній станції збільшився на 7 % (за рахунок повторного сортування вагонів і внаслідок очікування розформування із-за додаткової зайнятості гірки та гіркового локомотива);

2) завантаження гіркового локомотива сортувальної станції збільшилося на 5 %.

До структури експлуатаційних витрат на вантажній станції враховано витрати, які пов'язані з простоем вагонів, і витрати, які пов'язані з маневровою роботою. При цьому, для другого варіанту внаслідок виконання добірки по вантажних фронтах на вузловій сортувальній станції сумарні експлуатаційні витрати зменшують на вантажній станції та зростають на сортувальній, але нерівномірно внаслідок відмінностей в технічному оснащенні цих станцій.

Вибір найбільш доцільного з варіантів організації сортувальної роботи з місцевими вагонами в вузлі виконується шляхом порівняння економії експлуатаційних витрат на вантажній станції з додатковими експлуатаційними витратами на сортувальній станції вузла.

Раціональність переносу сортувальної роботи з вантажної станції на вузлову сортувальну станцію обумовлюється умовою:

$$\Delta\P_{cc} < \Delta\P_{vc}, \text{ тис. грн,}$$

де $\Delta\P_{cc}$ – додаткові експлуатаційні витрати на сортувальній станції, пов'язані з додатковими маневровою роботою та простоем вагонів, тис. грн;

$\Delta\P_{vc}$ – економія експлуатаційних витрат на вантажній станції, пов'язана зі зменшенням маневрової роботи та простоем вагонів, тис. грн.

Для даного залізничного вузла та існуючого розміру вагонопотоку призначенням на вантажні fronti морського торговельного порту отримано наступні підсумки: річна економія експлуатаційних витрат на вантажній станції складає близько 130 тис. грн, тоді як додаткові експлуатаційні витрати на сортувальній станції склали близько 1330 тис. грн (це пояснюється, в першу чергу, великим обсягом переробки ва-

гонів на сортувальній станції та порівняно незначним обсягом переробки на вантажній станції вузла).

Дані про структуру експлуатаційних витрат по варіантах виконання добірки вагонів по вантажних фронтах порту на вузловій сортувальній станції наведено на рис. 1, а на вантажній

станції, яка обслуговує морський торговельний порт, – на рис. 2.

Порівняння сумарних експлуатаційних витрат на вузловій сортувальній станції та на вантажній станції, що обслуговує морський торговельний порт, для різних варіантів виконання добірки вагонів по вантажних фронтах порту наведено на рис. 3.

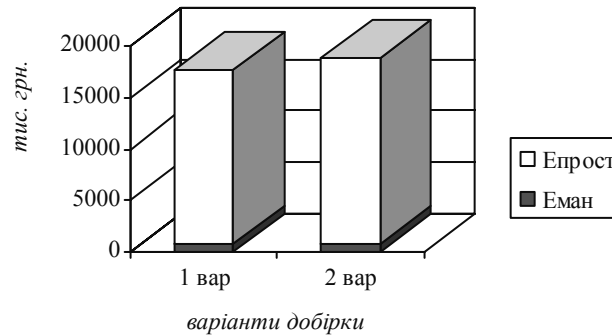


Рис. 1. Структура витрат на сортувальній станції по варіантах добірки вагонів

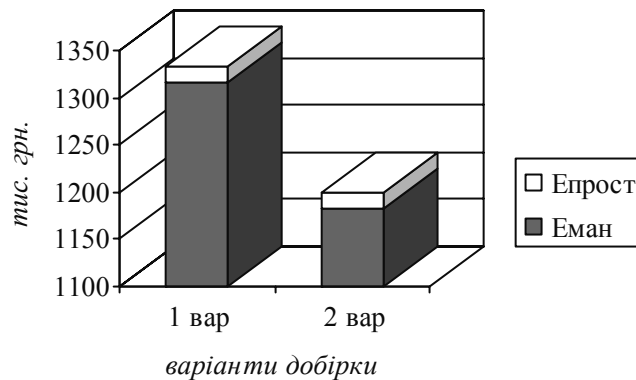


Рис. 2. Структура витрат на вантажній станції по варіантах добірки вагонів

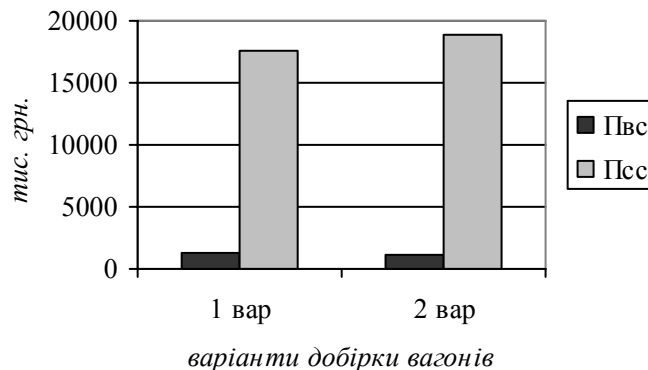


Рис. 3. Порівняння сумарних експлуатаційних витрат на станціях вузла по варіантах добірки

Висновки

1. Питання розподілу сортувальної роботи між станціями вузла є питанням актуальним.
2. Розподіл сортувальної роботи з місцевими вагонами між станціями вузла залежить від багатьох факторів, тому в кожному конкретному випадку вимагає детальних техніко-економічних розрахунків.
3. Отримано результати аналізу показників функціонування станцій вузла.
4. Обґрунтовано доцільність виконання добірки вагонів по вантажних фронтах порту на вантажній станції, завдяки чому можливо забезпечити економію експлуатаційних витрат.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Макуха, А. М. Исследование организации движения передаточных поездов в железнодорожных узлах [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08. – Новосибирск: НИИЖТ, 1973. – 22 с.
2. Крячко, К. В. Організація сумісної технології роботи станцій у залізничному вузлі [Текст] / К. В. Крячко // Зб. наук. пр. «Концепція підвищення ефективності вантажних перевезень на залізничному транспорті». – Вип. 33. – Х.: ХарДАЗТ, 1998. – С. 68-72.
3. Петрушков, В. В. Проблема удосконалення роботи сортувальної станції у залізничному вузлі в сучасних умовах [Текст] / В. В. Петрушков, М. Є. Рябошапко // Зб. наук. пр. «Концепція підвищення ефективності вантажних перевезень на залізничному транспорті». – Вип. 33. – Х.: ХарДАЗТ, 1998. – С. 84-87.
4. Левицкий, И. Е. Совершенствование переработки местных вагонопотоков в железнодорожных узлах [Текст] / И. Е. Левицкий, Р. Г. Коробьева // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – № 23. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 104-107.
5. Дослідження взаємодії залізничних станцій у вузлі [Текст] / І. Л. Журавель [та ін.] // Тези 69 Міжн. наук.-практ. конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (ДПТ, Дніпропетровськ, 2009). – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 74-75.
6. Левицкий, И. Ю. Особенности взаимодействия железнодорожного и морского транспорта в условиях Одесского региона. [Текст] / И. Ю. Левицкий // Зб. матер. Міжн. наук.-практ. конф. «Транспортні зв'язки. Проблеми та перспективи». – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 38-43.
7. Коробйова, Р. Г. Совершенствование эксплуатационной работы железнодорожных узлов, обслуживающих морские порты [Текст] / Р. Г. Коробйова, И. Е. Левицкий // Материалы II Межд. науч.-практ. конф. «Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса». – Гомель: БелГУТ, 2008. – С. 71-72.
8. Музикіна, Г. І. Організація раціональної взаємодії залізничних станцій у вузлах, які обслуговують морські порти [Текст] / Г. І. Музикіна, І. Л. Журавель, В. В. Журавель // Тези IV Міжн. наук.-практ. конф. «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології». – К.: ДЕТУТ, 2008. – С. 148-150.
9. Левицкий, И. Е. Взаимодействие железнодорожного и морского транспорта в условиях черноморского региона [Текст] / И. Е. Левицкий, О. В. Батырь // Тезисы I науч.-практ. конф. «Интеграция Украины в международную транспортную систему». – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 11-13.

Надійшла до редколегії 09.06.2010.

Прийнята до друку 22.06.2010.

А. М. ПАСІЧНИК, С. С. КРАВЧУК, В. В. КУТИРЄВ (АМСУ, Дніпропетровськ)

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ ПРОДОВОЛЬЧИХ ТОВАРІВ

На основі дослідження статистичних показників діяльності митниці, населення та географічного розташування міст Донецької області, запропоновано метод розрахунку оптимального розміщення спеціалізованого транспортно-логістичного центру продовольчих товарів.

Ключові слова: транспортно-логістичний центр продовольчих товарів, статистичні показники діяльності митниці, Донецька область

На основе исследования статистических показателей работы таможи, населения и географического местоположения городов Донецкой области, предложен метод расчета оптимального размещения специализированного транспортно-логистического центра продовольственных товаров.

Ключевые слова: транспортно-логистический центр продовольственных товаров, статистические показатели работы таможи, Донецкая область

On the basis of research of statistic indices of custom-house, the population and geographic location of cities of Donetsk region, the method of calculation of optimum placing of the specialized transport-logistical centre of foodstuff is offered.

Keywords: transport-logistical centre of foodstuff, statistic indices of custom-house, Donetsk region

Як свідчить аналіз сучасних науково-технічних досягнень, розвиток транспортної галузі можна забезпечити на основі розробки та впровадження новітніх технологій реалізації процесів перевезень, що відповідають сучасним вимогам і високим міжнародним стандартам, і в першу чергу за рахунок застосування логістичних підходів. За своєю суттю транспортно-логістика, як нова методологія оптимізації, організації і обробки транспортних вантажопотоків у спеціалізованих логістичних центрах дає можливість забезпечити підвищення ефективності доставки товарів споживачам, зниження непродуктивних витрат, а підприємствам транспорту – бути сучасними та максимально відповідати запитам усе вимогливіших клієнтів і ринку [4].

Аналіз наукових публікацій свідчить, що поряд з проблемами розвитку транспортної інфраструктури недостатньо уваги приділяється точковим інфраструктурним об'єктам, а саме спеціалізованим логістичним центрам. Регіональні спеціалізовані логістичні центри сприяють просторово-часовій оптимізації матеріальних потоків у межах регіону, країни; активізують розвиток суміжних галузей та вирішення соціальних питань, а отже, створюють соціально-економічний ефект для території, регіону та країни в цілому.

Теоретичні та прикладні питання розвитку логістичної інфраструктури відображені в ро-

ботах закордонних вчених: Ф. Пфоля (ФРН), К. Кльозе (ФРН), С. Абта (РП), Я. Вітковського (РП), І. Фехнера (РП) та ін., які розглядають концепцію логістичної інфраструктури, особливості розвитку об'єктів логістичної інфраструктури в тій чи іншій європейській країні. Водночас ці питання вирішуються без ув'язки із проблемами розвитку економіки прикордонних територій. Дещо адаптували цю концепцію до потреб сучасного українського ринку вітчизняні дослідники М. О. Довба, Н. І. Никифоров, М. М. Бойко, М. І. Долішній, М. А. Козоріз, Є. В. Крикавський, В. П. Мікловда, М. А. Лендел, М. А. Окландер, О. М. Тридід, Н. І. Чухрай [7]. Водночас малодослідженим залишається аналіз позитивних аспектів оптимізації розміщення логістичних центрів в регіонах (С. С. Кравчук [6], А. М. Пасічник [3], В. М. Назаренко [2]).

Слід відмітити, що в будь-якому регіоні невід'ємною і важливою складовою вантажопотоку є перевезення продовольчих вантажів, які є найбільш вимогливими до якісного логістичного сервісу і швидкості доставки. До факторів, які негативно впливають на якість і вартість продуктів харчування під час перевезень можна віднести: тривалість митної обробки вантажів на кордоні, високу вартість зберігання таких вантажів в спеціалізованих транспортних засобах під час затримок у перевезенні, непрофесійне зберігання специфічних груп вантажів на

складах загального призначення (не враховується сумісність вантажу, індивідуальні температурні режими). Найбільш ефективно ці проблемні питання можна було б вирішити в рамках спеціалізованих транспортних вузлів які прийнято називати транспортно-логістичними центрами.

Метою даної статті є проведення дослідження вантажопотоків в зоні діяльності Східної митниці і, на основі отриманих даних, а також даних щодо географічного розміщення та населення великих міст Донецької області, визначити за допомогою математичного апарату оптимальне місцезнаходження спеціалізованого транспортно-логістичного центру продовольчих товарів.

За даними прес-служби Головного управління статистики Донецької області, загальний обсяг промислового виробництва по Донецькій області за січень – листопад 2009 року скоротився у порівнянні з січнем – листопадом 2008 року на 24,2 %, що на 3 відсотки менше, ніж складав спад за січень – жовтень у порівнянні з аналогічним періодом минулого року – 27,2 %.

Наприкінці року спостерігалася позитивна динаміка росту за всіма галузями. Кращий вигляд мають показники, які відображають стан промисловості пов'язаної з видобутком та первинною обробкою енергетичної сировини. Значно гірші у машинобудуванні, нафтохімії, виробництві будівельних матеріалів.

Протягом 2009 року в Східній митниці здійснено оформлення 5 млн. 460 тис. тон експорт-

них вантажів та 2 млн 672 тис. тон – імпорتنних. Порівняно з 2008 роком – обсяги імпорту та експорту зменшилися на 55 % та 35 % відповідно.

За IV квартал 2009 року експортовано 1 млн 485 тис. тон вантажів, імпортовано – 1 млн 263 тис. тон. Порівняно з IV кварталом 2008 року – обсяги імпорту збільшилися на 69 %, а експорту – зменшилися на 5 %.

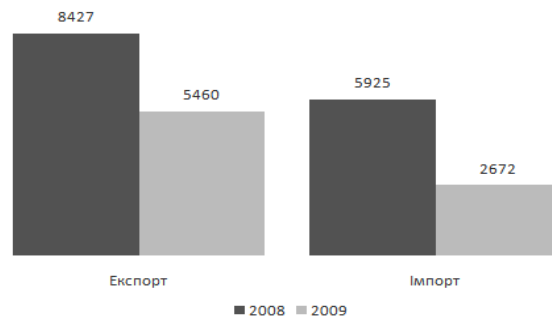


Рис. 1. Показники експорту та імпорту (тис. тон)

Порівняльний аналіз товарообігу показує, що у 2009 році порівняно з 2008 роком відбулись значні зміни у перерозподілі основних країн-експортерів. Лідируючу позицію замість країн СНД тепер займають країни ЄС. Порівняно з 2008 роком їх доля від загального обсягу імпорту збільшилась з 34 % до 40 %. Зменшення долі імпорту з країн СНД відбулося з 52,2 % в 2008 р. до 39,7 % в 2009р. Збільшилась доля імпорту з країн Африки (з 1,3 % до 3,2 %) та країн Північної Америки (з 1,4 % до 4,4 %).

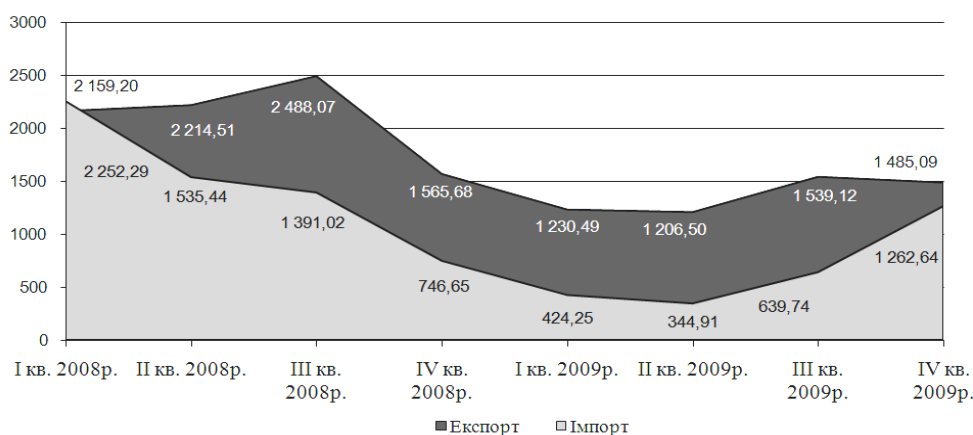


Рис. 2. Порівняльна динаміка оформлених вантажів (тис. тон)

Протягом 2009 року максимально імпортувались наступні товари: продукція важкого машинобудування – 17,5 % в загальному обсязі імпорту (проти 16,8 % у 2008 році), енергетичні матеріали (16,9 %), чорні метали (5,5 %), полімерні матеріали (5 %) та електричні машини (4,4 %). Аналізуючи товарну номенклатуру ім-

порту в порівнянні з 2008 роком, слід відмітити незначне зменшення обсягів та долі (з 19,7 % до 16,9 %) енергетичних матеріалів, по вазі спостерігається аналогічна ситуація. Зменшилась порівняно з 2008 роком доля чорних металів (з 10,1 % до 5,5 %), по обсягам на 68 %. Збільши-

лись обсяги (на 29 %) та доля (1,5 % до 3,4 %) імпорту м'яса та харчових нутрошків.

Разом з тим частка імпорту у 2009 році споживчих товарів традиційно залишилася на низькому рівні – 1,5 % (2008 – 0,9 %).

Товари максимального експорту: продукція важкого машинобудування (30,4 %), чорні метали (12,5 %), вироби з чорних металів (8 %), енергетичні матеріали (7,6 %), мідь та вироби з міді (7,5 %), мінеральні продукти (6,1 %), продукти з какао (4,9 %), продукти з зерна (3,7 %). Порівняно з 2008 роком (на 83 %) зменшилися

обсяги експорту чорних металів, які протягом багатьох років займали лідируючу позицію в номенклатурі експорту регіону (питома вага складала майже половину загального експорту). Збільшилися обсяги товарів максимального експорту, а саме: продукція важкого машинобудування на 11 % (доля – з 17,4 % до 30,4 %), вироби з чорних металів на 14,2 % (доля – з 4,4 % до 8 %), продукти з какао на 37 % (доля – з 2,3 % до 4,9 %) та продукція із зерна на 35 %, доля – з 1,7 % до 3,7 %.

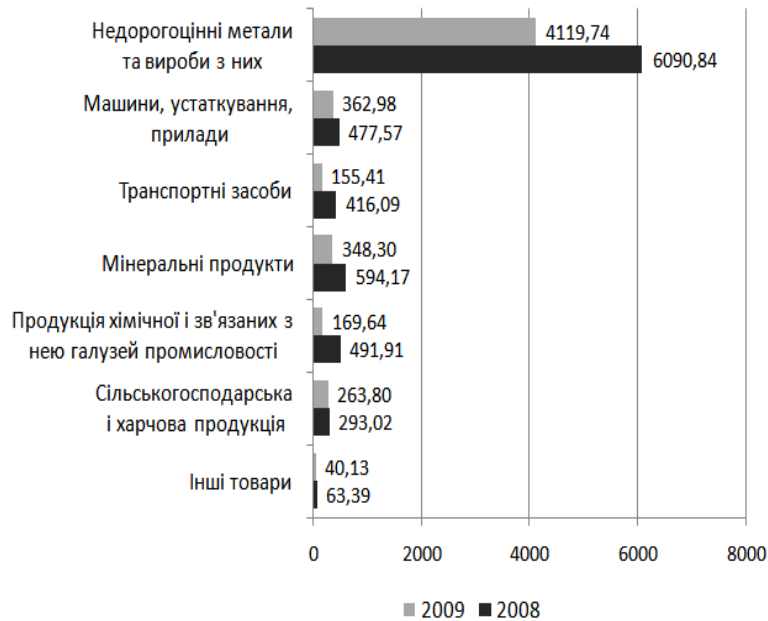


Рис. 3. Товарна структура експорту за 2008–2009 роки (тис. т)

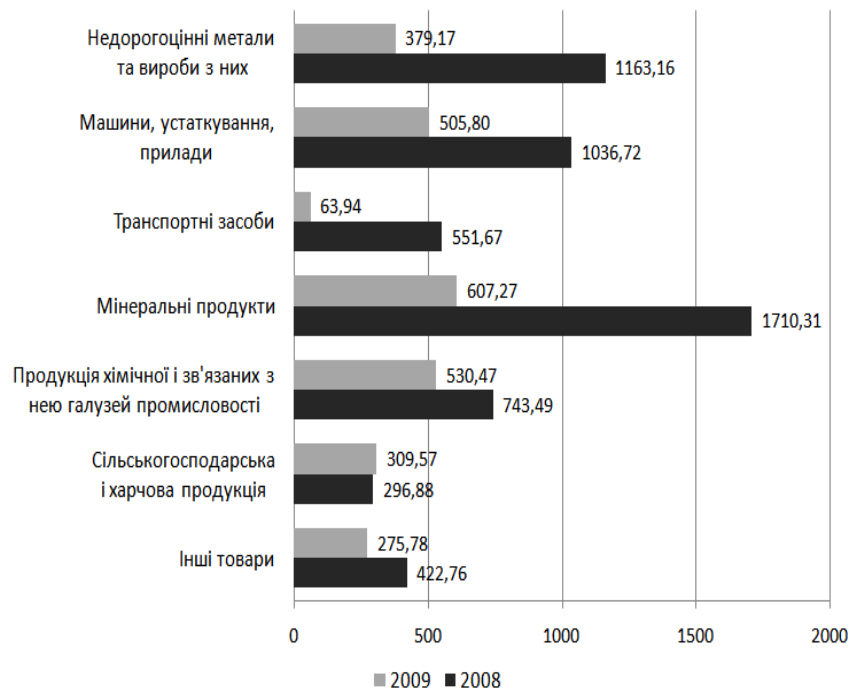


Рис. 4. Товарна структура імпорту за 2008–2009 роки (тис. т)

Для формування вихідних даних для розрахунку визначимо перелік великих міст, які підпадають під зону діяльності Східної митниці. Вважатимемо, що потреба в продовольчих товарах в будь-якому місті прямо пропорційна населенню цього міста. Базою для визначення координат міста одного, відносно іншого при-

ймаємо географічні координати центрів цих міст.

Дані щодо географічних координат і населення відповідних міст зазначені в табл. 1. Дані щодо розподілу обсягів імпорту товарів за торговельними країнами можна побачити на рис. 5.

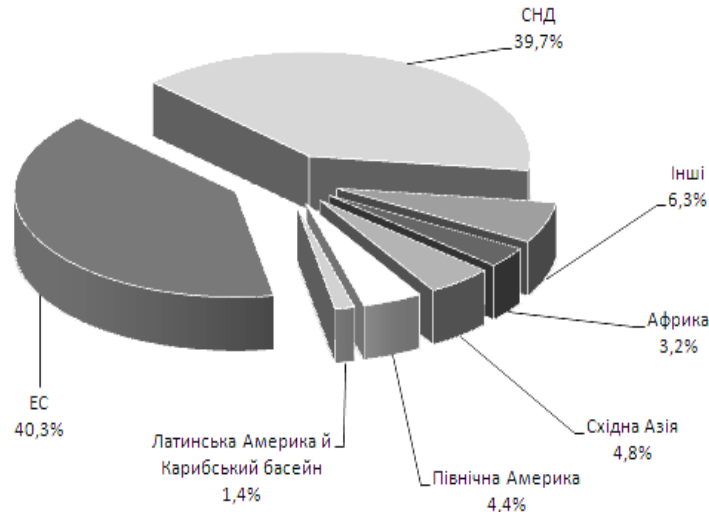


Рис. 5. Розподіл обсягів імпорту за країнами

Постачальниками оберемо міста в зоні діяльності Східної митниці, що володіють найбільш розвинутою транспортною інфраструктурою за сторонами світу і відповідно визначимо їх розміри постачання товарів у регіон. Постачальники, їх координати та обсяги поставок

наведені в табл. 1.

Географічне розташування постачальників та споживачів наведено на рис. 6 (квадратними маркерами позначені постачальники, круглими – споживачі).

Таблиця 1

Обсяги поставок і координати споживачів

Місто	Довгота	Координата X		Широта	Координата Y		Населення тис. чол.	% споживання	Споживання тис.тон.
		Ціна 1°,км	Відстань від осі, км		Ціна 1°,км	Відстань від осі, км			
м. Авдіївка	37° 44' в	73,50	53,90	48° 08' с	110,1	124,78	36,600	1,32%	4,08
м. Артемівськ	38° 00' в		73,50	48° 36' с		176,16	81,500	2,94%	9,09
м. Горлівка	38° 03' в		77,17	48° 18' с		143,13	272,400	9,81%	30,37
м. Дебальцеве	38° 24' в		102,90	48° 20' с		146,80	29,100	1,05%	3,24
м. Дзержинськ	37° 50' в		61,25	48° 24' с		154,14	41,300	1,49%	4,61
м. Димитров	37° 15' в		18,38	48° 18' с		143,13	53,600	1,93%	5,98
м. Добропілля	37° 11' в		13,47	48° 48' с		198,18	34,500	1,24%	3,85
м. Донецьк	37° 48' в		58,80	48° 00' с		110,10	1155,226	41,61%	128,82
м. Дружківка	37° 31' в		37,97	48° 37' с		178,00	63,500	2,29%	7,08
м. Єнакієве	38° 12' в		88,20	48° 13' с		133,96	98,800	3,56%	11,02
м. Костянтинівка	37° 43' в		52,68	48° 32' с		168,82	91,000	3,28%	10,15
м. Краматорськ	37° 34' в		41,65	48° 44' с		190,84	169,100	6,09%	18,86
м. Краматорськ	37° 11' в		13,47	48° 17' с		141,30	67,800	2,44%	7,56
м. Красний лиман	37° 48' в		58,80	48° 59' с		218,37	26,700	0,96%	2,98
м. Макіївка	37° 57' в		69,83	48° 02' с		113,77	369,800	13,32%	41,24
м. Селідове	37° 18' в		22,05	48° 09' с		126,62	25,600	0,92%	2,85
м. Ясинувата	37° 50' в		61,25	48° 07' с		122,95	37,000	1,33%	4,13
м. Слов'янськ	37° 36' в		44,10	48° 51' с		203,69	122,700	4,42%	13,68
Ітого							2776,226	100,00%	309,57

Враховуючи те, що координати всіх міст (табл. 1) по довготі знаходяться в діапазоні зна-

чень від 37° до 39° сх. д., а по широті від 47° до 49° півн. ш., приймемо осями координатної сіт-

ки 37-й меридіан та 47-му паралель, при цьому знаючи, що у відповідному поясі 1° по довготі дорівнює 73,5 км, а 1° по широті дорівнює 110,1 км, координати всіх споживачів та постачальників визначимо як відстані від цих осей (в км) за наступними формулами:

$$R_x = (R_{\text{в.д.}}^\circ - 37^\circ) \times 73,5 + R'_{\text{в.д.}} \times \left(\frac{73,5}{60} \right) \quad (1)$$

$$R_y = (R_{\text{с.ш.}}^\circ - 47^\circ) \times 110,1 + R'_{\text{с.ш.}} \times \left(\frac{110,1}{60} \right)$$

де R_x, R_y – відстані від 37 меридіану та 47 паралелі відповідно, [км];

$R_{\text{в.д.}}^\circ, R_{\text{с.ш.}}^\circ$ – градуси по довготі та по широті заданого міста, $[\circ]$;

$R'_{\text{в.д.}}, R'_{\text{с.ш.}}$ – хвилини по довготі та широті заданого міста, $[']$.

Отже маємо 18 клієнтів і 4 постійних постачальника.

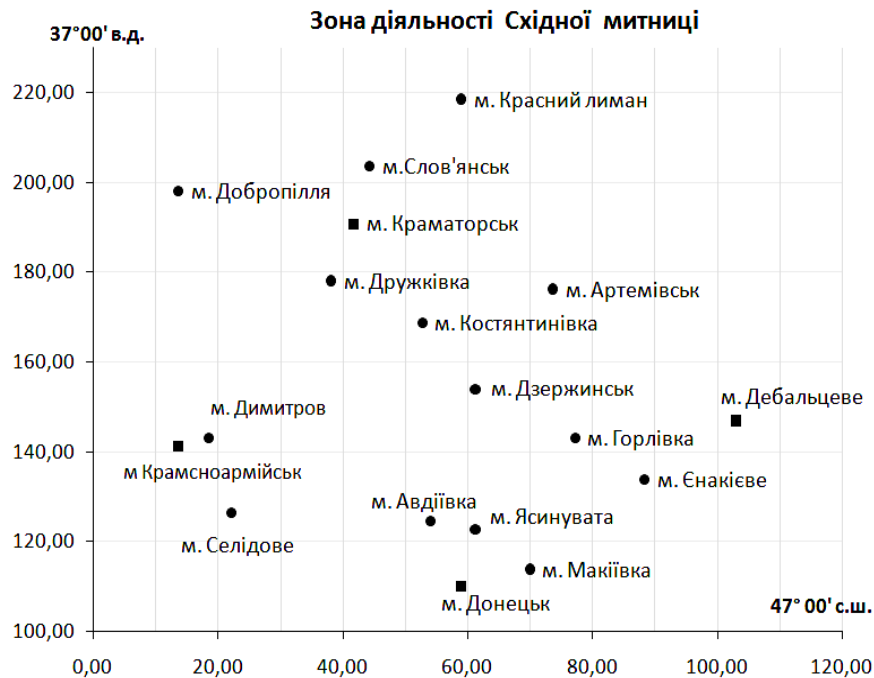


Рис. 6. Графічне розміщення постачальників та споживачів

Приймаємо тарифи для перевезень продукції зі складу для клієнтів:

$$T_{ki} = 0,32 \left[\frac{\text{грн}}{\text{т} \cdot \text{км}} \right]. \quad (2)$$

Приймаємо тарифи для перевезень продукції на склад для постачальників:

$$T_{ni} = 0,47 \left[\frac{\text{грн}}{\text{т} \cdot \text{км}} \right]. \quad (3)$$

Таблиця 2

Координати та обсяги поставок постачальників

Напрямок	Місто	Координати		Напрямки ввезення	% постачання	Постачання тис.т.
		Х	У			
Південь	м. Донецьк	58,80	110,10	Африка, Інші	9,50%	29,41
Північ	м. Краматорськ	41,65	190,84	СНД	39,70%	122,90
Схід	м. Дебальцеве	102,90	146,80	Східна Азія	4,80%	14,86
Захід	м. Красноармійськ	13,47	141,30	Латинська, Північна Америка, ЄС	46,00%	142,40
Всього					100,00%	309,57

Координати центра мас M_x та M_y визначаємо за формулою

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ni} \cdot R_{ni} \cdot Q_{ni} + \sum_{i=1}^k T_{ki} \cdot R_{ki} \cdot Q_{ki}}{\sum_{i=1}^n T_{ni} \cdot Q_{ni} + \sum_{i=1}^k T_{ki} \cdot Q_{ki}}, \quad (4)$$

де M – координата центру мас або центр рівновагової системи транспортних витрат [км];

R_{ni} – відстань від осі координат до географічної точки постачання [км];

T_{ni} – транспортний тариф для постачальника $\left[\frac{\text{гр. од.}}{\text{т} \cdot \text{км}} \right]$;

Q_{ni} – вага, об'єм вантажу, що реалізується [т];

T_{ki} – транспортний тариф для клієнта на перевезення вантажу $\left[\frac{\text{гр. од.}}{\text{т} \cdot \text{км}} \right]$;

R_{ki} – відстань від осі координат до географічного місця знаходження клієнта [км];

Q_{ki} – вага, об'єм вантажу, що реалізується i -тому клієнту [т].

Тоді, використовуючи дані табл. 1, 2, за формулою (4) маємо:

$$M_x = \frac{4839,078 + 5830,333}{145,498 + 99,062} = 43,627; \quad (5)$$

$$M_y = \frac{23027,237 + 13298,320}{145,498 + 99,062} = 148,534. \quad (6)$$

Встановивши центр мас рівновагової системи у відносній декартовій системі координат, знаходимо точки розміщення постачальників та клієнтів і зображаємо на графіку. Також зображуємо на графіку центр мас (рис. 7).

Отже маємо координати центра мас $M(43,627; 148,534)$.

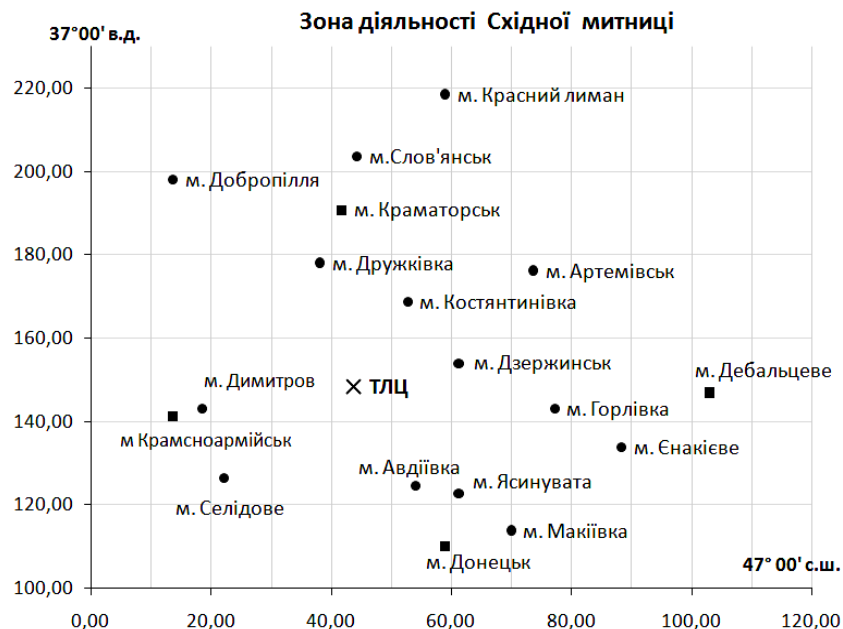


Рис. 7. Розміщення транспортно-логістичного центру

Переведемо отриманий результат в географічні координати:

$$R_{\text{в.д.}} = 37^\circ + \frac{43,627}{73,5} \times 60' = 37^\circ + 35,46' = 37^\circ 35'$$

$$R_{\text{с.ш.}} = 47^\circ + \frac{148,534}{110,1} \times 60' = 47^\circ + 80,4' = 48^\circ 20'$$

За координатами неважко визначити місце на мапі, де розміщення логістичного центру є найбільш ефективним. Найближчим до заданих координат населеним пунктом є селище Нова Полтавка Донецької області, через яке прохо-

дить залізнична колія і яке знаходиться на відстані 1,4 км від автомобільної траси Т 0504 – Костянтинівка-Красноармійськ (ця траса сполучається з автомобільною дорогою національного значення Н 20 – Слов'янськ-Донецьк-Маріуполь).

Найбільш вдалою структурою спеціалізованого транспортно-логістичного центру продовольчих товарів я вважаю наведену на рис. 8.

Саме такий підхід дозволяє створити ефективний проект логістичного комплексу, який буде задовольняти наведеним вимогам і в май-

бутньому ефективно виконувати покладені на нього завдання.

Відповідно до проведеного дослідження бачимо, що структура та обсяги вантажопотоку в зоні діяльності Східної митниці сформували необхідність створення спеціалізованого транспортно-логістичного центру продовольчих товарів. Досить ефективно вирішити питання оптимального розміщення транспортно-логістичного центру можна методом математичного моделювання, врахувавши розміщення та потужності основних споживачів та постачальників продовольчих товарів в регіоні й відповідно

тарифи на перевезення вантажу. В процесі створення та розбудови транспортно-логістичного центру в визначеному місці необхідно враховувати специфіку вантажу, що планується обробляти, та сформувати адекватну організаційно-функціональну структуру такого центру. Тільки за успішного виконання сформульованих умов транспортно-логістичний центр буде ефективно і в повному обсязі виконувати покладені на нього завдання з переробки та управління вантажопотоком продовольчих товарів.



Рис. 8. Структура сучасного транспортно-митного логістичного центру

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Миротин, Н. Б. Транспортная логистика [Текст] / Н. Б. Миротин. – М.: Экзамен, 2003. – 511 с.
2. Назаренко, В. М. Транспортное обеспечение внешнеэкономической деятельности [Текст] / В. М. Назаренко, К. С. Назаренко. – М.: Центр экономики и маркетинга, 2000. – 512 с.
3. Пасічник, А. М. Розбудова транспортно-митної інфраструктури – основа економічної безпеки України [Текст] / А. М. Пасічник, В. С. Мальнов, О. С. Попроцька // Вісник АМСУ. – 2007. – №3 (35). – С. 64-70.
4. Пасічник, А. М. Вантажний митний комплекс як структурний елемент транспортно-логістичного центру [Текст] / А. М. Пасічник, С. С. Кравчук, І. Ю. Леснікова // Вісник АМСУ. – 2007. – № 4. – С. 75-79.
5. Кутирєв, В. В. Проблеми та перспективи розбудови системи транспортно-логістичних центрів в Україні [Текст] / В. В. Кутирєв, А. М. Пасічник // Митна політика та актуальні проблеми економічної безпеки України на сучасному етапі: тези III міжн. наук.-практ. конф. молодих учених. – Д.: Академія митної служби України, 2010. – Т. 2. – С. 48-49.
6. Пасічник, А. М. Метод розрахунку оптимального розміщення підрозділів центру ДП «Український вантажний комплекс» [Текст] / А. М. Пасічник, С. С. Кравчук // Вісник АМСУ. – 2008. – № 4. – С. 119-127.
7. Чухрай, Н. Формування ланцюга поставок: питання теорії та практики [Текст] : монографія / Н. Чухрай, О. Гірна. – Львів: Інтелект-Захід, 2007. – 232 с.
8. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.donoda.gov.ua>
9. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.customs.gov.ua>
10. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>

Надійшла до редколегії 27.05.2010.
Прийнята до друку 16.06.2010.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЕХАНИЧЕСКОГО СПОСОБА КОМПЕНСАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ ПРИ ИХ ВЗАИМНОЙ НАГРУЗКЕ

Наведено аналіз енергетичних показників процесу компенсації електричних втрат у схемах взаємного навантаження тягових електродвигунів з використанням джерела механічної потужності.

Ключові слова: тяговий електродвигун, компенсація електричних втрат, схема взаємного навантаження, джерело механічної потужності

Приведен анализ энергетических показателей процесса компенсации электрических потерь в схемах взаимной нагрузки тяговых электродвигателей с использованием источника механической мощности.

Ключевые слова: тяговый электродвигатель, компенсация электрических потерь, схема взаимной нагрузки, источник механической мощности

The analysis of power indices of process of compensation of electric losses in the schemes of mutual loading of hauling electric motors with the use of source of mechanical power is presented.

Keywords: hauling electric motor, compensation of electric losses, scheme of mutual loading, source of mechanical power

Известно два основных способа компенсации электрических потерь в схемах взаимной нагрузки электрических машин. Это способ компенсации потерь источником электрической мощности и способ компенсации потерь источником механической мощности [1]. В первом варианте электрическая мощность дополнительного источника (например, вольтодобавочной машины) непосредственно компенсирует электрические потери, которые создают падения напряжения в цепях испытуемых электромашин и преобразователей. Во втором варианте для компенсации падений напряжения, обусловленных электрическими потерями, требуется предварительное преобразование механической мощности дополнительного источника в добавочную электрическую мощность испытуемым генератором. Реализация такого способа компенсации может быть осуществлена целым рядом технических решений, отличающихся друг от друга самими конфигурациями принципиальных схем. Выбор рациональной конфигурации схемы испытательного стенда для данного типа тяговых электромашин является одним из направлений решения задачи снижения расходов на их испытания. Критерием рациональности выбранного способа такой компенсации может быть принят условный коэффициент эффективности преобразования механической мощности дополнительного источника в добавочную электрическую мощность на выходе генератора.

Рассмотрим процесс компенсации электрических потерь в испытуемых электромашинах источником механической мощности. Такая компенсация обеспечивается за счёт превышения электромагнитной мощностью генератора одноименной мощности двигателя. Характер преобразования и передачи мощности в испытуемом генераторе показан на рис. 1.

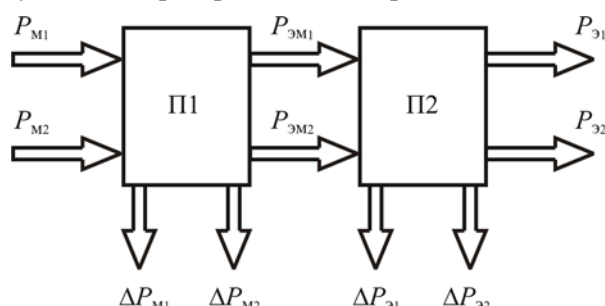


Рис. 1

Условно электромашина, работающая в режиме генератора, энергетически разделена на две части. Первая часть П1 является преобразователем механической мощности на валу генератора в электромагнитную, вторая часть П2 является преобразователем электромагнитной мощности в электрическую.

К генератору, испытуемому по методу взаимной нагрузки, подводится два условных потока механической энергии: мощностью P_{M1} — от испытуемого двигателя и мощностью P_{M2} — от дополнительного источника. В результате преобразования в первой части П1 возникает

две условные составляющие электромагнитной мощности $P_{\text{эм1}}$ и $P_{\text{эм2}}$.

Деление общей мощности генератора на две составляющие, как и деление самой электромашины на два преобразователя, условно и вызвано характером принятого метода исследования энергетических процессов. Преобразование каждой из этих составляющих мощности будем рассматривать отдельно. При этом будем учитывать, что потери мощности в генераторе не пропорциональны подведенной механической мощности и принцип суперпозиции для данного анализа неприемлем.

Преобразование каждой из составляющих $P_{\text{м1}}$ и $P_{\text{м2}}$ в электромагнитные мощности $P_{\text{эм1}}$ и $P_{\text{эм2}}$ сопровождается соответствующими механическими и магнитными потерями $\Delta P_{\text{м1}}$ и $\Delta P_{\text{м2}}$.

В результате преобразования во второй части генератора П2 электромагнитных мощностей $P_{\text{эм1}}$ и $P_{\text{эм2}}$ в соответствующие электрические мощности $P_{\text{э1}}$ и $P_{\text{э2}}$ возникают электрические потери $\Delta P_{\text{э1}}$ и $\Delta P_{\text{э2}}$ соответственно.

Все электрические потери в испытуемых электромашинах и преобразователях $\sum \Delta P_{\text{э}}$ компенсируются при таком способе за счёт добавочной электромагнитной мощности генератора [2]

$$\sum \Delta P_{\text{э}} = P_{\text{эм2}}. \quad (1)$$

Каждый из процессов преобразования мощности можно охарактеризовать своим условным коэффициентом энергетической эффективности преобразования мощности. Для преобразователя П1 это будет два коэффициента энергетической эффективности k_{11} и k_{12} , которые характеризуют преобразования $P_{\text{м1}}$ в $P_{\text{эм1}}$ и $P_{\text{м2}}$ в $P_{\text{эм2}}$ соответственно. Выражения для определения данных коэффициентов будут иметь вид:

$$k_{11} = \frac{P_{\text{эм1}}}{P_{\text{м1}}}; \quad (2)$$

$$k_{12} = \frac{P_{\text{эм2}}}{P_{\text{м2}}}. \quad (3)$$

С учетом того, что

$$P_{\text{м2}} = P_{\text{эм2}} + \Delta P_{\text{м2}}, \quad (4)$$

выражение для определения k_{12} может быть представлено в виде

$$k_{12} = \frac{P_{\text{эм2}}}{P_{\text{эм2}} + \Delta P_{\text{м2}}}. \quad (5)$$

Для преобразователя П2 также будут характерны два коэффициента энергетической эффективности. Один k_{21} будет соответствовать процессу преобразования $P_{\text{эм1}}$ в $P_{\text{э1}}$, а другой k_{22} – процессу преобразования $P_{\text{эм2}}$ в $P_{\text{э2}}$. Выражения для определения данных коэффициентов будут иметь вид:

$$k_{21} = \frac{P_{\text{э1}}}{P_{\text{эм1}}}; \quad (6)$$

$$P_{\text{эм2}} k_{22} = \frac{P_{\text{э2}}}{P_{\text{эм2}}}. \quad (7)$$

С учетом того, что

$$P_{\text{э2}} = P_{\text{эм2}} - \Delta P_{\text{э2}}, \quad (8)$$

выражение (7) может быть преобразовано к виду:

$$k_{22} = \frac{P_{\text{эм2}} - \Delta P_{\text{э2}}}{P_{\text{эм2}}}. \quad (9)$$

Результирующий коэффициент энергетической эффективности преобразования $P_{\text{м1}}$ в $P_{\text{э1}}$ определяется как произведение коэффициентов k_{11} и k_{21} и является в своей сути коэффициентом полезного действия испытуемого генератора $\eta_{\text{г}}$. С допустимой для данного анализа степенью упрощения можно считать, что этот к.п.д. не зависит от дополнительной механической мощности на валу генератора $P_{\text{м2}}$.

$$\eta_{\text{г}} = k_{11} \cdot k_{21}. \quad (10)$$

Результирующий коэффициент эффективности преобразования механической мощности дополнительного источника $P_{\text{м2}}$ в добавочную электрическую мощность на выходе генератора $P_{\text{э2}}$ может быть определен как

$$k_{\text{пр}} = k_{12} \cdot k_{22}. \quad (11)$$

Основная электромагнитная мощность генератора $P_{\text{эм1}}$, которая является преобразованной механической мощностью на валу генератора $P_{\text{м1}}$, поступающей от испытуемого двигателя, определяется в виде:

$$P_{эм1} = M_{эм} \cdot \omega, \quad (12)$$

где $M_{эм}$ и ω – основные составляющие электромагнитного момента и угловой скорости вала генератора соответственно, обеспечиваемые мощностью двигателя.

Добавочная электромагнитная мощность $P_{эм2}$, которая возникает в результате преобразования механической мощности дополнительного источника и компенсирует все электрические потери в стенде взаимной нагрузки, определяется в виде

$$P_{эм2} = \Delta M_{эм} \cdot \omega + M_{эм} \cdot \Delta \omega + \Delta M_{эм} \cdot \Delta \omega, \quad (13)$$

где $\Delta M_{эм}$ и $\Delta \omega$ – добавочные электромагнитный момент и угловая скорость, создаваемые дополнительным источником механической мощности $P_{м2}$.

Из формулы (13) имеем три варианта условия компенсации электрических потерь:

$$а) \quad \begin{cases} \Delta M_{эм} > 0; \\ \Delta \omega = 0; \end{cases} \quad (14)$$

$$б) \quad \begin{cases} \Delta M_{эм} = 0; \\ \Delta \omega > 0; \end{cases} \quad (15)$$

$$в) \quad \begin{cases} \Delta M_{эм} > 0; \\ \Delta \omega > 0. \end{cases} \quad (16)$$

Варианты «б» и «в» требуют использования источника угловой скорости, который при передаче неизменного момента будет обеспечивать добавку угловой скорости вращения вала к входному значению скорости вращения [3].

Наиболее целесообразным с точки зрения простоты технической реализации является вариант «а». Примером конструктивного решения этого варианта является схема взаимной нагрузки Гопкинсона с использованием дополнительного электродвигателя, непосредственно соединённого с валами испытуемых электромашин. Положительная разница электромагнитных моментов испытуемых генератора и двигателя в этой схеме обеспечивается за счёт соответствующей разницы токов возбуждения электромашин. При этом предусматривается их независимое возбуждение [1].

Варианты «б» и «в» требуют использование либо конвертора, либо источника угловой скорости. Конвертор (редуктор) является пассивным преобразователем механической мощности и требует использование дополнительного источника этой мощности. Источник угловой

скорости представляет собой устройство, которое при передаче неизменного момента будет обеспечивать на выходном валу добавку угловой скорости вращения к значению скорости вращения входного вала. Таким образом, это устройство само является источником механической мощности в отличие от конвертора.

Рассмотрим особенности энергетических процессов в схемах взаимного нагружения по каждому из вариантов, не вдаваясь в технические подробности их схемной реализации.

Основной электромагнитный момент генератора может быть представлен в виде [4]:

$$M_{эм} = c \Phi I, \quad (17)$$

где c – конструктивная постоянная испытуемой электромашины – генератора;

Φ – магнитный поток генератора;

I – ток якоря генератора.

Добавочный электромагнитный момент генератора будет определяться в виде суммы

$$\Delta M_{эм} = c(\Phi \cdot \Delta I + \Delta \Phi \cdot I + \Delta \Phi \cdot \Delta I), \quad (18)$$

где $\Delta \Phi$ и ΔI – добавочные значения магнитного потока и тока якоря генератора, обеспечивающие электромагнитный момент $\Delta M_{эм}$.

Таким образом, условие $\Delta M_{эм} > 0$ может быть выполнено путём сочетания соотношений $\Delta \Phi$ и ΔI по трём вариантам:

$$г) \quad \begin{cases} \Delta \Phi > 0; \\ \Delta I = 0; \end{cases} \quad (19)$$

$$д) \quad \begin{cases} \Delta \Phi = 0; \\ \Delta I > 0; \end{cases} \quad (20)$$

$$е) \quad \begin{cases} \Delta \Phi > 0; \\ \Delta I > 0. \end{cases} \quad (21)$$

Следовательно, каждое из условий (14) и (16) будет распадаться на три варианта по (19)–(21).

Для примера приведем сочетание условий «а» и «г» по системам (14) и (19) соответственно:

$$\begin{cases} \Delta \Phi > 0; \\ \Delta I = 0; \\ \Delta \omega = 0. \end{cases}$$

Потери $\Delta P_{м1}$ и $\Delta P_{м2}$ в преобразователе П1 представляют собою соответствующие суммы магнитных и механических потерь:

$$\Delta P_{\text{м1}} = \Delta P_{\text{маг1}} + \Delta P_{\text{мех1}}; \quad (22)$$

$$\Delta P_{\text{м2}} = \Delta P_{\text{маг2}} + \Delta P_{\text{мех2}}, \quad (23)$$

где $\Delta P_{\text{маг1}}$ и $\Delta P_{\text{мех1}}$ – магнитные и механические потери в генераторе соответственно, обусловленные основными составляющими электромагнитного момента $M_{\text{эм}}$ и угловой скорости ω ;

$\Delta P_{\text{маг2}}$ и $\Delta P_{\text{мех2}}$ – дополнительные магнитные и механические потери в генераторе соответственно, вызванные добавочными значениями электромагнитного момента $\Delta M_{\text{эм}}$ и угловой скорости $\Delta \omega$.

Магнитные потери при преобразовании основной составляющей мощности $P_{\text{м1}}$ в $P_{\text{эм1}}$ могут быть представлены в виде [4,5]

$$\Delta P_{\text{маг1}} = (k_{\text{в}} \omega^2 + k_{\text{г}} \omega) \Phi^2, \quad (24)$$

где $k_{\text{в}}$ и $k_{\text{г}}$ – коэффициенты пропорциональности магнитных потерь от вихревых токов и гистерезиса соответственно.

Суммарные магнитные потери $\Delta P_{\text{маг}}$ при преобразовании двух условных мощностей $P_{\text{м1}}$ и $P_{\text{м2}}$ в $P_{\text{эм1}}$ и $P_{\text{эм2}}$ в общем виде будут определяться как

$$\Delta P_{\text{маг}} = [k_{\text{в}} (\omega + \Delta \omega)^2 + k_{\text{г}} (\omega + \Delta \omega)] (\Phi + \Delta \Phi)^2. \quad (25)$$

После преобразований выражение (25) может быть представлено в виде

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{маг}} = & (K_{\text{в}} \omega^2 + K_{\text{г}} \omega) \Phi^2 + \\ & + [k_{\text{в}} (2\omega \Delta \omega + \Delta \omega^2) + k_{\text{г}} \Delta \omega] (\Phi + \Delta \Phi) + \\ & + (k_{\text{в}} \omega^2 + k_{\text{г}} \omega) (2\Phi \Delta \Phi + \Delta \Phi)^2. \end{aligned} \quad (26)$$

Тогда, учитывая, что $\Delta P_{\text{маг}} = \Delta P_{\text{маг1}} + \Delta P_{\text{маг2}}$, условно разделив сумму (26) на соответствующие составляющие $\Delta P_{\text{маг1}}$ и $\Delta P_{\text{маг2}}$, получим выражение для $\Delta P_{\text{маг2}}$ в виде

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{маг2}} = & [k_{\text{в}} (2\omega \cdot \Delta \omega + \Delta \omega^2) + k_{\text{г}} \Delta \omega] (\Phi + \Delta \Phi) + \\ & + (k_{\text{в}} \omega^2 + k_{\text{г}} \omega) (2\Phi \Delta \Phi + \Delta \Phi)^2. \end{aligned} \quad (27)$$

Механические потери при преобразовании основной составляющей $P_{\text{м1}}$ в $P_{\text{эм1}}$ могут быть представлены для электромашин с независимой вентиляцией в виде:

$$\Delta P_{\text{мех1}} = a\omega^2 + b\omega, \quad (28)$$

где a и b – постоянные коэффициенты.

Суммарные механические потери $\Delta P_{\text{мех}}$ при преобразовании двух условных составляющих мощности $P_{\text{м1}}$ и $P_{\text{м2}}$ в $P_{\text{эм1}}$ и $P_{\text{эм2}}$ в общем виде будут определяться как

$$\Delta P_{\text{мех}} = a(\omega + \Delta \omega)^2 + b(\omega + \Delta \omega). \quad (29)$$

После преобразований уравнение (29) может быть представлено в виде:

$$\Delta P_{\text{мех}} = (a\omega^2 + b) + (2a\omega \Delta \omega + \Delta \omega^2 + b\Delta \omega). \quad (30)$$

Тогда, учитывая, что $\Delta P_{\text{мех}} = \Delta P_{\text{мех1}} + \Delta P_{\text{мех2}}$, условно разделив сумму (30) на составляющие $\Delta P_{\text{мех1}}$ и $\Delta P_{\text{мех2}}$, получим:

$$\Delta P_{\text{мех2}} = 2a\omega \Delta \omega + \Delta \omega^2 + b\Delta \omega. \quad (31)$$

Суммарные электрические потери в условном преобразователе П2 могут быть представлены в виде:

$$\Delta P_{\text{э}} = (I + \Delta I)^2 R, \quad (32)$$

где R – сопротивление электрической цепи генератора.

Учитывая, что $\Delta P_{\text{э}} = \Delta P_{\text{э1}} + \Delta P_{\text{э2}}$, условно разделив сумму на соответствующие составляющие, получим:

$$\Delta P_{\text{э1}} = I^2 R; \quad (33)$$

$$\Delta P_{\text{э2}} = (2I \Delta I + \Delta I^2) R. \quad (34)$$

Полученные в анализе формулы (27), (31), (34) являются универсальными для всех сочетаний условий (14)–(16) с условиями (19)–(21).

Для случая сочетания условий (14) и (19) (схема Гопкинсона) будут справедливы частные выражения:

$$\Delta P_{\text{маг2}} = (k_{\text{в}} \omega^2 + k_{\text{г}} \omega) (2\Phi \Delta \Phi + \Delta \Phi^2); \quad (35)$$

$$\Delta \Phi = \frac{\sum \Delta P_{\text{э}}}{c \cdot \omega \cdot I}; \quad (36)$$

$$\Delta P_{\text{мех2}} = 0; \quad (37)$$

$$\Delta P_{\text{э2}} = 0; \quad (38)$$

$$\Delta P_{\text{м2}} = \Delta P_{\text{маг2}}; \quad (39)$$

$$k_{12} = \frac{\sum \Delta P_{\text{э}}}{\sum \Delta P_{\text{э}} + \Delta P_{\text{м2}}}; \quad (40)$$

$$k_{22}=1; \quad (41)$$

$$k_{\text{пр}}=k_{12}. \quad (42)$$

Для варианта «б» (применение конвертора механической мощности) будут иметь место другие частные выражения:

$$\Delta P_{\text{маг}2} = [K_{\text{в}}(2\omega\Delta\omega + \Delta\omega^2) + K_{\text{г}}\Delta\omega] \cdot \Phi; \quad (43)$$

$$\Delta\omega = \frac{\sum \Delta P_{\text{э}}}{c \cdot \Phi \cdot I}; \quad (44)$$

$$\Delta P_{\text{мех}2} = (2a\omega + \Delta\omega + b)\Delta\omega; \quad (45)$$

$$\Delta P_{\text{э}2} = 0; \quad (46)$$

$$\Delta P_{\text{м}2} = \Delta P_{\text{маг}2} + \Delta P_{\text{мех}2}; \quad (47)$$

$$k_{12} = \frac{\sum \Delta P_{\text{э}}}{\sum \Delta P_{\text{э}} + \Delta P_{\text{м}2}}; \quad (48)$$

$$k_{22}=1; \quad (49)$$

$$k_{\text{пр}}=k_{12}. \quad (50)$$

Для сочетания условий «а» и «д» (использование конвертора напряжения или тока) частные выражения будут иметь вид:

$$\Delta P_{\text{маг}2} = 0; \quad (51)$$

$$\Delta P_{\text{мех}2} = 0; \quad (52)$$

$$\Delta P_{\text{э}2} = (2I\Delta I + \Delta I^2)R; \quad (53)$$

$$\Delta I = \frac{\sum \Delta P_{\text{э}}}{c \cdot \Phi \cdot \omega}; \quad (54)$$

$$\Delta P_{\text{м}2} = 0; \quad (55)$$

$$k_{12}=1; \quad (56)$$

$$k_{22} = \frac{\sum \Delta P_{\text{э}} - \Delta P_{\text{э}2}}{\sum \Delta P_{\text{э}}}; \quad (57)$$

$$k_{\text{пр}}=k_{22}. \quad (58)$$

Предварительный анализ выражений (35) – (58) показывает, что выбор рационального варианта компенсации электрических потерь в схеме взаимной нагрузки будет определяться

для заданной типовой мощности испытуемых электромашин номинальными значениями тока якоря и частоты вращения, а также относительными значениями каждого из видов потерь (электрических, магнитных, механических). Критерием рациональности для любого из вариантов будет минимум коэффициента энергетической эффективности преобразования механической мощности дополнительного источника в добавочную электрическую мощность на выходе испытуемого генератора.

$$k_{\text{пр}} \rightarrow \min. \quad (59)$$

Полученные в результате проведенного анализа выражения (35) – (58) являются универсальными и будут справедливы для любой конфигурации принципиальной схемы стенда взаимной нагрузки с использованием механического способа компенсации электрических потерь в испытуемых электромашинах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жерве, Г. К. Промышленные испытания электрических машин [Текст] / Г. К. Жерве. – Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 408 с.
2. Афанасов, А. М. Энергетические принципы обеспечения взаимной нагрузки электрических машин постоянного тока [Текст] / А. М. Афанасов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 26. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 34-38.
3. Афанасов, А. М. Электромеханические принципы обеспечения взаимной нагрузки электрических машин постоянного тока [Текст] / А. М. Афанасов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 27. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 42-46.
4. Проектирование тяговых электрических машин [Текст] / под ред. М. Д. Находкина. – М.: Транспорт, 1976. – 624 с.
5. Афанасов, А. М. Универсальные характеристики магнитных потерь в тяговых электрических машинах [Текст] / А. М. Афанасов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 31. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 58-62.

Поступила в редколлегию 14.05.2010.

Принята к печати 26.05.2010.

Н. Г. ВИСИН, Б. Т. ВЛАСЕНКО, Д. Г. БИЛЫЙ (ДИИТ)

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ СТУПЕНЧАТОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО ПУСКА И РЕОСТАТНОГО ТОРМОЖЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОПОЕЗДАХ ЭР9Т И ЕПЛ9Т

Розглянуто перехідні процеси в силовому колі тягових двигунів і їх вплив на роботу ступеневого автоматичного пуску електропоїздів ЕР9Т і ЕПЛ9Т. Даються рекомендації щодо підвищення надійності роботи моторвагонного рухомого складу.

Ключові слова: електропоїзд, моторвагонний рухомий склад, силове коло тягових двигунів, система ступеневого автоматичного пуску та реостатного гальмування

Рассмотрены переходные процессы в силовой цепи тяговых двигателей и их влияние на работу ступенчатого автоматического пуска электропоездов ЭР9Т и ЕПЛ9Т. Даются рекомендации по повышению надежности моторвагонного подвижного состава.

Ключевые слова: электропоезд, моторвагонный подвижной состав, система ступенчатого автоматического пуска и реостатного торможения

The article examines transitional processes in the power circuit of tractive motors and their influence on the work of stepped automatic starting of electric trains ER9T and EPL9T. The recommendations for increasing the reliability of operation of multiple-unit rolling stock are proposed.

Keywords: electric train, multiple-unit rolling stock, system of stepped automatic starting and rheostat braking

На железных дорогах Украины длительное время эксплуатируются электропоезда переменного тока ЭР9Т. В последнее время холдинговая компания «Лугансктепловоз» выпускает электропоезда переменного тока ЕПЛ9Т для железных дорог Украины. На этих электропоездах применено ступенчатое автоматическое регулирование напряжения на тяговых двигателях от вторичной обмотки трансформатора с помощью вентильных пробок.

Переход с одной позиции на другую осуществляется силовым контроллером 1КС-006 приводом Л. Н. Решетова под контролем блока регулятора ускорения – БРУ.

Однако в эксплуатации этих электропоездов, как на электропоездах ЭР2Т и ЕПЛ2Т, имеет место нефиксация («проскоки») позиций вала силового контроллера и, как следствие, приводит к срабатыванию защиты тяговых двигателей, буксованию колесных пар моторных вагонов и возникновению продольных динамических ударов в автосцепках электропоезда ЭР9Т.

Для выявления причин и устранения вышеуказанных недостатков произведено в работе исследование переходных процессов.

1. Расчет переходных процессов в БРУ при переходе силового контроллера 1КС006(КСП) на очередные позиции

Для включения тиристора $VS1$ или $VS2$ (рис. 1) в зависимости от позиций перехода силового контроллера КСП на следующую, конденсатор $C1$ всегда заряжен на суммарное напряжение от величины датчика тока тяговых двигателей и блока пониженных уставок. При достижении тока в цепи тяговых двигателей тока уставки блока реле ускорения БРУ, это напряжение равно $U_{C16} = 16$ В и называется напряжением переключения. При этом поступает импульс напряжения на общий вход тиристорного триггера БРУ и включается тиристор, например $VS1$. Создается цепь обратной связи $[+24В - C1 - R1 - V1 - C2...C5 - VS1 - (-)]$. С этого момента времени начинается переходной процесс в данной цепи и для исследования представляет особый интерес характера изменения напряжения $U_{C1}(t)$ при токе уставки $I_{py} = 350$ А. Расчетная схема переходного процесса приведена на рис. 2.

Запишем баланс токов по первому закону Кирхгофа:

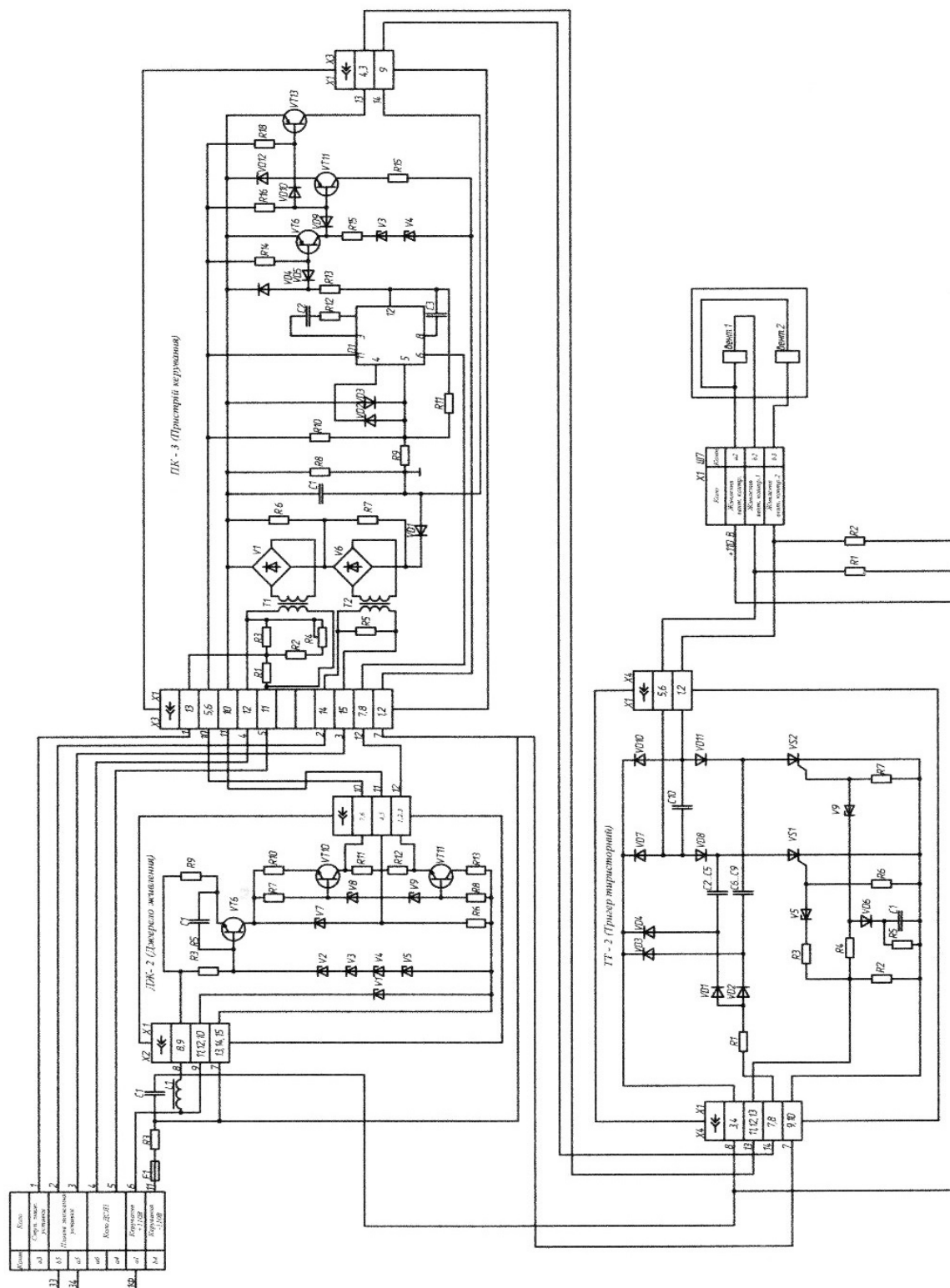


Рис. 1. Схема реле ускорения

$$i_{C2-5}(t) = i_{C1}(t) + i_{R8}(t); \quad (1.1)$$

$$i_{C1}(t) = C_1 \frac{dU_{C1}}{dt}; \quad (1.2)$$

$$i_{C2-5}(t) = C_{C2-5} \frac{dU_{C2-5}}{dt}; \quad (1.3)$$

$$i_{R8}(t) = \frac{U_{C1}(t)}{R8}. \quad (1.4)$$

Подставляя значения токов в уравнение (1.1), получим

$$\frac{U_{C1}}{R8} + C_1 \frac{dU_{C1}}{dt} = C_{C2-5} \frac{dU_{C2-5}}{dt}; \quad (1.5)$$

$$U_{C2-5}(t) = 24 - U_{C1}(t); \quad (1.6)$$

$$\frac{dU_{C2-5}}{dt} = - \frac{dU_{C1}}{dt}. \quad (1.7)$$

Подставляя значение $\frac{dU_{C2-5}}{dt}$, получим

$$\frac{U_{C1}}{R8} + C_1 \frac{dU_{C1}}{dt} = -C_{C2-5} \frac{dU_{C1}}{dt}. \quad (1.8)$$

Или подставляя данные

$$\frac{U_{C1}}{R8} + 10^{-6} \frac{dU_{C1}}{dt} = -4 \cdot 10^{-6} \frac{dU_{C1}}{dt}; \quad (1.9)$$

$$\frac{U_{C1}}{R8} + 5 \cdot 10^{-6} \frac{dU_{C1}}{dt} = 0; \quad (1.10)$$

$$\frac{dU_{C1}}{dt} + P \cdot U_{C1} = 0, \quad (1.11)$$

где

$$P = \frac{1}{5 \cdot R8 \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{5 \cdot 620 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6}} = 0,32 \frac{1}{c} \quad (1.12)$$

при $R8 = 620 \text{ кОм}$ в существующем БРУ.

Решение уравнения (1.11)

$$\begin{aligned} \ln U_{C1}(t) &= \ln U_{C1}(t) - \ln U_{C1}(0) = \\ &= \ln \frac{U_{C1}(t)}{U_{C1}(0)} = -P \cdot t; \end{aligned} \quad (1.13)$$

$$U_{C1}(t) = U_{C1}(0) e^{-Pt} = U_{C1}(0) e^{-0,32t} = 19,2. \quad (1.14)$$

Переходной процесс разряда конденсатора $C1$ будет происходить по зависимости

$$U_{C1}(t) = 19,2 \cdot e^{-0,32t}; \quad (1.15)$$

Необходимо определить время разряда $C1$ с напряжения 19,2 В, до напряжения переключения 16 В, т.е. найти соотношение

$$16 = 19,2 \cdot e^{-0,32t} \quad \text{при } t = 0,5 \text{ с.}$$

Т.к. величина напряжения переключения силового контроллера не зависит от тока уставки БРУ и всегда равно 16 В, то время разряда конденсатора $C1$ зависит от величины напряжения источника питания $U_{инп}$ и согласно допускам завода-изготовителя он может изменяться в пределах $\pm 10 \%$. При уменьшении напряжения на 5 % будем иметь следующие соотношения:

$$0,95 \cdot 19,2 e^{-0,32t} = 16 \quad \text{при } t = 0,4 \text{ с,}$$

что недопустимо, т.к. может вызвать проскакивание позиций КСП.

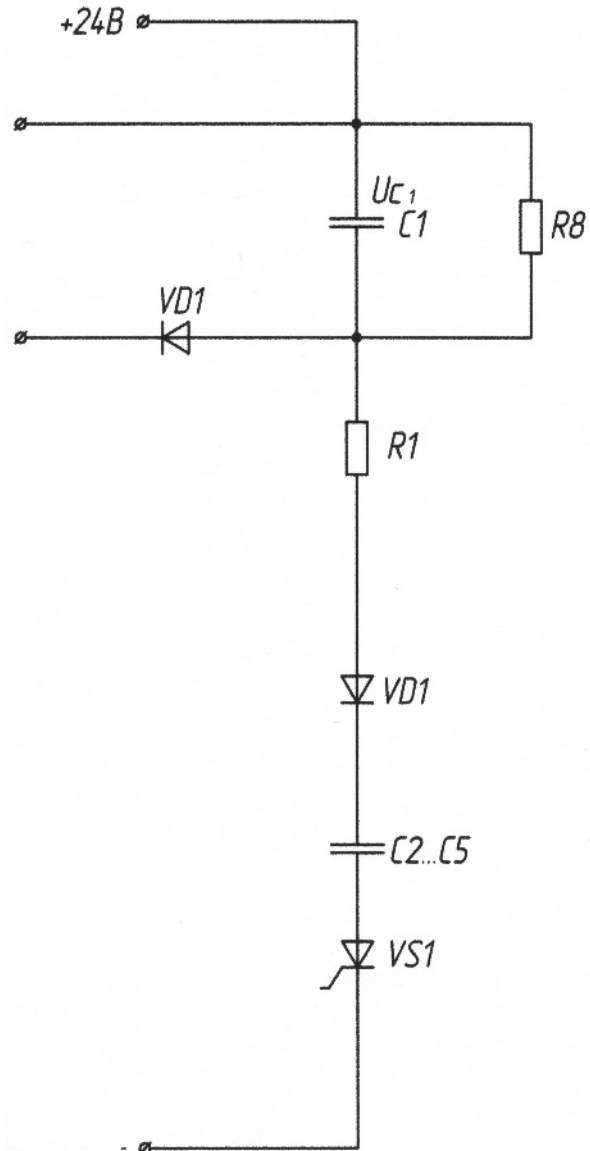


Рис. 2. Переходные процессы в БРУ

Поэтому необходимо изменить сопротивление резистора $R8$ с 620 кОм до 800 кОм, тогда

$$P = \frac{1}{5 \cdot R8 \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{5 \cdot 800 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6}} = 0,25 \frac{1}{с}.$$

Переходной процесс разряда конденсатора $C1$ будет происходить по зависимости

$$u_c(t) = 0,95 \cdot 19,2 \cdot e^{-0,25t} = 16 \text{ при } t = 0,5 \text{ с.}$$

При уменьшении напряжения источника на 10 %, т.е. $U_{ип} = 0,9 \cdot 24 = 21,6$ В, будет иметь место соотношение

$$e^{-0,25t} = \frac{16}{0,9 \cdot 19,2} = 0,92 \text{ при } t = 0,3 \text{ с,}$$

что нежелательно, т.к. может произойти «проскок» позиций КСП.

Поэтому необходимо установить допуск на изменение напряжения источника питания конденсатора $C1 \pm 5$ %.

При $U_{ип} = 24$ В, $t_{разр} = 0,7$ с.

При $U_{ип} = 0,95 \cdot 24 \text{ В} = 22 \text{ В}$, $t_{разр} = 0,5$ с, что вытекает из уравнения

$$u_c(t) = 0,95 \cdot 19,2 \cdot e^{-0,25t} = 16.$$

Из расчета следует, что время разряда конденсатора $C1$ с напряжения 20 В до напряжения 16 В происходит за $t > 0,45$ с при $R8=800$ кОм, т.е. равно времени полного поворота КСП на очередную позицию.

При таком соотношении времени всегда будет обеспечена надежная фиксация всех позиций КСП под контролем БРУ и, следовательно, надежная работа системы ступенчатого автоматического пуска на электропоездах переменного тока, если ток в силовой цепи тяговых двигателей возрастет больше тока уставки БРУ.

Следует заметить, что к моменту действия обратной связи конденсаторы C_{2-5} должны быть разряжены.

Определим время разряда конденсатора $C10$ при подаче импульса напряжения на общий вход, когда $VS1$ был открыт, и $VS2$ начнет открываться.

Конденсатор $C10$ был заряжен до напряжения $U_{C10(0)} = 110$ В, а его разряд произойдет по зависимости

$$U_{C10}(t) = U_{C10(0)} \cdot e^{-\frac{t}{T}} = 110 \cdot e^{-\frac{t}{T}} = 0,$$

T – постоянная времени разряда конденсатора $C10$;

$$T = R1 \cdot C10 = 33 \cdot 10^{-6} = 0,033 \cdot 10^{-3} \text{ с,}$$

где $C10 = 1$ мкФ, $R1 = 33$ Ом.

Время разряда произойдет за время

$$t_{разр} = 5T = 5 \cdot 0,033 \cdot 10^{-3} = 0,16 \cdot 10^{-3} = 160 \text{ мкс,}$$

т.е. больше 100 мкс, и поэтому тиристор $VS1$ будет надежно закрыт и двойное питание катушек $RK1$ и $RK2$ электропневматического привода Решетова будет исключено.

Определим время задержки на включение тиристора $VS2$ по сравнению с включением тиристора $VS1$ при подаче импульса напряжения на общий вход тиристорного триггера ТТ $C1 = 22$ мкФ, $R4 = 100$ Ом, $U = 27$ В. Заряд конденсатора $C1$ происходит по зависимости:

$$U_{C1} = U_0 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{T}}), \quad (1.16)$$

где $T = R4 \cdot C1 = 100 \cdot 22 \cdot 10^{-6} = 0,002$ с.

$$U_{C1} = 27 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{0,002}}\right) = 27 \cdot (1 - e^{-500t}). \quad (1.17)$$

Заряд конденсатора U_{C1} должен произойти до момента включения $VS2$ при $U_{C1} = 13,5$ В.

$$\text{Тогда } U_{C1} = 27 \cdot (1 - e^{-500t}) = 13,5 \text{ В.}$$

Отсюда $t = 0,0014$ с = 1400 мкс = 1,4 мс.

Поэтому конденсатор $C1$ в плате ИП блока БРУ должен зарядиться при включении тиристора $VS1$ за время меньше 1 мс, что допускается.

2. Принятые допущения и расчет переходных процессов в однофазной схеме выпрямления электропоезда переменного тока ЭР9Т

Регулирование напряжения на электропоездах переменного тока осуществляется на вторичной стороне трансформатора, при этом используется несимметричное изменение выпрямленного напряжения по полупериодах с применением вентильного перехода (рис. 3) [2].

Рассмотрение такой схемы ставит очень сложную аналитическую задачу, решение которой связано с большим объемом расчетной работы. Для уменьшения расчетов принимаем ряд допущений, которые в связи с коротким периодом работы схем, рассматриваемых на позициях регулирования, мало влияют на определенные тяговые и энергетические характеристики подвижного состава, но значительно упрощают расчеты переходных процессов.

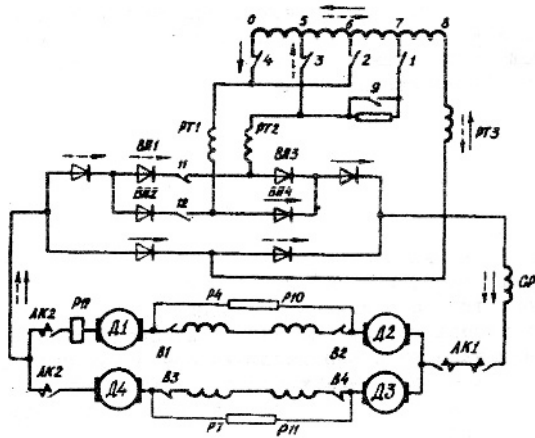


Рис. 3. Несимметричное изменение выпрямленного напряжения по полупериодам с применением вентильного перехода

Принимаем такие допущения:

1.1. Ток намагничивания трансформатора равен нулю.

1.2. В секциях вторичной обмотки тягового трансформатора индуцируются синусоидальные ЭДС.

1.3. Обратный ток полупроводниковых элементов равен нулю и прямое падение напряжения не зависит от величины выпрямленного тока.

1.4. Прямое падение напряжения для всех выпрямляющих элементов одинаковое.

1.5. Во время протекания электромагнитных переходных процессов скорость подвижного состава является постоянной величиной.

1.6. Сглаживающий реактор имеет достаточную индуктивность для обеспечения непрерывного выпрямленного тока в цепи нагрузок.

1.7. Кривые намагничивания тяговых двигателей и сглаживающего реактора, в рассматриваемых пределах пульсации и изменений мгновенных значений выпрямленного тока, в общем случае могут быть линеаризованы.

Расчетная схема однофазного выпрямления при регулировании скорости путем последовательного соединения вторичной обмотки трансформатора изображена на рис. 4.

Согласно принятым предположениям цепь выпрямленного тока в расчетной схеме можно представить составлением из следующих элементов:

1.8. ПротивоЭДС постоянной величины.

1.9. Эквивалентного сопротивления, составленного из активного сопротивления цепи выпрямленного тока и составляющей, учитывающей зависимость против ЭДС тяговых двигателей от выпрямленного тока.

1.10. Эквивалентного сопротивления, составленного из индуктивного сопротивления тяговых двигателей и сглаживающего реактора.

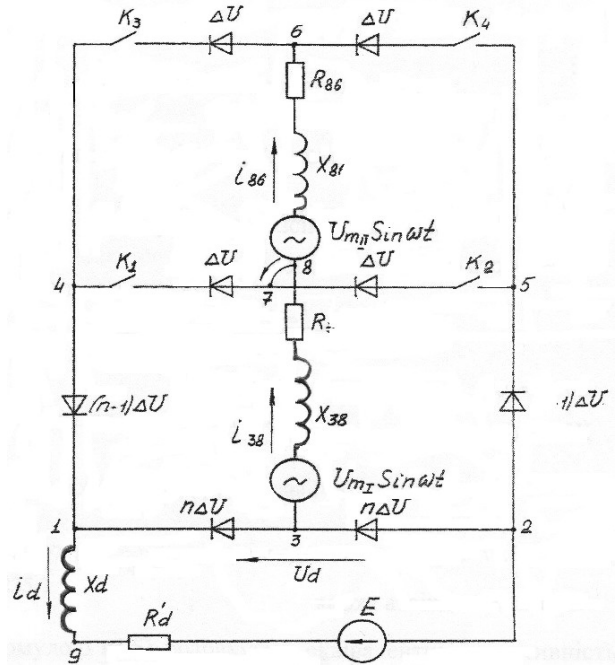


Рис. 4. Схема однофазного выпрямления при регулировании скорости путем последовательного соединения вторичной обмотки трансформатора

Каждую секцию вторичной обмотки трансформатора при упомянутых допущениях в расчетной схеме можно представить как сложенную из следующего:

- эквивалентного источника синусоидальной ЭДС;
- активного сопротивления данной секции;
- эквивалентного индуктивного сопротивления, обусловленного собственными взаимными потоками рассеяния обмоток трансформатора.

Согласно работе [3], уравнение выпрямленного тока равно

$$i_{\alpha\alpha} = \frac{U_m}{z} \sin(\omega t - \varphi) - \frac{E'}{R} + \left[2I_\alpha - \frac{U_m}{z} \sin(\omega t - \varphi) + \frac{E'}{R} \right] \cdot e^{-\frac{R(\omega t - \alpha)}{X}}. \quad (2.1)$$

В режиме коммутации K1 выпрямленный ток равен

$$i_\alpha = \left[2I_\alpha + \frac{E'}{R} \right] \cdot e^{-\frac{R_\alpha(\omega t - \pi)}{X_\alpha}} - \frac{E'}{R_\alpha}.$$

В режиме выпрямления, B1

$$i_\alpha = \frac{U_m}{Z} \sin(\omega t - \varphi) - \frac{E'}{R} + \left[2I_\alpha - \frac{U_m}{z} \sin(\alpha - \varphi) + \frac{E'}{R} \right] \cdot e^{-\frac{R(\omega t - \alpha)}{X}}, \quad (2.2)$$

где U_m – амплитуда синусоидального напряжения, В;

Z – полное сопротивление цепи, Ом;

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}; \quad (2.3)$$

$$R = R_\alpha + cVK; \quad (2.4)$$

$R_\alpha = R_{тр} + R_{тд} + R_{ср} + R_{тор}$ – суммарное активное сопротивление цепи;

$R_{тр}$ – активное сопротивление регулируемой секции вторичной обмотки трансформатора;

$R_{тд} = 0,27$ Ом – активное сопротивление тягового двигателя;

$R_{ср} = 0,0347$ Ом – активное сопротивление сглаживающего реактора;

$R_{тор} = 0,0038$ Ом – активное сопротивление токоограничивающего реактора;

V – скорость движения, км/ч;

X – суммарное индуктивное сопротивление цепи;

$$X = X_{тор} + X_{тд} - X_{ср} + (X_{тр} + X'_{кс}), \quad (2.5)$$

$X'_{кс}$ – индуктивное сопротивление контактной сети;

Остальные обозначения при X аналогичны обозначениям при R .

$$E' = c\Phi_0 V + 2n \cdot \Delta U, \quad (2.6)$$

E' – постоянная составляющая противо-ЭДС тягового двигателя;

n – число последовательно включенных вентилях в плече;

ΔU – прямое падение напряжения на вентиле;

α – угол до начала переходного режима;

$I_2 = I_d$ – ток цепи в момент включения очередной секции трансформатора [1].

Основная задача при анализе переходных процессов в данной схеме является определения средних значений тока в цепи выпрямленного тока за время совместного действия напряжения конденсатора $u_{C1}(t)$ и напряжения от датчика тока при переходе силового контроллера на очередные позиции. При этом переход может происходить как при симметричной схеме выпрямления напряжения, так и при несимметричной схеме выпрямления напряжения рис. 5. Время это пропорционально π или $1,5\pi$, т.е. 0,01 или 0,015 с. Переходные процессы нарастания тока рассмотрены на всех 16 позициях и установлено, что за указанное время переходного процесса ток в силовой цепи тяговых двигателей на позициях 5, 6, 7, 9, 11, 13 не достигнет величины уставки блока реле ускорения и поэтому главный контроллер 1КС-006 безостановочно «проскакивает» эти позиции, что приводит к буксованию колесных пар, срабатыванию защитных реле перегрузок, а иногда и к круговым огням на коллекторах тяговых двигателей.

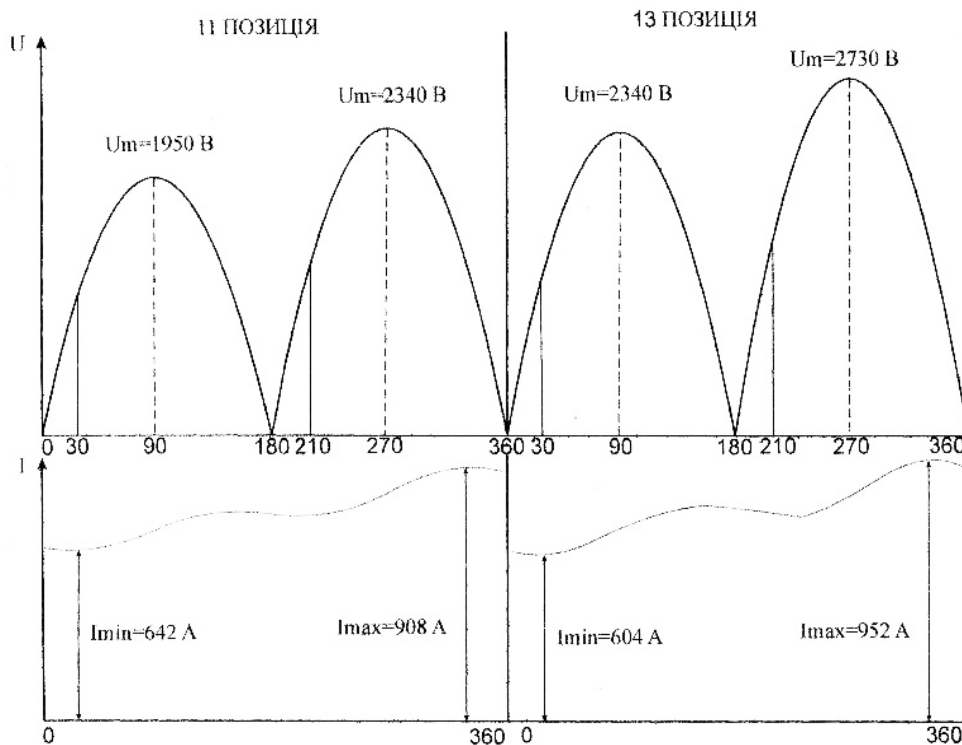


Рис. 5. Несимметричная схема выпрямления напряжения

Выводы

В устройстве узла управления БРУ предлагается изменить величину сопротивления $R8$ с 620 кОм на 800 кОм, а время свободного вращения силового контроллера 1КС-006 регулировать на 10 с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Висин, Н. Г. Повышение надежности работы системы ступенчатого автоматического пуска на электропоездах ЭР2Р, ЭР2Т и ЭПЛ2Т [Текст] / Н. Г. Висин, Б. Т. Власенко, А. А. Соколов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2005. – Вип. 9. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2005. – С. 41-46.
2. Цукало, П. В. Эксплуатация электропоездов [Текст] : справ. / П. В. Цукало, Б. К. Просвирин. – М.: Транспорт, 1994. – 383 с.
3. Бирзниекс, Л. В. Переходные и установившиеся электромагнитные процессы при ступенчатом регулировании выпрямленного напряжения в режимах пуска электроподвижного состава с полупроводниковыми выпрямителями [Текст] / Л. В. Бирзниекс // В сб. «Полупроводники и их применение в электротехнике». – Рига: Изд-во АН Латвийской ССР, 1962.

Поступила в редколлегию 09.06.2010.

Принята к печати 17.06.2010.

ВТРАТИ У МАГНІТОПРОВОДІ ТРИФАЗНОГО ТЯГОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ПІДВИЩЕНОЇ ЧАСТОТИ

У статті представлені результати визначення рівня втрат потужності у магнітопроводі трифазного тягового трансформатора підвищеної частоти.

Ключові слова: втрати потужності у магнітопроводі, трифазний тяговий трансформатор підвищеної частоти

В статье представлены результаты определения уровня потерь мощности в магнитопроводе трехфазного тягового трансформатора повышенной частоты.

Ключевые слова: потери мощности в магнитопроводе, трехфазный тяговый трансформатор повышенной частоты

The results of determination of power loss level in magnetic conductor of high frequency three-phase traction transformer are presented in the article.

Keywords: power losses in magnetic circuit, three-phase traction transformer of increased frequency

Вступ

Бурхливий розвиток напівпровідникової перетворювальної техніки дозволив створити високоефективні перетворювальні пристрої – випрямлячі, інвертори, конвертори. Важливою складовою цих пристроїв є електромагнітні елементи – трансформатори, дроселі й індуктивні елементи. Так, за допомогою трансформаторів здійснюється узгодження вхідної й вихідної напруг перетворювачів, реактори й дроселі служать для фільтрації вищих гармонік, обмеження напруг на елементах перетворювачів і формування струму комутації.

Попередні дослідження автора по використанню перетворювальних структур з підвищеною робочою частотою в тяговому приводі багатосистемних електровозів [1, 2, 3] показали доцільність використання потужних трифазних тягових трансформаторів підвищеної частоти.

Підвищення частоти вимагає використання відповідних магнітних матеріалів для виготовлення магнітопроводу таких трансформаторів, оскільки, як відомо, з підвищенням частоти втрати потужності у магнітопроводі значно збільшуються.

Мета роботи. Провести дослідження по визначенню рівня втрат потужності у магнітопроводі трифазного тягового трансформатора підвищеної частоти в заданому діапазоні потужностей та надати рекомендації по вибору магнітного матеріалу для виготовлення магнітопроводу цього трансформатора.

Матеріал і результати дослідження

До складу сучасних багатосистемних та електровозів змінного струму входять однофазні тягові трансформатори, які характеризуються деякими особливостями у порівнянні з трансформаторами загальнопромислового виконання [4], а саме: індукція в магнітопроводі (сталь 3404-3405 лист 0,35 мм) не перевищує 1,5...1,55 Тл, що виключає можливість виникнення великих індукцій при підвищенні напруги у контактній мережі (діапазон змін напруги –10 % ... +30 %); система охолодження з примусовим масляним охолодженням. Крім того, тягові трансформатори характеризуються мінімальним значенням втрат у сталі, що обумовлено частою роботою трансформатора з навантаженням менше номінального.

Втрати у холоднокатаній сталі при підвищеній частоті приблизно визначаються як:

$$\Delta p_{\text{ст}} \sim B^2 \left(\frac{f}{50} \right)^{1,5} \quad (1)$$

при базовій індукції 1,0 Тл та базовій частоті 50 Гц [5].

Таким чином, збільшення частоти з 50 Гц до 1000 Гц призведе до приблизного збільшення втрат холостого ходу (при однаковій індукції) в $\left(\frac{1000}{50} \right)^{1,5} = 20^{1,5} = 89,4$ рази.

Таке збільшення неприпустиме.

Вирішити проблему підвищення робочих частот тягового трансформатора при збережен-

ні або зменшення втрат неробочого ходу пропонується за рахунок використання сучасних магнітних матеріалів.

Основним показником, який визначає доцільність використання магнітного матеріалу для побудови електромагнітного пристрою, є втрати у магнітопроводі, які складаються із втрат на гістерезис, вихрові струми та втрат внаслідок магнітної в'язкості (або магнітної післядії).

В праці [6] автори, на підставі обробки значної кількості статистичних даних щодо втрат у магнітних матеріалах, отриманих для різних магнітних матеріалів, стверджують, що більш раціональним є метод визначення повних втрат (без поділення на складові) на підставі експериментальних даних, отриманих при синусоїдальному впливі.

Для визначення питомих втрат у сталюму магнітопроводі тягового трансформатора підвищеної частоти використаємо наступне співвідношення [6]:

$$p' = \left(\frac{f}{f^*} \right)^\alpha \left(\frac{B_m}{B_m^*} \right)^\beta, \quad (2)$$

де f – частота, Гц;

B_m – індукція, Тл;

$f^* = 1000$ Гц, $B_m^* = 1$ Тл – базові значення частоти та індукції.

Як бачимо, в (2) у порівнянні з (1) в якості базової частоти прийнято 1000 Гц.

Позначивши

$$p_{01} = p_0 (f^*)^{-\alpha} (B_m^*)^{-\beta}, \quad (3)$$

отримаємо:

$$p' = p_{01} f^\alpha B_m^\beta, \quad (4)$$

де p_0 , α , β – коефіцієнти, отримані після опрацювання експериментальних залежностей $p'(f, B_m)$.

Враховуючи, що втрати у сталюх магнітопроводах при підвищених частотах визначаються втратами на вихрові струми, питому потужність втрат також можна визначити за наступним виразом:

$$p' = A f^{2/3} B_m^2, \quad (4)$$

де A – коефіцієнт, що показує втрати в одиниці об'єму при частоті 1 Гц та індукції 1 Тл.

В табл. 1 представлено коефіцієнти A , p_0 , α , β для сталей 3422, 3423, 3424, 3425, 3441 [6].

На рис. 1 представлено залежність $p'(f, B_m)$ для різних марок сталей при частоті 1000 Гц.

Таблиця 1

Коефіцієнти A , p_0 , α , β для сталей 3422, 3423, 3424, 3425, 3441

Марка	Товщина стрічки, мм	$p_0 \cdot 10^{-4}$, Вт/см ³	α	β	A , А·см/В·с ^{1/2}
3422	0,08	21,0	1,3	1,6	663
3423	0,08	19,0	1,3	1,8	600
3424	0,08	16,6	1,2	1,6	525
3425	0,08	16,5	1,5	1,8	522
3425	0,05	15,4	1,4	1,6	486
3441	0,03	14,4	1,4	1,6	455
3441	0,01	20,4	1,4	1,6	643

Як відомо, шляхом ефективного зменшення маси та габаритів електромагнітних пристроїв є збільшення робочої частоти. Об'єм (см³) магнітопроводу однофазного трансформатора залежить від частоти у відповідності до виразу [6]:

$$V_m \approx 1,5 \sqrt{\frac{A k_{\text{дод}}}{k_m}} \cdot \frac{P}{f^{1/4} \Delta T}, \quad (5)$$

де P – потужність трансформатора, Вт;

f – робоча частота трансформатора, Гц;

ΔT – температура перегріву магнітопроводу трансформатора, °С;

A – коефіцієнт, який враховує властивості магнітного матеріалу, $\frac{\text{А} \cdot \text{см}}{\text{В} \cdot \text{с}^{1/2}}$ (табл. 1);

$k_{\text{дод}}$ – коефіцієнт, які враховують додаткові втрати у обмотках трансформатора;

k_m – коефіцієнт заповнення вікна трансформатора міддю.

Для потужних трансформаторів з мідними обмотками додаткові втрати не перевищують 10 % [12]. Коефіцієнт заповнення вікна однофазного трансформатора міддю приймаємо рівним 0,3 [7].

Як відомо, температура перегріву магнітопроводу трансформатора визначається системою охолодження трансформатора. У відповідності до ГОСТ 11677-85 в масляних трансформаторах (які звичайно використовуються на електровах) температура перевищення поверхні магнітопроводу зверх температури охолоджуючого середовища дорівнює 75 °С [7].

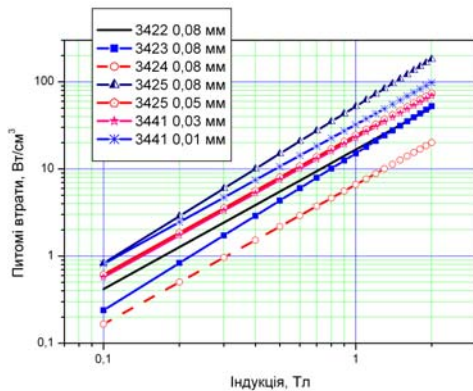


Рис. 1. Залежність $p'(f, B_m)$ для різних марок сталей при частоті 1000 Гц

Використовуючи співвідношення (5), визначимо характер залежності об'єму магнітопроводу від потужності в діапазоні від 500 кВт до 5000 кВт для різних значень частоти. Результати представимо на рис. 2.

Значення індукції B_m , за якої повні втрати є мінімальними, визначається з виразу:

$$\frac{\partial}{\partial B_m} (P_{\text{об}} + P_m) = 0, \quad (6)$$

де $P_{\text{об}}$ – втрати в обмотці трансформатора, Вт;

P_m – втрати у магнітопроводі трансформатора, Вт.

Виходячи з виразу (6), оптимальне (з точки зору мінімуму втрат) значення індукції B_m можна визначати як [6]:

$$B_m = 0,156 \cdot \frac{\sqrt{P}}{\sqrt[4]{A} \cdot f^{7/8} \cdot V_m^{2/3}}. \quad (7)$$

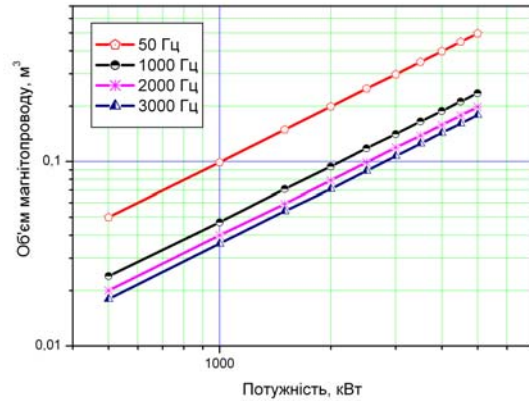


Рис. 2. Залежність об'єму магнітопроводу від потужності для різних значень частоти

Використовуючи співвідношення (7), визначимо залежність оптимального значення магнітної індукції від потужності, в діапазоні від 500 до 5000 кВт для різних значень частоти. Результати представимо на рис. 3.

Як бачимо з рис. 3, реалізувати на частоті 50 Гц трансформатори потужністю від 500 кВт, для визначених вище значень об'єму, при сучасних матеріалах неможливо, оскільки це потребує реалізації індукції рівнем від 11 Тл.

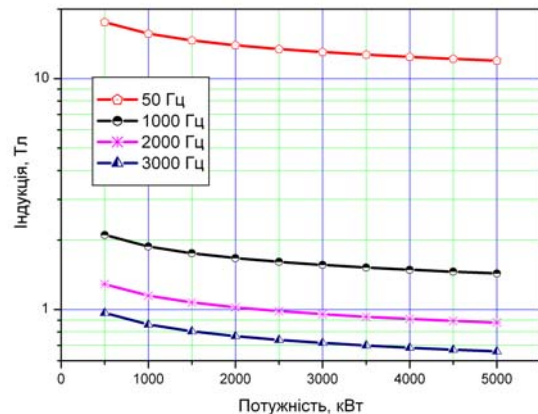


Рис. 3. Залежність оптимального значення магнітної індукції від потужності для різних значень частоти

Більш раціональним є підвищення робочих частот, що підтверджується меншим значенням індукції в магнітопроводі для частоти 3000 Гц, у порівнянні з іншими частотами (рис. 3).

Але збільшення робочої частоти електротехнічних пристроїв обмежується цілим рядом фізичних факторів, а саме:

- зменшенням коефіцієнту перетворення трансформатора за рахунок падіння напруги на індуктивності розсіювання;

- обмеженням можливості по розміщенню обмоток у вікні магнітопроводу, в залежності від способу виконання обмотки.

Враховуючі ці та інші фактори, існує раціональна межа збільшення частоти, яка забезпечує мінімальні габаритні показники та максимальний ККД пристрою. Максимальна частота, яка відповідає верхній межі збільшення частоти, має назву «критична» [6].

Для визначення критичної частоти скористуємося виразом:

$$f_{кр} = \frac{3,98 \cdot 10^6}{A} \sqrt{\frac{\Delta T}{P}}, \text{ Гц.} \quad (8)$$

Використовуючи вираз (8), визначимо залежність критичної частоти для сталей різних марок від потужності в діапазоні від 500 до 5000 кВт для перегріву магнітопроводу 75 °С.

Результати представлено на рис. 4.

Як бачимо з рис. 4, трансформатор виготовлений зі сталей різних марок із товщиною стрічки від 0,01 до 0,08 мм, дозволяє реалізовувати відносно високі робочі частоти перетворювача при забезпеченні мінімальних габаритних показників та максимального ККД.

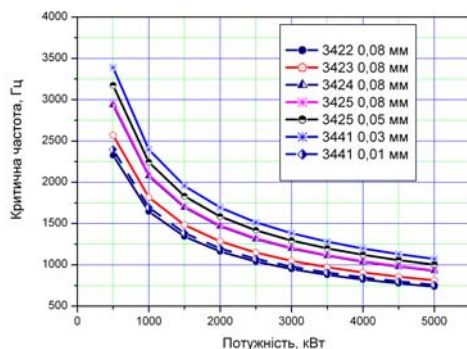


Рис. 4. Залежність критичної частоти для сталей різних марок від потужності

Представлені вище співвідношення та залежності дозволяють визначитися з одним із головних питань, пов'язаних з використанням трансформаторів, а саме – яке значення мають втрати в магнітопроводі, в залежності від частоти та потужності трансформатора, для різних магнітних матеріалів. Втрати у магнітопроводі визначаються як добуток питомих втрат у магнітопроводі та об'єму магнітопроводу.

Поставлену задачу будемо вирішувати за наступною методикою.

По-перше: визначимо залежність об'єму магнітопроводу від потужності для різних магнітних матеріалів за умов роботи трансформатора на критичній частоті.

Таким чином, співвідношення (5), враховуючи (8), приймає вигляд (9).

Результати відповідних розрахунків у графічному вигляді для сталі марки 3422 (товщиною стрічки 0,08 мм) представлено на рис. 5 та деяких інших матеріалів – на рис. 6.

$$V_m \approx 1,5 \sqrt{\frac{Ak_{\text{дод}}}{k_m}} \cdot \frac{P}{(f_{кр})^{1/4} \Delta T} = 1,5 \sqrt{\frac{Ak_{\text{дод}}}{k_m}} \cdot \frac{P}{\left(\frac{3,98 \cdot 10^6}{A} \sqrt{\frac{\Delta T}{P}}\right)^{1/4} \Delta T} \quad (9)$$

По-друге: використовуючи співвідношення (7), (8) та (9), визначимо оптимальні значення магнітної індукції B_m в діапазоні потужностей від 500 до 5000 кВт для значень критичних частот різних марок сталей.

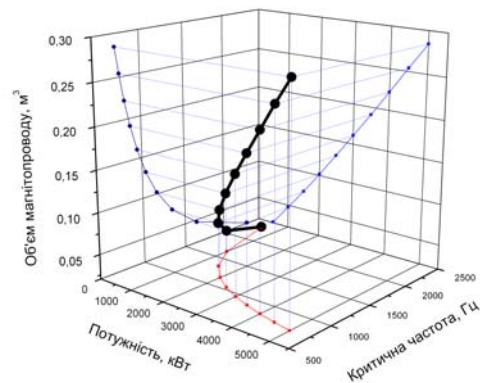


Рис. 5. Залежність об'єму магнітопроводу трансформатора зі сталі марки 3422 (товщиною стрічки 0,08 мм) від потужності та критичної частоти

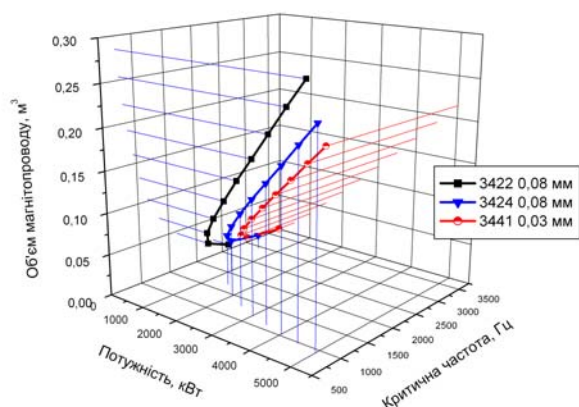


Рис. 6. Залежність об'єму магнітопроводу трансформатора зі сталі різних марок від потужності та критичної частоти

Результати відповідних розрахунків за виразом (7) з урахуванням (5) та (8) у графічному

вигляді для сталі марки 3422 (товщиною стрічки 0,08 мм) представлено на рис. 7 та деяких інших матеріалів – на рис. 8.

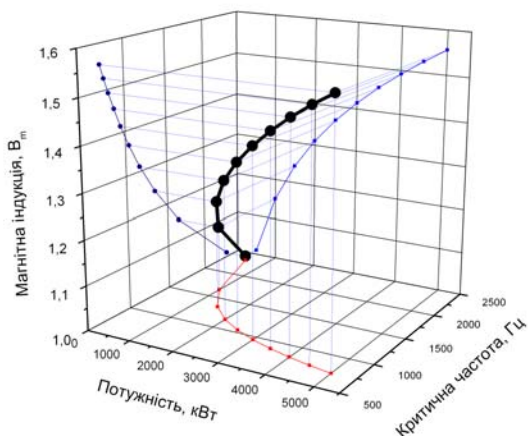


Рис. 7. Залежність значення магнітної індукції B_m в магнітопроводі зі сталі марки 3422 (товщиною стрічки 0,08 мм) від потужності та критичної частоти

На третьому етапі визначимо потужність втрат у магнітопроводі трансформатора для різних марок сталей в діапазоні потужностей від 500 до 50000 кВт та відповідних значень критичної частоти.

Спочатку до виразу (4) підставимо значення $f_{кр}(P)$ та $B_m(P)$, які визначені на другому етапі, – це дозволить визначити питомі втрати для різних марок сталей в досліджуваному діапазоні потужностей. Потім визначимо відносні, до розрахункової потужності, значення втрат у

$$\Delta p(P) = \frac{\left(p_{01} (f_{кр}(P))^\alpha (B_m(P))^\beta \right) \cdot V_m(P)}{P} \cdot 100 \% . \quad (10)$$

$$\Delta p_{3ф}(P) = \frac{\left(p_{01} (f_{кр}(P))^\alpha (B_m(P))^\beta \right) \cdot (0,81 \cdot V_m(P))}{P} \cdot 100 \% . \quad (11)$$

Слід зазначити, що наведені вище результати досліджень відносяться до однофазних трансформаторів підвищеної частоти. Оскільки результати попередніх досліджень обумовлюють доцільність використання у запропонованих перетворювальних структурах трифазних трансформаторів підвищеної частоти, отримані результати по визначенню втрат потужності у магнітопроводах однофазних трансформаторів можливо повністю перенести на трифазні трансформатори.

Це твердження є справедливим, оскільки, як відомо, трифазні трансформатори можуть бути замінені трьома однофазними трансформаторами з тією самою сумарною потужністю, але

магнітопроводах, об'єм яких $V_m(P)$, визначено за допомогою виразу (9).

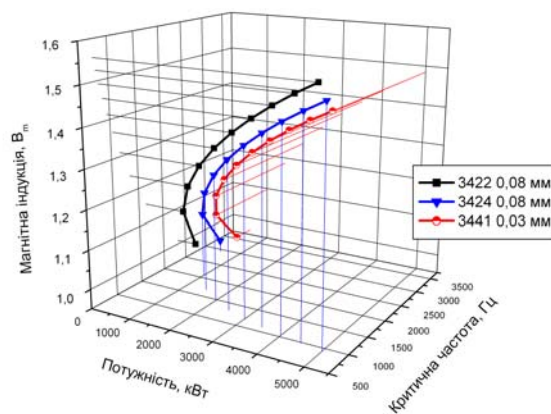


Рис. 8. Залежність значення магнітної індукції B_m в магнітопроводі зі сталей різних марок від потужності та критичної частоти

Результати проведених розрахунків представлено на рис. 9, де втрати у магнітопроводі вказані у відсотках, по відношенню до розрахункового значення потужності відповідно до виразу (10).

Як бачимо з рис. 9, мінімальні втрати потужності мають місце в магнітопроводі, який виготовлено зі сталі марки 3424 (товщина стрічки 0,08 мм). Найбільші втрати потужності зафіксовані у магнітопроводі зі сталі марки 3425 (товщина стрічки 0,08 мм).

при цьому на 19 % збільшиться застосування електротехнічної сталі [7].

Тобто трифазні трансформатори підвищеної частоти будуть мати об'єм магнітопроводу на 19 % менший, що дозволить зменшити втрати потужності на таке ж значення, при цьому до виразу (10) необхідно ввести коефіцієнт 0,81, який враховує зменшення об'єму магнітопроводу, – отримаємо вираз (11).

Діапазон потужностей, який досліджується для трифазних трансформаторів, слід збільшити також у три рази – від 1500 до 150000 кВт.

Результати розрахунків втрат потужності у магнітопроводі трифазних трансформаторів підвищеної частоти для сталей марок 3424

(0,08 мм) та 3425 (0,08 мм) представлено на рис. 11. Інші марки сталі не розглядаються, оскільки їх показники втрат є проміжними (рис. 9).

Для визначення ефективності використання трифазних трансформаторів підвищеної частоти, у порівнянні з трансформаторами промислової частоти, на рис. 10 представлені, відносні до потужності, стандартні значення втрат неробочого ходу трансформаторів, магнітопровід яких зібрано зі сталі марок 3404, 3405 або 3406

(товщина стрічки 0,27, 0,3 або 0,35 мм). Дані представлені для стандартного ряду потужностей та класів напруг 10 та 35 кВ [7]. Коефіцієнт потужності приймаємо приблизно $\cos \varphi \approx 1$.

Як бачимо з рис. 10, використання сталі марки 3424 (0,08 мм) для виготовлення магнітопроводу трифазного трансформатора підвищеної частоти дозволяє зменшити втрати у магнітопроводі приблизно у три рази.

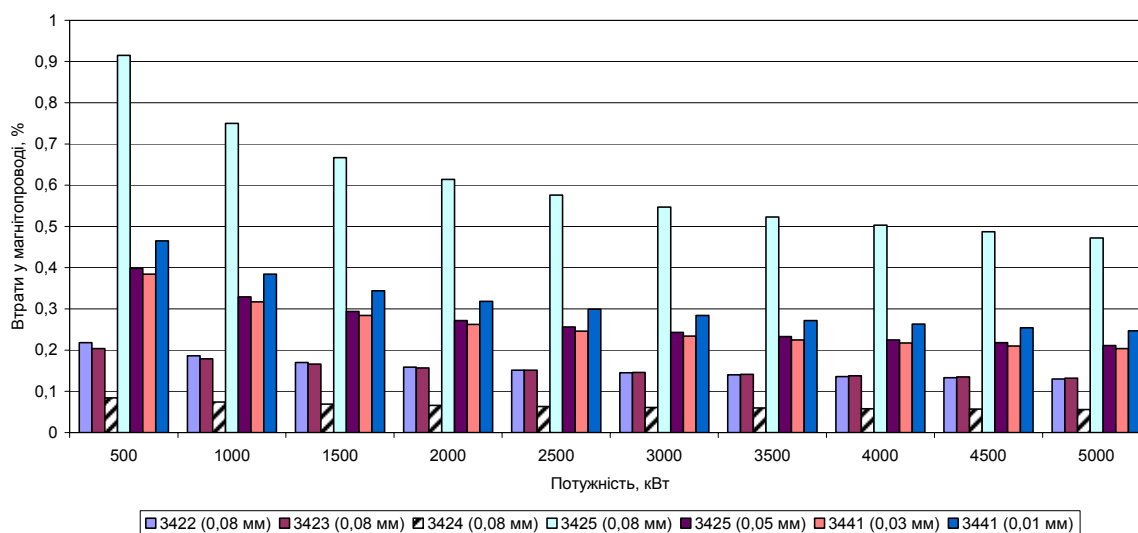


Рис. 9. Відносні втрати у магнітопроводі однофазного трансформатора підвищеної частоти з різних сталей у функції потужності

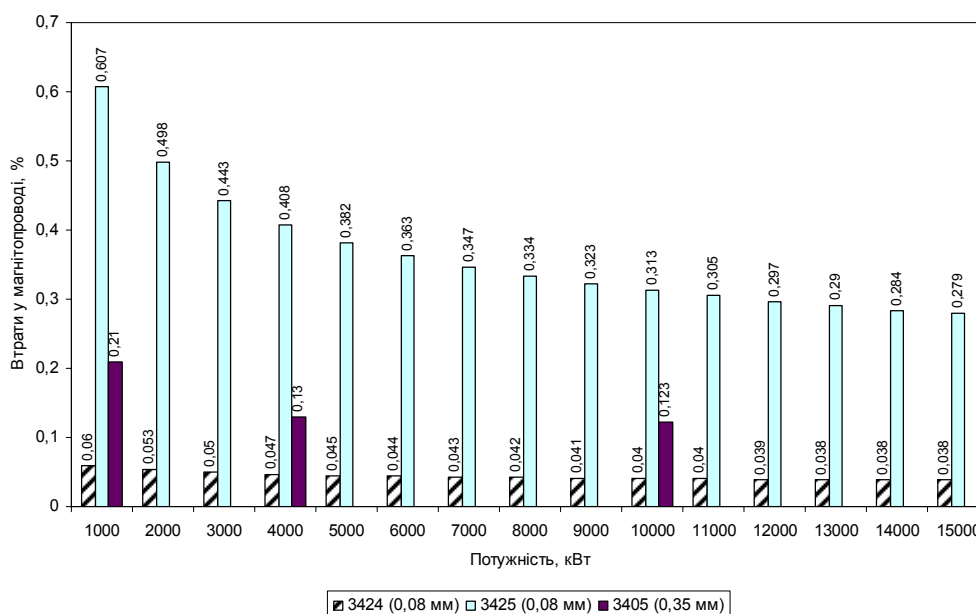


Рис. 10. Відносні втрати у магнітопроводі трифазного трансформатора підвищеної частоти з різних сталей у функції потужності

Використання сталей інших марок призведе до збільшення втрат у магнітопроводі, у порівнянні з трансформаторами промислової частоти,

або ці втрати будуть приблизно однаковими (рис. 9 та 10).

Відносно питання доцільності використання одного трифазного трансформатора підвищеної частоти замість трьох однофазних відмітимо наступне.

При необхідності використання трьох однофазних трансформаторів потужністю 1000 кВт (сталь марки 3424 (0,08 мм)) кожен, доцільним буде використання одного трифазного трансформатора потужністю 3000 кВт (сталь марки 3424 (0,08 мм)), оскільки це дозволить зменшити відносні втрати потужності зі значення $3 \cdot 0,074 = 0,222 \%$ до значення $0,05 \%$, тобто вираш складатиме $\frac{0,222}{0,05} = 4,44$ рази, при збільшенні потужності трансформатора в три рази.

Після того як визначилися з матеріалом, з якого доцільно виготовляти магнітопровід трифазного трансформатора підвищеної частоти, повернемося до питання визначення співвідношення між об'ємами магнітопроводів трифазних трансформаторів підвищеної та промисло-

вої частоти.

Перша частина цієї задачі – визначення об'єму трифазного трансформатора підвищеної частоти – вирішена раніш. Об'єм магнітопроводу промислової частоти будемо визначати наступним чином.

Відомо, що втрати неробочого ходу визначаються геометричними розмірами магнітної системи та індукцією в ній. В [7] представлено значення питомих втрат у магнітопроводі трансформатора промислової частоти для сталі 3405 (стрічка 0,30 мм) при 50 Гц. Приймаючи, що магнітопровід є однорідним, визначимо масу магнітопроводу трансформаторів різної потужності (зі стандартного ряду) при індукції в магнітопроводі 1,6 Тл, виходячи зі стандартних значень втрат неробочого ходу, для трансформаторів класу напруг 10 та 35 кВ.

Необхідні для розрахунків числові дані представлено у табл. 2 та 3. Для визначення об'єму приймаємо щільність електротехнічної сталі рівній 7650 кг/м^3 [7].

Таблиця 2

Результати визначення об'єму магнітопроводу трифазного трансформатора промислової частоти

Показник	Потужність, кВА						
	1000	1600	2500	4000	6300	10000	16000
Втрати неробочого ходу p_{050} , Вт	2100	2800	3900	5200	7400	12300	17800
Питомі втрати, Вт/кг	1,15						
Маса магнітопроводу, кг	1826	2435	3391	4522	6435	10696	15478
Об'єм магнітопроводу V_{50} , м ³	0,24	0,32	0,44	0,59	0,84	1,40	2,02

Таблиця 3

Результати визначення об'єму магнітопроводу трифазного трансформатора підвищеної частоти

Показник	Потужність, кВт						
	1000	1600	2500	4000	6300	10000	16000
Критична частота, Гц	2076	1641	1313	1038	827	656	519
Втрати неробочого ходу p_{0f} , Вт	602	887	1283	1890	2750	4026	5933
Об'єм магнітопроводу V_f , м ³	0,039	0,067	0,11	0,186	0,311	0,523	0,887

Аналіз представлених у табл. 2 та 3 даних дозволяє стверджувати, що використання трифазного трансформатора підвищеної частоти

дозволяє зменшити втрати потужності у магнітопроводі приблизно в три рази у всьому роз-

глянутому діапазоні потужностей порівняно з трансформаторами промислової частоти.

Загальні висновки

1. Представлені результати досліджень дозволяють стверджувати, що зі збільшенням потужності трансформатора підвищеної частоти з метою зменшення втрат потужності у магнітопроводі слід зменшувати і робочу частоту. Це декілька зменшить виграш в об'ємі магнітопроводу, але забезпечить збереження значення втрат у магнітопроводі на низькому рівні.

2. Представлені результати досліджень дозволяють рекомендувати для виготовлення магнітопроводів тягових трансформаторів підвищеної частоти сталь марки 3424 товщиною стрічки 0,08 мм, оскільки вона характеризується найменшими питомими втратами.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Дубинець, Л. В. Структурна схема перспективного електровозу подвійного живлення [Текст] / Л. В. Дубинець, Г. М. Чілікін, А. М. Муха // Зб. наук. пр. Дніпродзержинського держ. техн. ун-ту (техн. науки). Тематичний вип. «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія й практика». – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007. – С. 356-357.

2. Муха, А. М. Порівняльний аналіз перетворювальних структур тягового приводу перспективних багатосистемних електровозів з тяговими двигунами постійного струму [Текст] / А. М. Муха // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 27. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 93-98.
3. Муха, А. М. Структурна надійність тягового перетворювача для багатосистемного електровоза з асинхронними тяговими двигунами [Текст] / А. М. Муха // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 28 – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 40-47.
4. Подвижной состав электрических железных дорог. Тяговые электрические машины и трансформаторы [Текст] / Н. Н. Захарченко [та ін.]. – М.: Транспорт, 1968. – 296 с.
5. Безрученко, В. Н. Электрические машины [Текст] / В. Н. Безрученко, А. С. Хотян. – К.: Вища шк., 1987. – 215 с.
6. Расчет электромагнитных элементов вторичного электропитания [Текст] / А. Н. Горский [и др.]. – М.: Радио и связь, 1988. – 176 с.
7. Тихомиров, П. М. Расчет трансформаторов [Текст] / П. М. Тихомиров. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 528 с.

Надійшла до редколегії 31.05.2010.

Прийнята до друку 22.06.2010.

ПРОСТОЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АБСОЛЮТНОГО СКОЛЬЖЕНИЯ АСИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТРЕБУЕМОГО МОМЕНТА

У статті наведено результати порівняльного аналізу формул для розрахунків механічних характеристик асинхронного тягового двигуна, а також запропоновано новий спосіб визначення абсолютного ковзання для потрібного моменту.

Ключові слова: асинхронний тяговий двигун, абсолютне ковзання для потрібного моменту, формули для розрахунків механічних характеристик

В статье приведены результаты сравнительного анализа формул для расчетов механических характеристик асинхронного тягового двигателя, а также предложен новый способ определения абсолютного скольжения для требуемого момента.

Ключевые слова: асинхронный тяговый двигатель, абсолютное скольжение для требуемого момента, формулы для расчетов механических характеристик

The results of a comparative analysis of formulas for calculating the mechanical characteristics of asynchronous traction motors are presented, as well as a new method of determining the absolute slip for the required moment is proposed.

Keywords: asynchronous traction motor, absolute slip for required moment, formulas for calculating mechanical characteristics

В учебной литературе по теории электропривода для расчета механической характеристики асинхронного двигателя рекомендуется использовать полную формулу немецкого инженера Клосса

$$M = \frac{2M_K(1+\delta)}{\frac{S}{S_K} + \frac{S_K}{S} + 2\delta}, \quad (1)$$

где M – текущее значение момента, Н·м; M_K – критическое значение момента, Н·м; δ – коэффициент, учитывающий параметры двигателя, в частности, активное сопротивление обмотки статора; S – текущее или задаваемое значение относительного скольжения; S_K – критическое значение относительного скольжения.

Часто для расчетов механических характеристик асинхронных двигателей используют упрощенную формулу Клосса

$$M = \frac{2M_K}{\frac{S}{S_K} + \frac{S_K}{S}}. \quad (2)$$

Как показано ниже, это допустимо для двигателей значительной мощности на частотах тока статора f_1 не ниже 25...30 Гц.

Для частотно-управляемых двигателей формула (1) используется в модернизированном виде [1, 2]:

$$M = \frac{2M_K(1+\delta)}{\frac{f_2^*}{f_{2K}^*} + \frac{f_{2K}^*}{f_2^*} + 2\delta}, \quad (3)$$

$$M = \frac{2M_K(1+\delta)}{\frac{\beta}{\beta_K} + \frac{\beta_K}{\beta} + 2\delta}, \quad (4)$$

где f_2^* , как и β – относительная частота тока ротора, $f_2^* = \beta = f_2/f_{1H}$, f_{1H} – номинальная частота тока статора; β_K или f_{2K}^* – критическая частота тока ротора (относительное значение), f_2 – абсолютное скольжение [3].

Некоторые авторы называют β и f_2^* параметрами абсолютного скольжения.

У разных авторов «добавка» δ в [1, 2, 4, 5] имеет для вычисления разные формулы, которые без расшифровки приведены ниже.

В [1] приводится формула

$$\delta = \varepsilon = \frac{\frac{r_s}{f_s^*} \cdot x_s(1-\sigma)}{\sqrt{\left[\left(\frac{r_s}{f_s^*}\right)^2 + x_s^2\right] \cdot \left[\left(\frac{r_s}{f_s^*}\right)^2 + (x_s \cdot \sigma)^2\right]}}. \quad (5)$$

В [2]

$$\delta = q \cdot \beta_K = \frac{r_1 \cdot \alpha}{r_2' (d^2 + e^2 \cdot \alpha^2)} \cdot \beta_K. \quad (6)$$

В [4]

$$\delta = a \cdot S_K = \frac{r_1}{r_2'} \cdot S_K. \quad (7)$$

В [5]

$$\delta = \frac{S_{KS} (1 - \sigma)}{\sqrt{(1 + \sigma^2 \cdot S_{KS}^2) \cdot (1 + S_{KS}^2)}}. \quad (8)$$

Графики коэффициента δ в функции частоты f_1 с учетом параметров тягового двигателя АД 914 рассчитаны по формулам (5) – (8) и приведены для диапазона частот 1...55,9 Гц на рис. 1. Они практически совмещаются, поэтому формула (7) из-за своей простоты наиболее употребляемая.

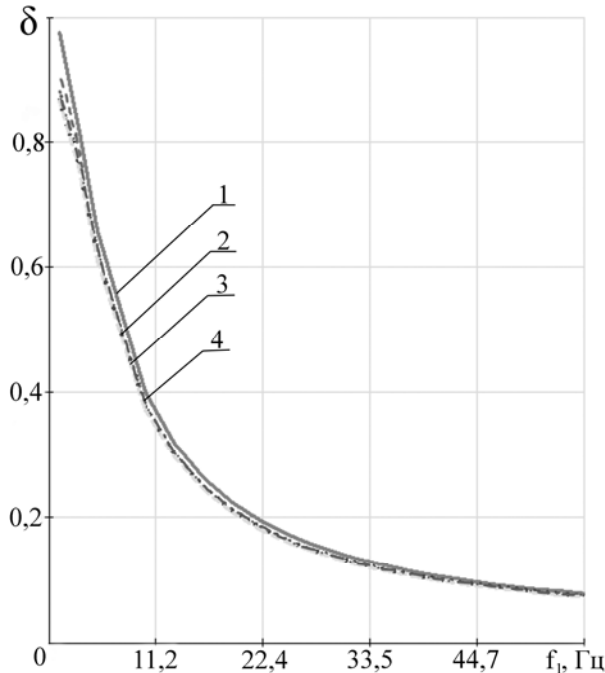


Рис. 1. К сравнению коэффициентов δ :
1 – рассчитана по (7); 2 – по (6); 3 – по (5); 4 – по (8)

В настоящей работе предлагается использовать видоизмененную формулу, содержащую не относительные величины f_2^* , f_{2K}^* или β , β_K , а абсолютные значения f_2 и f_{2K} :

$$M = \frac{2M_K \left(1 + \frac{r_1}{r_2'} \cdot \frac{f_{2K}}{f_1} \right)}{\frac{f_2}{f_{2K}} + \frac{f_{2K}}{f_2} + 2 \frac{r_1}{r_2'} \cdot \frac{f_{2K}}{f_1}}, \quad (9)$$

где f_2 , f_{2K} – абсолютное и абсолютное критическое скольжение.

Величины f_2 и f_{2K} более информативны и легко воспринимаются на графиках (рис. 2)

Также при использовании абсолютных величин появляется возможность получить готовое значение абсолютного скольжения f_2 , соответствующее требуемому моменту, путем преобразования формулы (9) в квадратное уравнение и решением его.

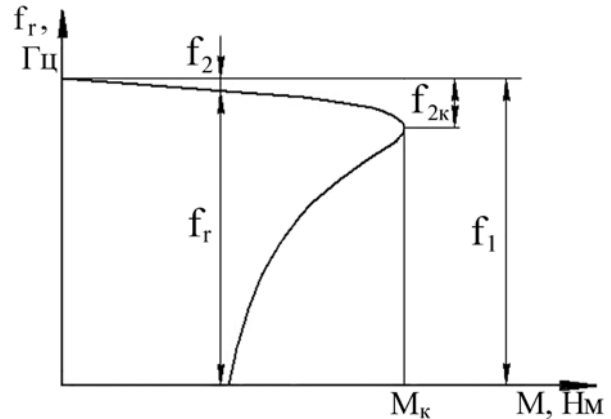


Рис. 2. Механическая характеристика асинхронного двигателя

Квадратное уравнение имеет вид:

$$f_2^2 - \left[\frac{2M_K}{M} \cdot \left(1 + a \frac{f_{2K}}{f_1} \right) - 2a \frac{f_{2K}}{f_1} \right] \cdot f_{2K} \cdot f_2 + f_{2K}^2 = 0, \quad (10)$$

где $a = \frac{r_1}{r_2'}$.

Для асинхронного тягового двигателя АД 914 с обмоткой ротора из алюминиевого сплава и при его нагреве до 150 °С $a = \frac{0,0344}{0,0308} = 1,11$.

Решая уравнение (10) относительно f_2 (предварительно рассчитав величины M_K и f_{2K}), получаем два значения f_2 – для рабочей и нерабочей части механической характеристики. Берется та, которая меньше величины f_{2K} .

Таким образом, предлагается простой способ определения абсолютного скольжения f_2 в зависимости от требуемого момента M для любой частоты f_1 .

При частотах f_1 свыше 25...30 Гц возможно использовать более простой вариант расчета

момента M , не учитывая при этом коэффициент δ . Тогда формула (9) будет иметь вид:

$$M = \frac{2M_K}{\frac{f_2}{f_{2K}} + \frac{f_{2K}}{f_2}}. \quad (11)$$

Эта формула преобразуется в квадратное уравнение

$$f_2^2 - \frac{2M_K}{M} \cdot f_{2K} \cdot f_2 + f_{2K}^2 = 0. \quad (12)$$

И решением этого уравнения будет

$$f_{2(1,2)} = f_{2K} \left(\frac{M_K}{M} \pm \sqrt{\left(\frac{M_K}{M} \right)^2 - 1} \right). \quad (13)$$

В литературе часто предлагается пренебречь активным сопротивлением статора r_1 . Это позволяет упростить формулы, но может приводить к большим ошибкам при расчетах для низких частот. При $r_1 = 0$ формула

$$M_K = \frac{m_1 p}{2\pi f_1} \cdot \frac{U_{1\phi}^2}{2 \left[r_1 \pm \sqrt{r_1^2 + (x_K)^2} \right]} \quad (14)$$

превращается в формулу

$$M_K = \frac{m_1 p}{8\pi^2 L_K} \cdot \left(\frac{U_{1\phi}}{f_1} \right)^2 = c_1 \cdot \left(\frac{U_{1\phi}}{f_1} \right)^2, \quad (15)$$

где c_1 – постоянная величина.

В этом случае критический момент зависит только от отношения U_1/f_1 , а значит при $U_1/f_1 = \text{const}$ момент $M_K = \text{const}$.

Критическое абсолютное скольжение при $r_1 = 0$:

$$S_K = \frac{r'_2}{x_1 + x'_2} = \frac{r'_2}{x_K} = \frac{r'_2}{2\pi f_1 \cdot L_K}. \quad (16)$$

При частотном управлении используют не относительное критическое скольжение S_K , а абсолютное критическое скольжение f_{2K} , поэтому поскольку $S_K = f_{2K}/f_1$, то учитывая (16) получим

$$f_{2K} = S_K \cdot f_1 = \frac{r'_2}{2\pi \cdot L_K}. \quad (17)$$

Допуская отсутствие насыщения стали и $r_1 = 0$, имеем абсолютное критическое скольжение, которое не зависит от частоты f_1 :

$$f_{2K} = \frac{r'_2}{2\pi \cdot L_K} = \text{const}.$$

Таким образом, формулы (15) и (17) дают основание сделать вывод о том, что все механические характеристики в диапазоне частот $f_{1\min} \dots f_{1\text{ном}}$ являются «близнецами» (рис. 3).

А отсюда может быть сделан вывод – для получения $M = \text{const}$ необходимо иметь $f_2 = \text{const}$ (т.к. жесткость у всех характеристик одинакова). Но реально критическое абсолютное скольжение f_{2K} изменяется. Это показано графиками f_{2K} и S_K в функции частоты f_1 на рис. 4 (для параметров тягового двигателя АД 914).

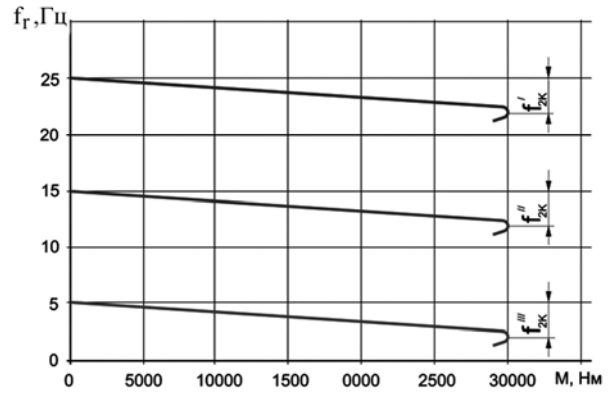


Рис. 3. Механические характеристики асинхронного двигателя при $r_1 = 0$ и $U_1/f_1 = \text{const}$,

$$f_{2K}^I = f_{2K}^{II} = f_{2K}^{III}$$

Расчеты показывают, что значительные изменения f_{2K} происходят в зоне низких частот f_1 . А это значит, что жесткость характеристик также будет существенно изменяться в функции частоты f_1 . Поэтому одна и та же величина f_2 на разных характеристиках будет давать разные значения моментов. Подробнее этот вопрос будет рассмотрен ниже.

В расчетные формулы входят три параметра, зависящих от активного сопротивления статора r_1 . Это критический момент M_K , критическое скольжение S_K (или f_{2K}^* , β_K), и коэффициент δ . При расчетах момента M возможны различные варианты:

- учет r_1 только при расчете M_K ;
- учет r_1 только при расчете $S_K(f_{2K})$;

- в) учет r_1 только при расчете δ ;
- г) учет r_1 только при расчетах M_K и $S_K(f_{2K}^*)$, но без учета его при расчете δ ;
- д) учет r_1 при расчете всех параметров.

На рис. 5 приведены графики механических характеристик тягового двигателя АД 914 для

частоты $f_1 = 3$ Гц при фазном напряжении 96 В. Штриховыми линиями показаны характеристики, рассчитанные по полной формуле Клосса, а сплошными – по упрощенной формуле.

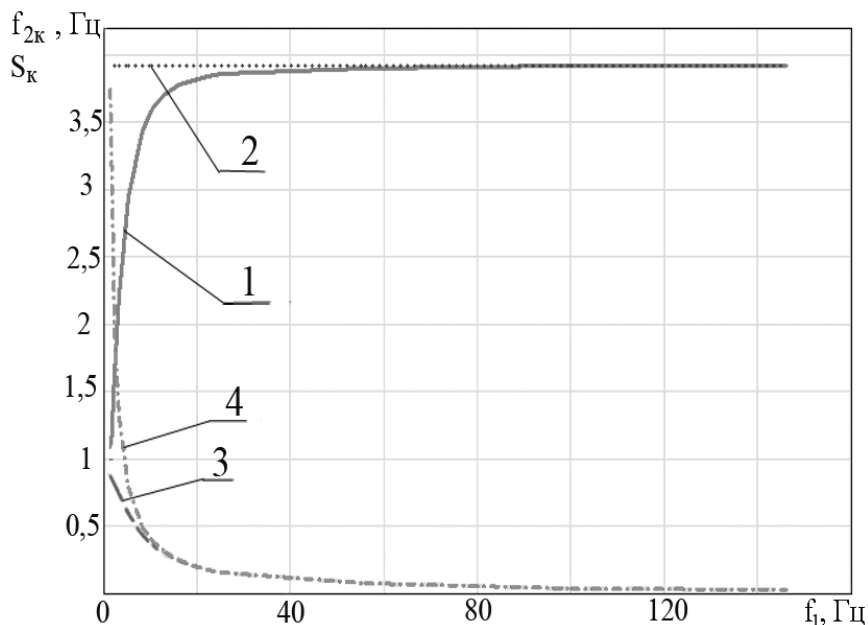


Рис. 4. Графики критических относительных S_K и абсолютных f_{2K} скольжений в функции частоты f_1 :
1 – расчет f_{2K} при $r_1 = 0,0344$ Ом; 2 – расчет f_{2K} при $r_1 = 0$ Ом; 3 – расчет S_K при $r_1 = 0,0344$ Ом; 4 – расчет S_K при $r_1 = 0$

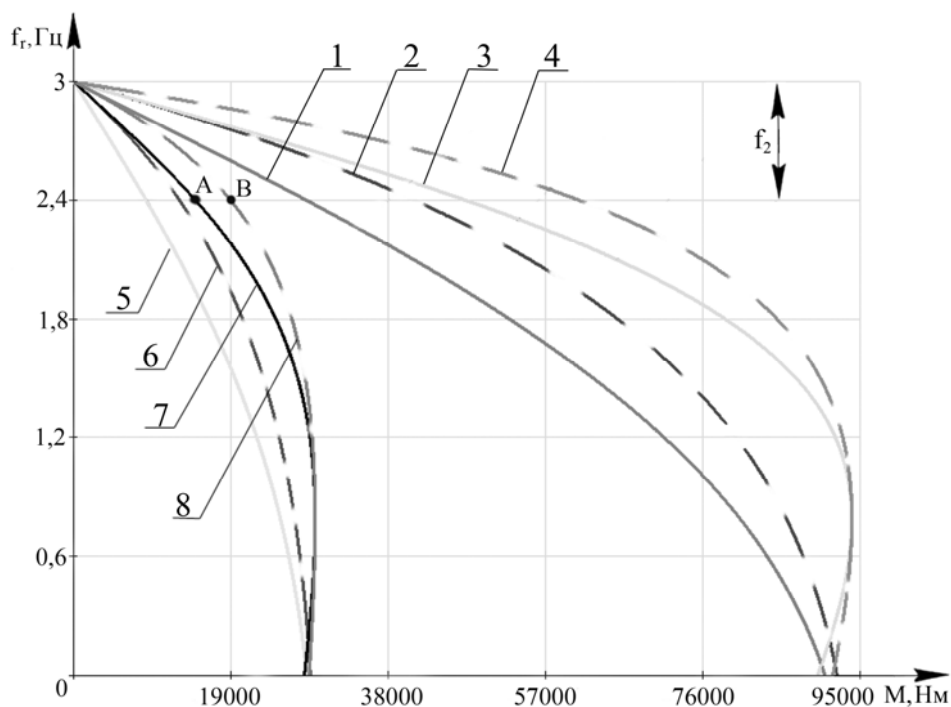


Рис. 5. Механические характеристики, рассчитанные по различным формулам и при разных параметрах, для $f_1 = 3$ Гц

Группа кривых 1-4 получена при расчете критического момента M_K при активном сопротивлении статора $r_1 = 0$.

Группа кривых 5-8 получена при расчете M_K при активном сопротивлении статора $r_1 = 0,0344$ Ом (при $t = 150^\circ\text{C}$).

Первая группа кривых (1-4) дает нереально большие моменты. Поэтому их анализ не имеет смысла.

Кривые 1, 2, 5, 6 – получены при расчетах абсолютного критического скольжения f_{2K} (S_K) при $r_1 = 0$. Расчет велся по известным

$$\text{формулам } S_K = \frac{r'_2}{\sqrt{r_1^2 + x_K^2}} \text{ и } f_{2K} = S_K \cdot f_1.$$

Величина f_{2K} для указанных графиков получена большей, чем величина f_1 и равна 3,92 Гц.

Кривые 3, 4, 7, 8 получены при $r_1 = 0,0344$ Ом, и для них значение $f_{2K} = 2,217$ Гц. Итак, внимания заслуживают только кривые 7 и 8, для которых f_{2K} и M_K рассчитывались с учетом активных сопротивлений. Кривая 7 рассчитана по упрощенной формуле Клосса (11), а кривая 8 – по полной формуле (9).

Рис. 5 позволяют сделать вывод о том что величина момента двигателя при одном и том же значении абсолютного скольжения f_2 при расчетах по полной и упрощенной формулам Клосса может отличаться на десятки процентов (сравним моменты в точках А и В при одном и том же значении f_2).

На рис. 6 изображены две кривые зависимости частоты вращения ротора от момента $f_r = \varphi(M)$, которые рассчитаны для одного и того же значения $f_2 = 0,67$, соответствующего номинальному режиму, при изменении f_1 от 1 до $f_{1H} = 55,9$ Гц и при напряжениях, которые обеспечивают один и тот же критический момент $M_K = M_H = \text{const}$ во всем диапазоне указанных частот [6].

Графики представлены с целью показать следующее:

- $f_2 = \text{const}$ не обеспечивает $M = \text{const}$ в зоне пусковых частот;
- разность моментов, рассчитанных по формулам (9) и (11) зависит от частоты f_1 ;
- резкое увеличение моментов на низких частотах является следствием увеличения жесткости механических характеристик, и тем больше чем ниже частота f_1 .

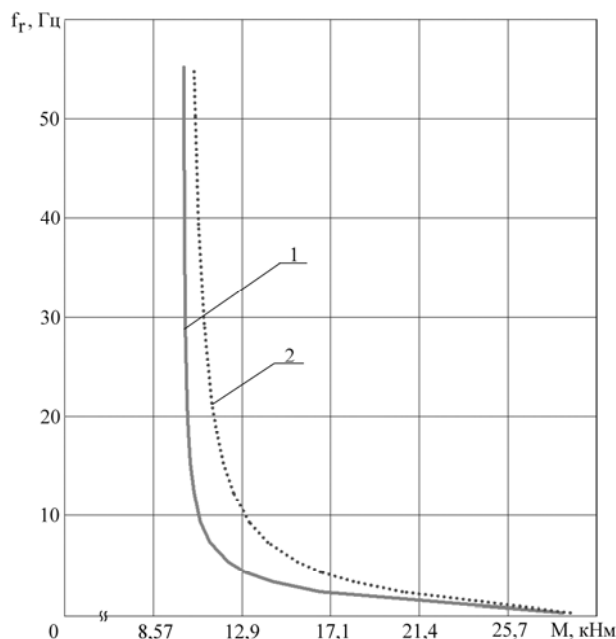


Рис. 6. Моменты двигателя, рассчитанные по полной и упрощенной формуле Клосса для $f_2 = \text{const}$:

1 – при расчете по (11); 2 – при расчете по (9)

Разница ΔM между расчетными значениями моментов, полученными по формулам (9) и (11) для двигателя АД 914 при $f_2 = \text{const}$ представлена на рис. 7.

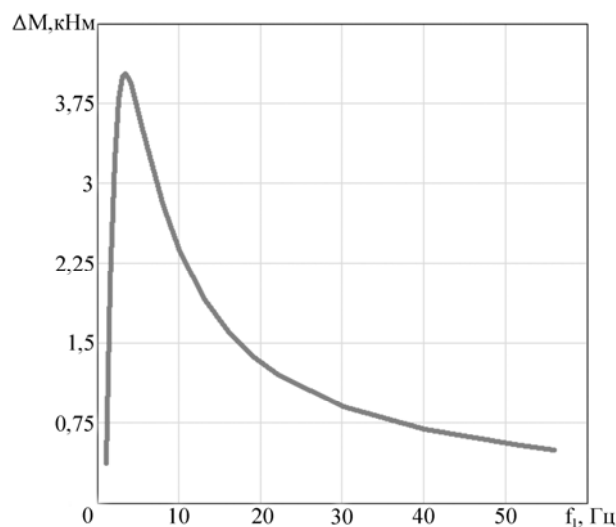


Рис. 7. Разность моментов, получаемых при расчетах по полной и упрощенной формулам Клосса

График показывает, что максимальное значение ΔM имеет место при частоте f_1 в районе 3,3 Гц. Резкое снижение величины ΔM имеет место с обеих сторон вблизи максимума. Однако с увеличением частоты f_1 график $\Delta M(f_1)$ становится более пологим, и значение ΔM стремится к нулю.

ВЫВОДЫ

1. В работе дан способ определения момента двигателя в зависимости от частоты тока ротора f_2 при любом значении f_1 и U_1 .

2. Часто встречающееся в литературе утверждение о том, что $f_2 = \text{const}$ во всем диапазоне пуска обеспечивает $M = \text{const}$ – не соответствует действительности.

3. Расчет характеристик частотно-управляемого асинхронного двигателя для низких частот при допущении равенства нулю активного сопротивления обмотки статора и использование упрощенной формулы Клосса дает некорректные результаты.

4. Различие результатов расчета момента для двигателя АД 914 по упрощенной и полной формуле Клосса в диапазоне частот $f_1 = 3,3...55,9$ Гц тем больше, чем ниже частота тока статора.

2. Булгаков, А. А. Частотное управление асинхронными двигателями [Текст] / А. А. Булгаков. – М.: Энергоиздат, 1982. – 216 с.
3. Ротанов, Н. А. Электроподвижной состав с асинхронными тяговыми двигателями [Текст] / Н. А. Ротанов. – М.: Транспорт, 1991. – 336 с.
4. Основы автоматизированного электропривода [Текст] : учеб. пособие для вузов / М. Г. Чиликин [и др.]. – М.: Энергия, 1974. – 568 с.
5. Ковач, К. П. Переходные процессы в машинах переменного тока [Текст] / К. П. Ковач, И. Рац; [пер. с нем. А. А. Дартау и В. А. Щедровича]; под ред. А. И. Вольдека. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 744 с.
6. Чиликин, М. Г. Общий курс электропривода [Текст] : учеб. для вузов. – 6-е изд., доп. и перераб. / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. – М.: Энергоиздат, 1981. – 560 с.

Поступила в редколлегию 12.05.2010.

Принята к печати 26.05.2010.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сабинин, Ю. А. Частотно-регулируемые асинхронные электроприводы [Текст] / Ю. А. Сабинин, В. А. Грузов. – Л.: Энергоиздат, 1985. – 128 с.

ДОПУСКАЕМЫЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ В КРИВЫХ БЕЗ ПЕРЕХОДНЫХ КРИВЫХ

Розглянуто особливості визначення допустимих швидкостей в кривих, які не мають перехідних кривих.

Ключові слова: криві, підвищення, швидкості

Рассмотрены особенности определения допускаемых скоростей в кривых без переходных кривых.

Ключевые слова: кривые, возвышения, скорости

The features of determination of the permissible speeds in curves without easement curves are considered.

Keywords: curves, superelevations, speeds

В последнее время все больше внимания уделяется вопросам установления возвышения наружного рельса и допускаемых скоростей движения поездов по кривым участкам пути.

В то же время в ряде документов и публикаций акценты делаются только на радиусах круговых кривых и оценке допускаемых скоростей только по непогашенному ускорению [1]. Особенно это заметно в кривых, в которых отсутствуют переходные кривые.

Как известно, допускаемые скорости должны устанавливаться, исходя из нормативов непогашенного ускорения, скорости нарастания ускорений и скорости подъема (опускания) колеса. Последний фактор нормируется через таблицы уклон-скорость.

При отсутствии переходной кривой или при ее малой (меньше 20 м) длине скорость нарастания ускорений и скорость подъема колеса определяются по базе вагонов (в Украине принято 17 м).

Непогашенное ускорение $a_{\text{нп}}$ (м/с²) при скорости v (км/ч), радиусе круговой кривой R (м) и возвышении h (мм) определяется по известной формуле:

$$a_{\text{нп}} = \frac{v^2}{3,6^2 R} - 0,00613h.$$

Скорость нарастания ускорений ψ (предельное значение 0,6 м/с³) при длине отвода l (при отсутствии переходной 17 м) определяется по формуле:

$$\psi = \frac{a_{\text{нп}} v}{3,6l}.$$

При отсутствии возвышения максимально допустимая скорость из условия непревышения допускаемой скорости нарастания ускорений после подстановки значений может определяться по формуле:

$$v_{\psi} = 7,8 \sqrt[3]{R}.$$

Для ряда значений радиусов было выполнено определение максимально допустимых скоростей v_a при допускаемых непогашенных ускорениях 0,7 и 1,0 м/с². Результаты расчетов представлены в табл. 1 и на рис. 1.

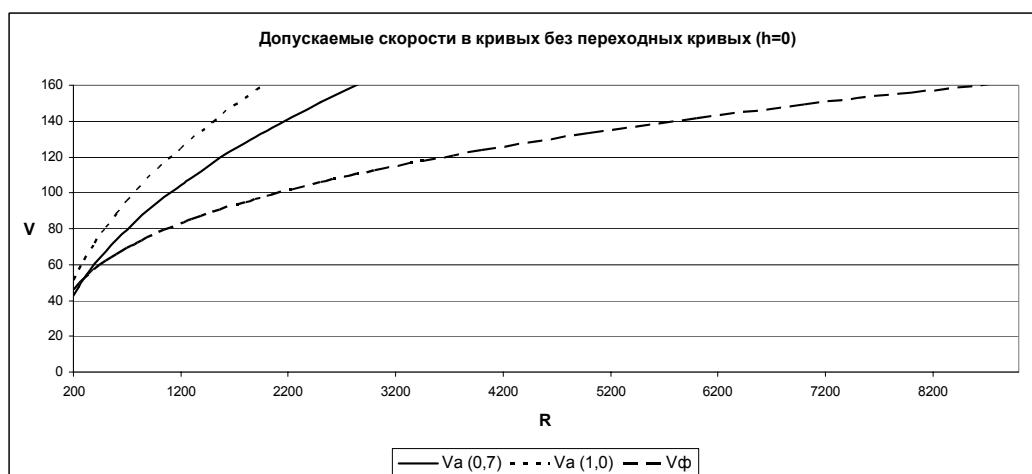


Рис. 1

Таблица 1

R	$V_a(0,7)$	$V_a(1,0)$	V_ϕ
200	43	51	46
250	48	57	49
300	52	62	52
400	60	72	58
500	67	80	62
600	74	88	66
700	80	95	69
800	85	102	72
1000	95	114	78
1200	104	125	83
1300	109	130	85
1500	117	139	89
1800	128	153	95
2000	135	161	98
2500	151	180	106
3000	165	197	113
4000	190	228	124
5000	213	255	134
6000	233	279	142
7000	252	301	149
8000	269	322	156
9000	286	342	162
10000	301	360	168

Таким образом, скорость 160 км/ч в кривых без возвышения и переходных может быть реализована только при радиусе 9000 м, а не при 4000, как ошибочно считают некоторые исследователи.

Рассмотрим, как изменятся допускаемые скорости при установлении в этих кривых возвышений наружного рельса.

При наличии возвышения

$$\psi = \frac{v^3}{3,6^3 R l} - \frac{0,00613 h \cdot v}{3,6 l}.$$

Если в кривой без переходных кривых устанавливается возвышение 10 мм, то ограничения по скорости подъема колеса нет. Максимально допустимые скорости, связанные с непогашенными ускорениями и скоростью нарастания ускорений, приведены в табл. 2 и на рис. 2. Для возвышений 20 мм – в табл. 3 и на рис. 3, а для

30 мм – в табл. 4 и на рис. 4. При этом скорость подъема колеса приводит к ограничению скорости в 110 км/ч при возвышении 20 мм и 80 км/ч – при $h = 30$ мм.

Таблица 2

R	$V_a(0,7)$	$V_a(1,0)$	V_ϕ
200	44	52	47
250	50	59	51
300	54	64	54
400	63	74	59
500	70	83	64
600	77	91	68
700	83	98	72
800	89	105	75
1000	99	117	81
1200	109	128	87
1300	113	134	89
1500	122	144	94
1800	133	157	100
2000	140	166	104
2500	157	185	112
3000	172	203	120
4000	199	235	132
5000	222	262	143
6000	243	287	153
7000	263	310	162
8000	281	332	170
9000	298	352	177
10000	314	371	184

Приведенные расчеты и графики наглядно показывают опасность игнорирования ограничений, связанных со скоростью нарастания ускорений и скоростью подъема колеса. Устанавливая допускаемые скорости только по непогашенным ускорениям, мы можем предлагать решения, которые приведут к нарушению безопасности движения поездов.

К сожалению, и в ЦП0056, и в ЦП0236 эти вопросы отнесены к второстепенным. Для однорядных кривых скорость нарастания ускорений рекомендуется проверять только при несовпадении отводов возвышений и кривизны, а скорость подъема колеса – только «в стесненных условиях».

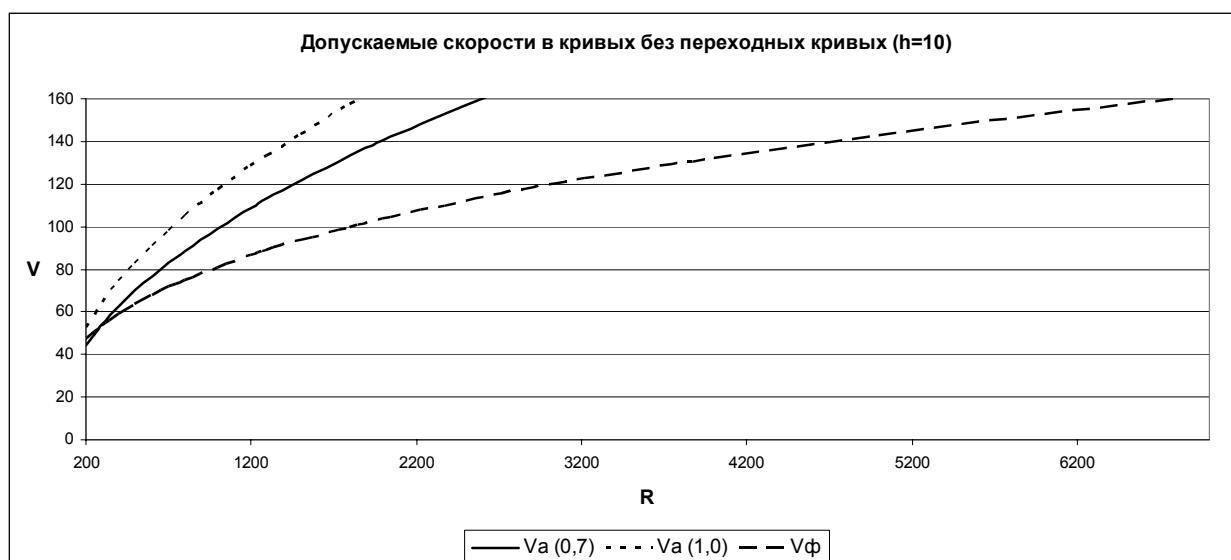
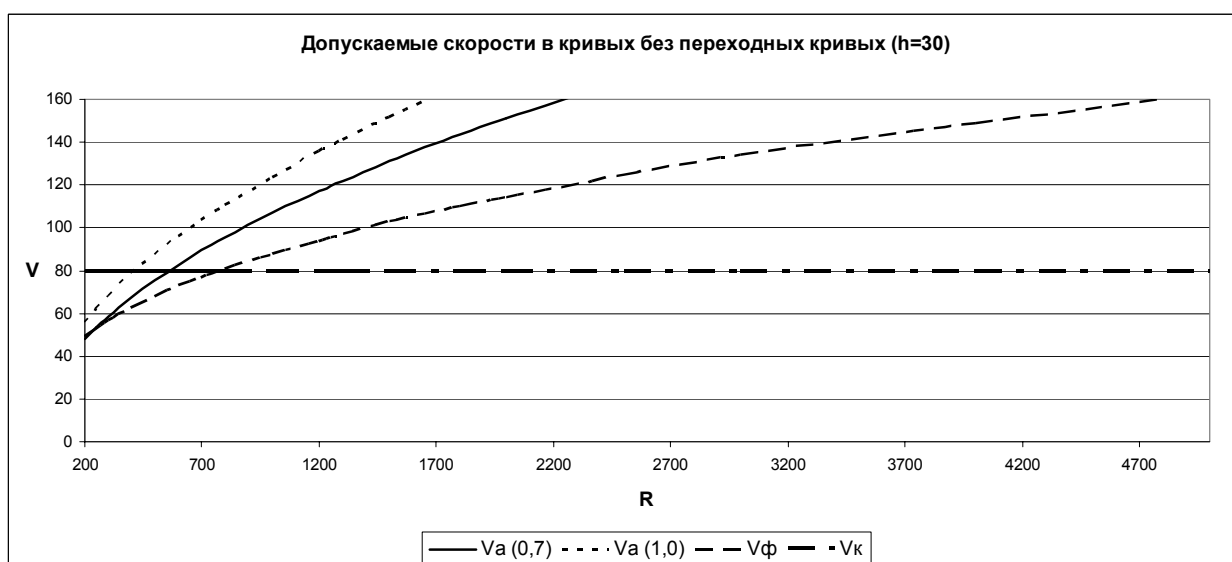
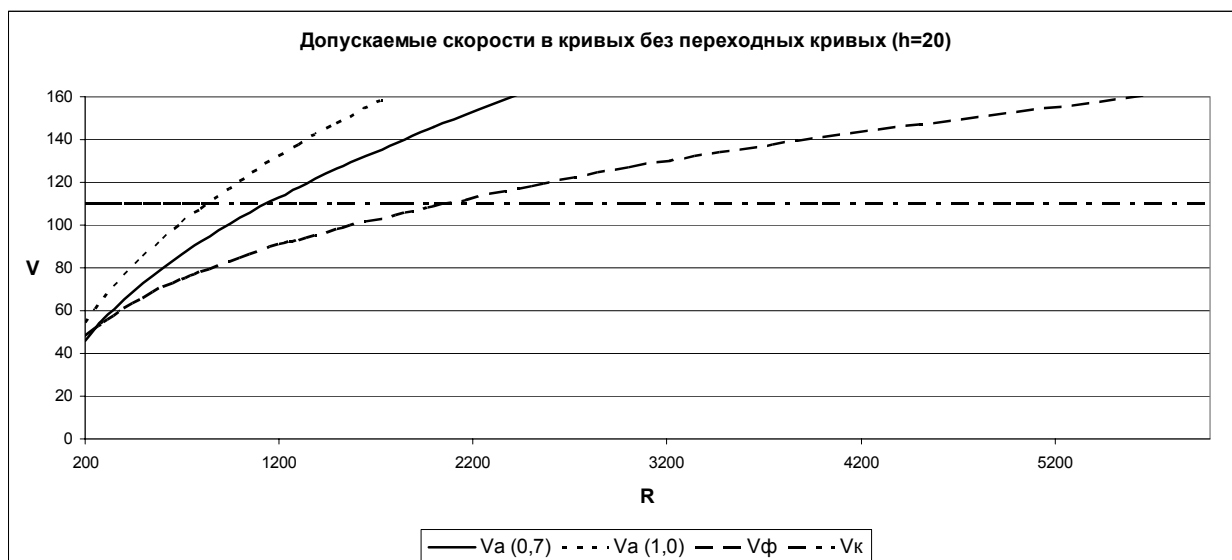


Таблица 3

R	$V_a(0,7)$	$V_a(1,0)$	V_ϕ
200	46	54	48
250	52	60	52
300	57	66	55
400	65	76	61
500	73	85	66
600	80	93	71
700	86	101	75
800	92	108	78
1000	103	121	85
1200	113	132	91
1300	118	138	93
1500	126	148	98
1800	139	162	105
2000	146	171	109
2500	163	191	118
3000	179	209	127
4000	207	241	141
5000	231	270	153
6000	253	295	164
7000	273	319	174
8000	292	341	183
9000	310	362	191
10000	327	381	199

Таблица 4

R	$V_a(0,7)$	$V_a(1,0)$	V_ϕ
200	48	55	49
250	54	62	53
300	59	68	57
400	68	78	63
500	76	88	68
600	83	96	73
700	90	104	77
800	96	111	81
1000	107	124	88
1200	117	136	94
1300	122	141	97
1500	131	152	103
1800	144	166	110
2000	151	175	114
2500	169	196	125
3000	185	215	134
4000	214	248	149
5000	239	277	163
6000	262	303	175
7000	283	328	186
8000	303	350	196
9000	321	372	206
10000	338	392	215



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила визначення підвищення зовнішньої рейки і встановлення допустимих швидкостей в кривих ділянках колії ЦП0056 [Текст]. – Д.: Арт-Прес, 1999. – 44 с.

Поступила в редколлегию 10.06.2010.

Принята к печати 21.06.2010.

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗМЕЖУВАННЯ НАПРЯМКІВ ПАСАЖИРСЬКОГО ТА ВАНТАЖНОГО РУХУ ЗА КРИТЕРІЄМ ВИТРАТ НА УТРИМАННЯ ТА РЕМОНТ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ

Досліджено можливість переключення частки поїздів на паралельні ходи і оцінено витрати, пов'язані із застосуванням різних схем періодичності ремонтів колії при розмежуванні вантажного й пасажирського руху.

Ключові слова: розмежування вантажного й пасажирського руху, верхня будова колії, витрати на утримання та ремонт

Исследована возможность переключения части поездов на параллельные хода и оценены затраты, связанные с использованием различных схем периодичности ремонтов пути при разделении грузового и пассажирского движения.

Ключевые слова: размежевание грузового и пассажирского движения, верхнее строение пути, затраты на содержание и ремонт

The influence of increase of trains traffic speed on the expenses for maintenance and repair of the superstructure is considered.

Keywords: division of freight and passenger traffic, superstructure, expenses for maintenance and repair

Загальні положення. Постановка задачі

Суміщений рух пасажирських і вантажних поїздів негативно впливає на умови експлуатації і плавність руху, сприяє інтенсивному розладу верхньої будови колії. Переключення частки потоку вантажних поїздів на паралельний хід призводить до зміни витрат на ремонт колії, контактної мережі, іншої інфраструктури та періодичності цих ремонтів.

Питання розробки технічно обґрунтованих норм періодичності ремонтів колії досліджувалось в ряді робіт [1–3]. На сьогоднішній день потребує розв'язання задача в більш широкій постановці – тобто з урахуванням розмежування вантажного й пасажирського руху та зміни стану колії в часі в процесі експлуатації.

Під станом колії будемо розуміти імовірність безвідмовної її роботи в заданих умовах експлуатації [4]. Зміна стану колії буде відбуватися по-різному в залежності від умов експлуатації (рис. 1).

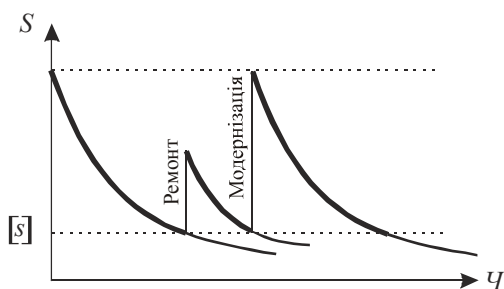


Рис. 1. Зміна стану об'єкта в часі за наявності ремонту або модернізації колії

Якщо розглядати подальше утримання ділянки у відповідності до встановлених швидкостей руху, то слід враховувати погіршення стану колії з часом. Звичайно, швидкість зміни стану колії буде залежати від умов експлуатації

$$S_i = f(V_i, \Gamma_i, q_i, \mathcal{C}_i), \quad (1)$$

де S_i – стан колії;

V_i – швидкість руху, км/год;

Γ_i – пропущений тоннаж по ділянці, млн т;

q_i – осьове навантаження, т/вісь;

$\mathcal{C}_i$ – час експлуатації ділянки, роки.

Але стан колії, $S_i < [S]$ ще не означає, що її не можна експлуатувати. В залежності від зношеності елементів конструкції, відступів в утриманні колії може бути продовжена її подальша експлуатація, але з обмеженням швидкості руху. Характеристика технічного стану колії, що експлуатується з поступовим обмеженням швидкості показана жирною лінією на рис. 1.

Після часу експлуатації $\mathcal{C}_i = f(S_i = [S])$ виникає потреба в коштах на ремонт або модернізацію колії. Як видно з рис. 1, ремонт не забезпечує відновлення первісного стану колії. Початковий стан можна отримати тільки після проведення модернізації колії.

Відповідно до Положення ЦП-0113 при призначенні ремонтів може бути використана одна з міжремонтних схем [1], наприклад:

М – КОР – С – КОР – ПСР – КОР – С – КОР – М,

де М – модернізація колії;

КОР – комплексно-оздоровчий ремонт;

СР – середній ремонт;

ПСР – посилений середній ремонт;

М – модернізація колії призначається при пропущеному тоннажу 650...800 млн т брутто для повної заміни рейко-шпальної решітки на нову на коліях швидкісної, I-IV категорій з одночасним очищенням і поповненням щебеневого баласту. При модернізації колії крім безпосередньо колійних робіт передбачається виправлення колії в профілі та перебудову кривих в плані з встановленням проектних радіусів;

ПСР – посилений середній ремонт колії виконується на головних коліях швидкісної, I-IV категорій з залізобетонними шпалами і призначений для оздоровлення колії при пропущеному тоннажу 450...600 млн т брутто;

СР – середній ремонт колії виконується при забрудненості баласту 20 % на головних та станційних коліях і призначений для оздоровлення баластної призми за рахунок суцільного очищення щебеневого баласту або оновлення забрудненого баласту інших видів;

КОР – комплексно-оздоровчий ремонт колії виконується на головних і станційних коліях в проміжки між переліченими вище ремонтами і призначений для забезпечення рівнопружності підшпальної основи.

При комплексно-оздоровчому ремонті проводяться суцільна виправка і рихтування колії з використанням машинних комплексів, очищення забрудненого щебеню в місцях виплесків, заміна дефектних рейок, непридатних шпал, скріплень тощо.

Методика дослідження

Критерієм при визначенні раціональної схеми періодичності ремонтів колії може бути сумарний економічний ефект з урахуванням додаткових загально транспортних витрат залежних від колії [2].

Сумарний по роках розрахункового періоду економічний ефект $\mathcal{E}_t$ визначається за формулою

$$\mathcal{E}_t = \sum_{t=t_n}^{t_k} (P_t - 3_t) \eta_t, \quad (2)$$

де P_t – вартісна оцінка результатів здійснення заходів в році t розрахункового періоду;

3_t – величина витрат на реалізацію варіанту року t розрахункового періоду;

$$\eta_t = \frac{1}{(1 + E_n)^t} \quad (3)$$

η_t – коефіцієнт дисконтування різночасових витрат;

Соціально-економічна норма дисконту E_n характеризує мінімальні вимоги суспільства до ефективності проектів. Вона вважається національним параметром, повинна встановлюватися централізовано органами управління народним господарством України і бути ув'язаною з економічним і соціальним розвитком країни:

$$E_n = \frac{1 + \frac{E}{100}}{1 + \frac{p}{100}}, \quad (4)$$

де E_n – банківський депозитний відсоток у валюті України;

p – прогнозований рівень інфляції.

При $E = 21\%$ та $p = 10\%$ соціально-економічна норма дисконту E_n становитиме 0,1.

З огляду на рівність результатів прийняття різних варіантів при виборі оптимального, може використовуватись величина сумарних витрат [2], які розраховуються за формулою:

$$\sum_{t=t_n}^{t_k} 3_t \eta_t = \sum_{t=t_n}^{t_k} (I_t + K_t) \eta_t, \quad (5)$$

де I_t – експлуатаційні витрати в році t ;

K_t – одноразові капітальні витрати в рік t з урахуванням повернення залишкової вартості основних фондів.

Експлуатаційні витрати (грн/км) включають наступні складові: I_{np} – вартість виконуваних проміжних ремонтів, I_{zp} – витрати на заробітну плату монтерам колії, зайнятих на поточному утриманні колії, I_{pc} – витрати на одиночну заміну рейок і скріплень з урахуванням їх вартості і витрат в зв'язку з наданням «вікон», $I_{шп}$ – витрати на одиночну заміну шпал, I_6 – витрати на поповнення баласту, I_{co} – витрати, зв'язані з подоланням сил опору руху поїзда, у частині залежної від стану колії, $I_{об}$ – витрати, викликані тривалими обмеженнями швидкості руху при виникненні дефектних місць у баластовому шарі (виплески, осідання тощо).

Розглянемо дві паралельні ділянки з суміщеним рухом вантажних та пасажирських поїздів, де вантажонапруженість брутто змінюється за приблизно однаковим законом, напри-

клад, $G_{до} = 0,053 \cdot t^2 + 1,728 \cdot t + 48,24$ (рис. 2). Після відхилення вантажних поїздів, що проходять транзитом на паралельний напрямок вантажонапруженість зменшилась приблизно вдві-

чі і змінюється за законом $G_{після} = 0,023 \cdot t^2 + 0,72 \cdot t + 20,1$ (рис. 2).

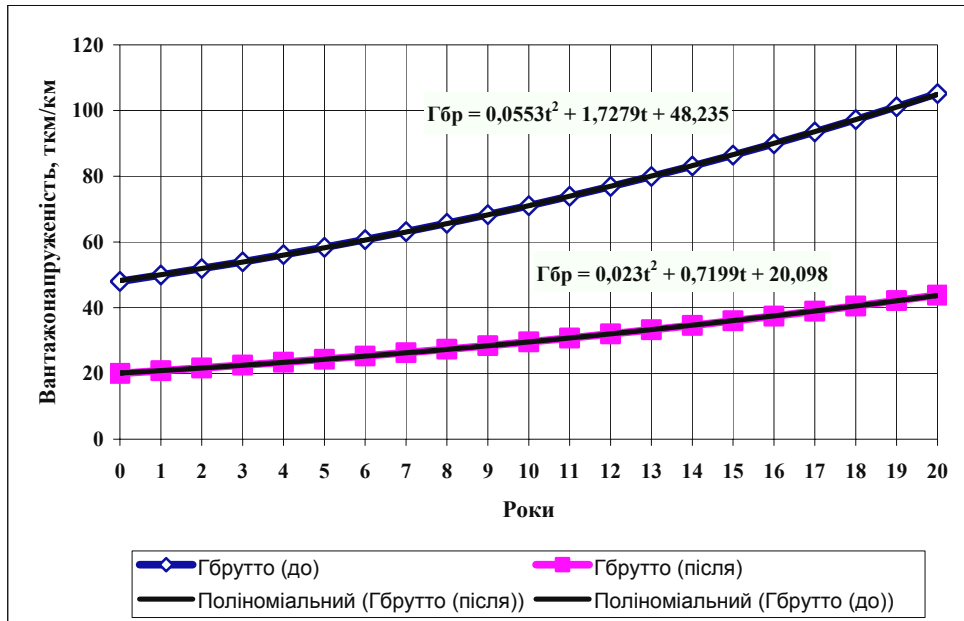


Рис. 2. Вантажонапруженість на ділянці (пасажирський хід) до і після відхилення транзитних поїздів на паралельний напрямок

До розмежування поїздопотоків при даних розмірах пропущеного тоннажу відповідно до рекомендацій [1] за двадцятирічний термін на обох паралельних ділянках слід провести по три модернізації колії, два середніх ремонту і чотири комплексно-оздоровчих (рис. 3, 4).

Після часткового переключення вантажопотоку на паралельний хід (вантажний напрямок), на пасажирському ході майже вдвічі зменшується пропущений тоннаж що призводить до, призначення на цьому напрямку всього двох модернізацій, одного середнього і двох комплексно-оздоровчих ремонтів (рис. 5, 6).

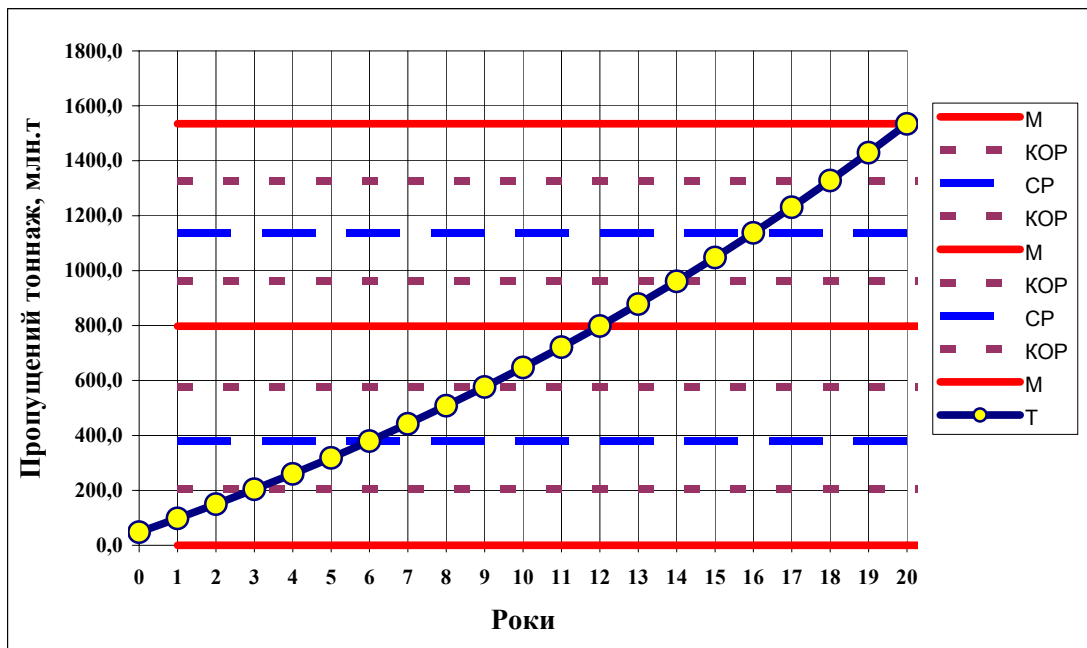


Рис. 3. Графік періодичності ремонтів до розмежування руху поїздів

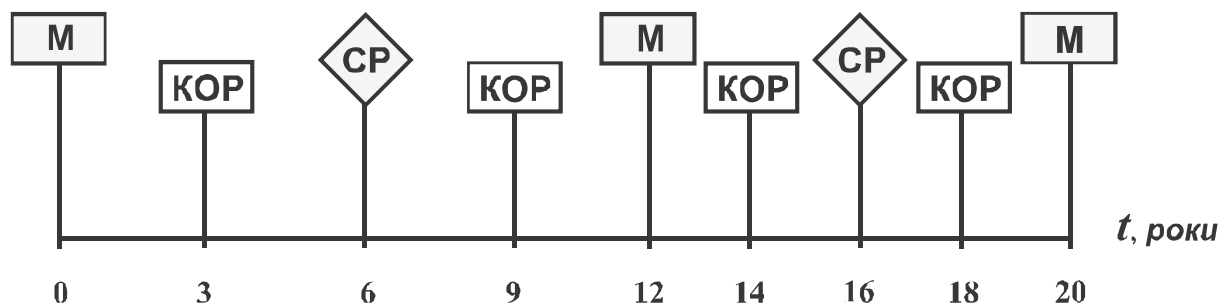


Рис. 4. Схема періодичності ремонтів до розмежування руху

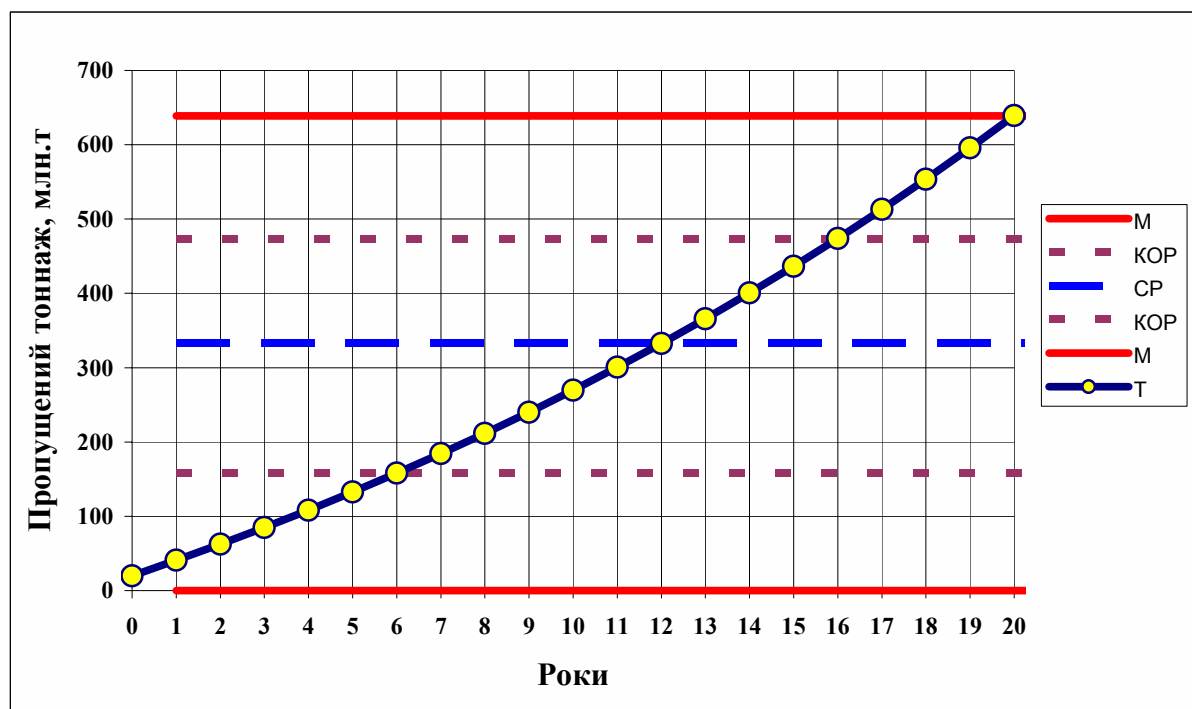


Рис. 5. Графік періодичності ремонтів після розмежування руху поїздів (пасажирський хід)

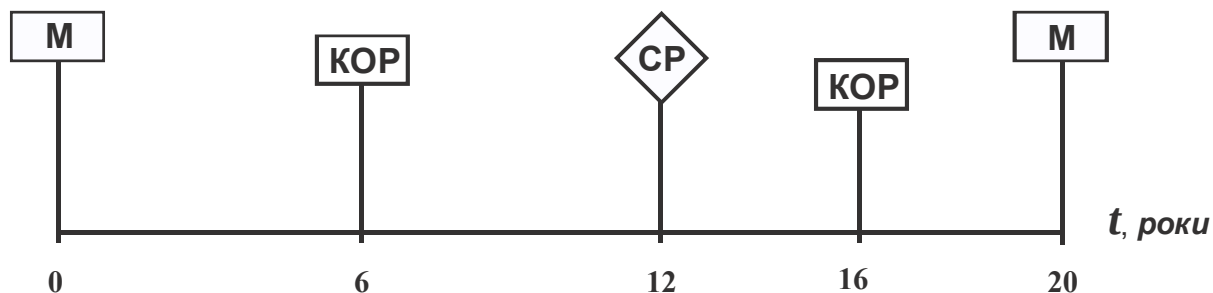


Рис. 6. Схема періодичності ремонтів після розмежування руху (пасажирський хід)

У той же час збільшення вантажнапруженості на вантажному ході призводить до того, що виникає необхідність призначати чотири модернізації за 20-річний період через 6...8 років. Таке зменшення строку між ремонтами дозволяє припустити, що між модернізаціями достатньо обмежитись комплексно-оздоровчими ремонтами колії (рис. 7, 8).

Як показав виконаний аналіз, після проведення ремонту щорічні експлуатаційні витрати

з часом зростають як на пасажирському, так і вантажному напрямках (рис. 9, 10).

Відповідно до формули (5) було виконано розрахунки сумарних витрат за вказаний період. Вартість ремонтів прийнята середньою за даними Львівської, Придніпровської залізниць і роботи [2] (табл. 1). Результати розрахунків наведено на рис. 11.

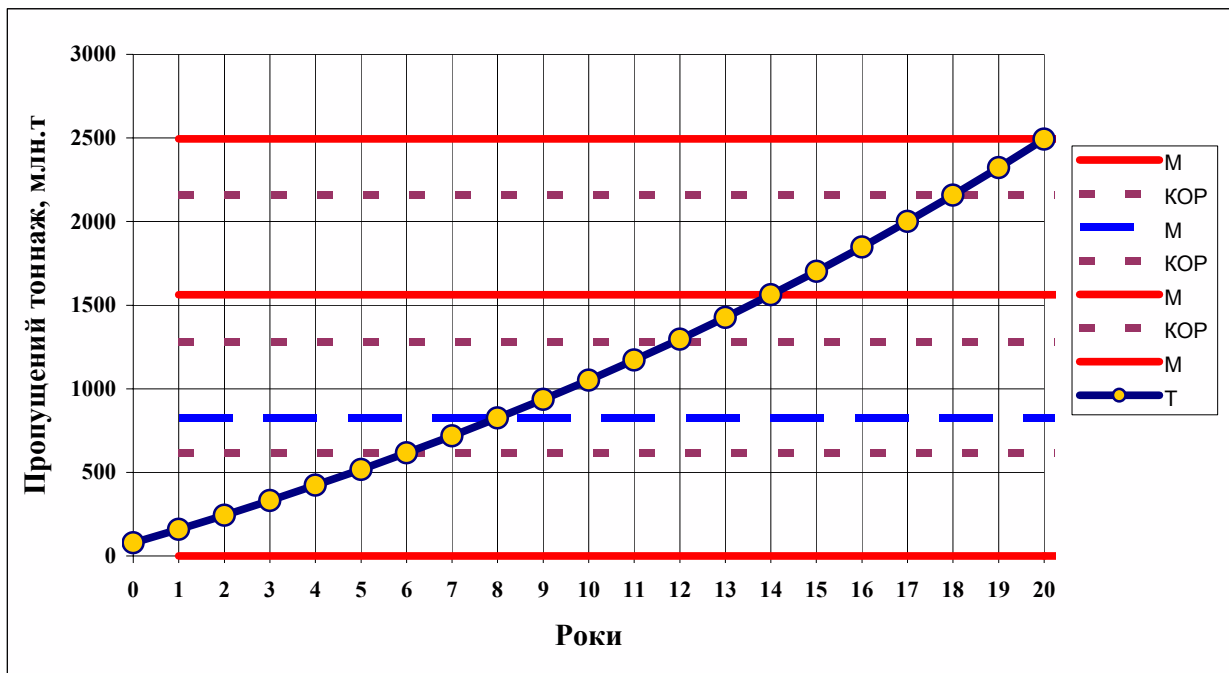


Рис. 7. Графік періодичності ремонтів після розмежування руху поїздів (вантажний хід)

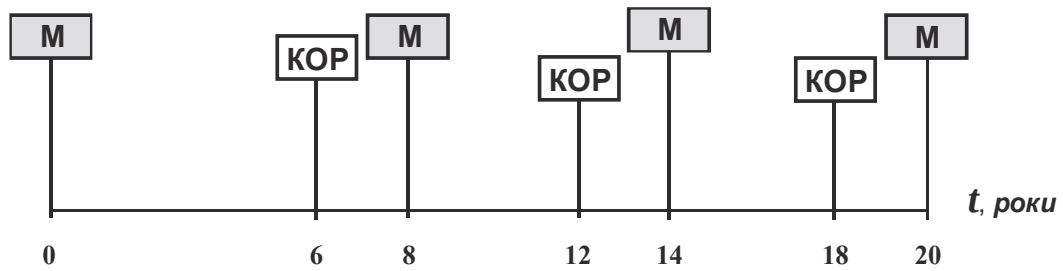


Рис. 8. Схема періодичності ремонтів після розмежування руху (вантажний хід)

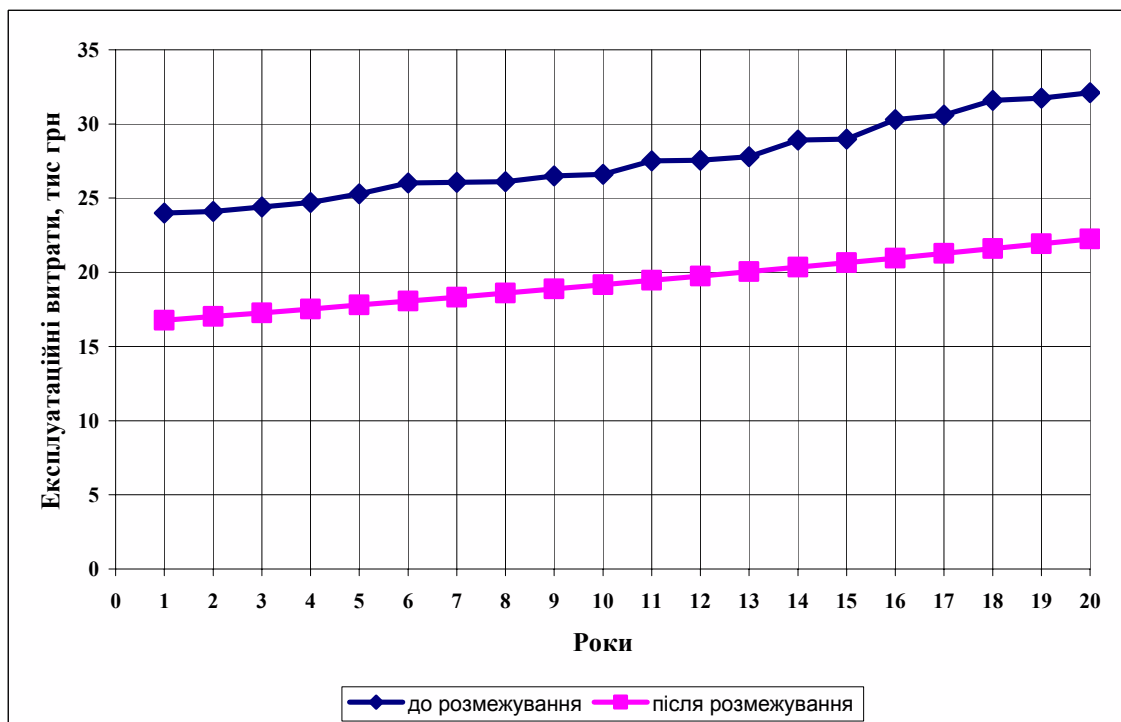


Рис. 9. Експлуатаційні витрати до і після розмежування руху (пасажирський хід)

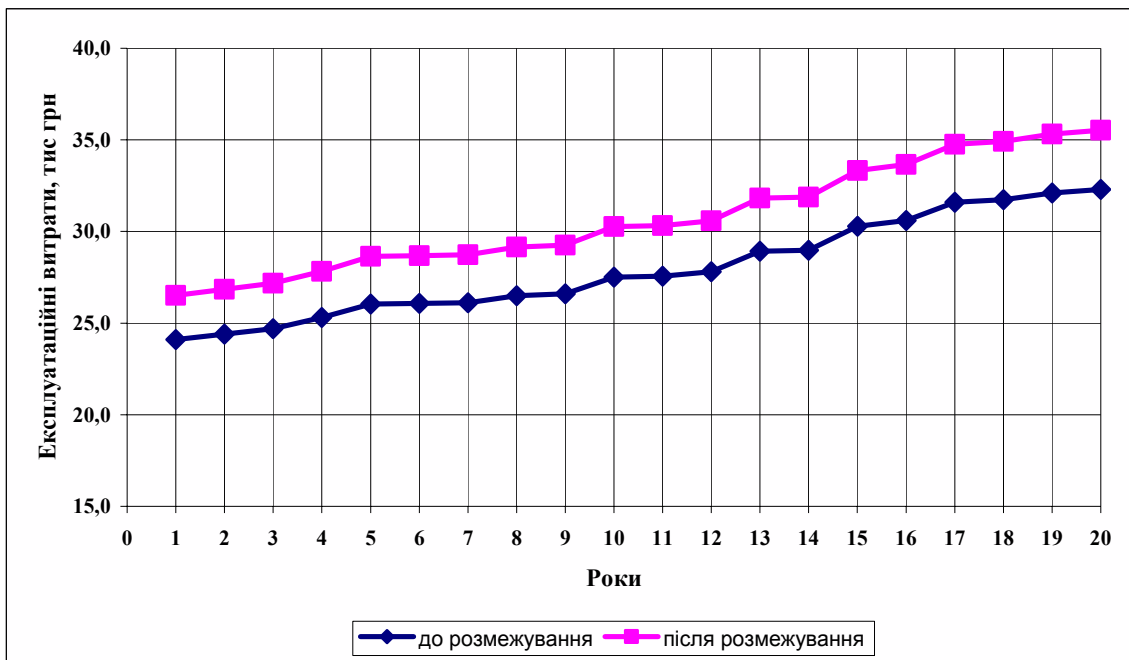


Рис. 10. Експлуатаційні витрати до і після розмежування руху (вантажний хід)

Таблиця 1

Вартість ремонтів колії

Вид ремонту	Вартість ремонтів (тис. грн.) за даними залізниць		
	Львівська	Придніпровська	УЗ
М	3050	3000	2875
СР	161	190	214
КОР	51,8	35	46

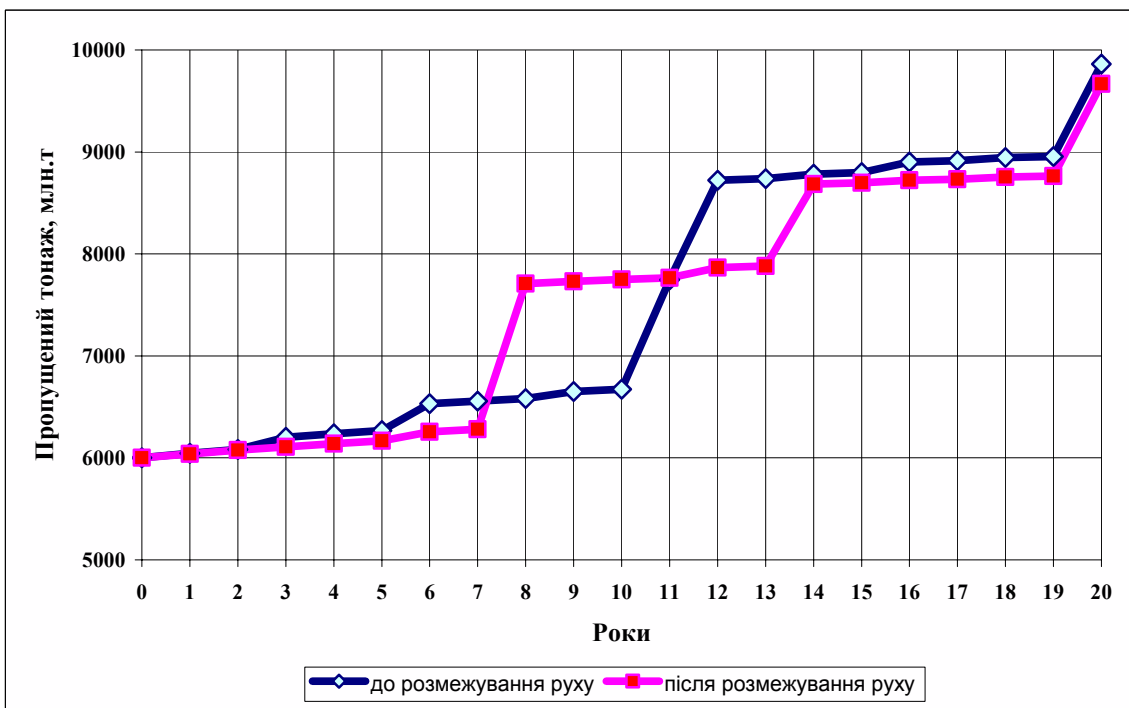


Рис. 11. Приведені витрати за двадцятирічний термін експлуатації до і після розмежування руху.

Отримані результати показують, що приведені витрати по двох паралельних напрямках приблизно однакові, але ж існуючі методики розрахунку не враховують багатьох факторів, що впливають на зменшення експлуатаційних витрат при розмежування вантажного та пасажирського рухів. Це, насамперед, скорочення кількості обгонів поїздів, що пов'язано зі зменшенням витрат на гальмуванням та зупинки, та підбір раціонального підвищення зовнішньої рейки в кривих. Тому у подальших дослідженнях планується розглянути вплив цих факторів для визначення ефективності запровадження спеціалізації напрямків за видами руху.

Висновки

Аналіз отриманих результатів дозволив зробити такі висновки:

1. Проблеми експлуатаційного і технічного характеру, що виникають при сумісному русі, пов'язані перш за все з розладами верхньої будови колії. Так, при переключенні поїздопотоків на паралельні ходи, змінюється інтенсивність руху вантажних і пасажирських поїздів та інші експлуатаційні параметри, що впливають на напружено-деформований стан колії, а отже на витрати, пов'язані з ремонтом і утриманням колії.

2. При розмежуванні вантажного й пасажирського руху слід визначати сумарний ефект по кожному напрямку окремо. Як показали розрахунки, за рахунок зниження осьового навантаження, зменшення напружень в елементах конструкції і кращих умов роботи колії періодичність призначення модернізації колії на пасажирських ходах становитиме 15...20 років проти 8...10 років на вантажнонапружених ділянках залізниць.

3. На ділянках пасажирського руху умови роботи колії покращуються за рахунок рівномірного навантаження обох рейкових ниток, що приводить до зменшення зносу колії і рухомого складу. Так як підвищення зовнішньої рейки в кривих встановлюється для пасажирських поїздів, то швидкість руху збільшується, що веде до скорочення часу і покращенню комфорту пасажирів.

4. На ділянках вантажного руху умови роботи колії покращуються за рахунок рівномірного

навантаження обох рейкових ниток, так як підвищення зовнішньої рейки в кривих встановлюється по швидкості вантажних поїздів,

5. На пасажирських і вантажних напрямках значно скорочується кількість обгонів поїздів, що призводить до зменшення експлуатаційних витрат, пов'язаних з гальмуванням, зупинками і розгоном поїздів, зменшується коефіцієнт зняття вантажних поїздів пасажирськими, що позитивно впливає на пропускну спроможність.

6. Запропонований підхід дозволяє враховувати можливість переключення частки поїздів на паралельні ходи і оцінити витрати, пов'язані з застосуванням різних схем періодичності ремонтів колії при розмежуванні вантажного й пасажирського руху.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України. ЦП-0113 [Текст]: Затв.: Наказ Укрзалізниці 10.08.2004 № 630-ЦЗ / Мін-во трансп. та зв'язку України. – К., 2004. – 32 с.
2. Проведення досліджень та розробка технічно обґрунтованих норм періодичності ремонтів та модернізації колії [Текст] : звіт про НДР / Дніпропетр. нац. ун-т заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – 40 с. – № ДР 0102U005874.
3. Баль, О. М. Підвищення ефективності ведення рейкового господарства за показниками надійності [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.06 / Дніпропетр. нац. ун-т заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2007. – 236 с.
4. Харлан, В. І. Визначення допустимої швидкості руху поїздів з примусовим нахилом кузовів вагонів у кривих ділянках колії [Текст] / В. І. Харлан, Д. М. Курган, І. О. Бондаренко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 18. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007. – С. 71-74.
5. Урахування впливу поїздопотоків на залізничну колію при перерозподілі перевезень між паралельними ходами [Текст] / М. Б. Курган [та ін.] // Тези доп. 69-ї Міжн. наук.-практ. конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (ДПТ). – Д., 2009. – С. 140.

Надійшла до редколегії 02.06.2010.

Прийнята до друку 23.06.2010.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ПЛАНУ ЛІНІЇ НА ВЕЛИЧИНУ ВІДЦЕНТРОВИХ НЕПОГАШЕНИХ СИЛ

Розглядається вплив параметрів кривих на величину відцентрових сил, що викликають розлад і знос колії.

Ключові слова: відцентрова непогашена сила, параметри плану лінії, модернізація колії

Рассматривается влияние параметров кривых на величину центробежных сил, которые вызывают расстройство и износ пути.

Ключевые слова: центробежная непогашенная сила, параметры плана линии, модернизация пути

The influence of parameters of curves on the value of centrifugal forces causing the rail track wear is considered.

Keywords: centrifugal uncompensated force, track line parameters, track modernization

1. Загальні положення. Мета дослідження

Завдання, що поставлені перед залізничним транспортом на період до 2020 року, впливають із схваленої Кабінетом Міністрів України Стратегії [1]. Основними з них є модернізація залізничних ліній за напрямками міжнародних транспортних коридорів; технічне переоснащення об'єктів інфраструктури залізниць; організація руху поїздів за напрямками, орієнтованими переважно на один вид перевезень (пасажирські або вантажні). Зупинимось більш детально на спеціалізації напрямків руху.

Переключення перевезень на паралельні ходи призводить до зміни інтенсивності руху вантажних і пасажирських поїздів, що впливає на напружено-деформований стан колії, а в кінцевому результаті на експлуатаційні витрати, ремонт і утримання колійної інфраструктури.

Загальну дію рухомого складу D , що призводить до зносу колійної інфраструктури, можна представити як сумарну роботу поздовжньої $D_{\text{позд}}$, поперечної $D_{\text{поп}}$ і вертикальної $D_{\text{верт}}$ сил [2, 3], тобто

$$D = \sqrt{D_{\text{позд}}^2 + D_{\text{поп}}^2 + D_{\text{верт}}^2}.$$

Кожна з названих сил визначається як добуток відповідного прискорення $a_{\text{позд}}$, $a_{\text{поп}}$, $a_{\text{верт}}$ на масу рухомого складу, а робота сил – як добуток сили на переміщення у відповідній площині.

2. Непогашена відцентрова сила

В умовах розмежування вантажного й пасажирського руху і підготовки пасажирських ходів до Євро-2012 великого значення набуває плавність руху і комфортабельність їзди.

В результаті розподілення потоків основний ефект полягає в зменшенні непогашених поперечних прискорень, що забезпечує більш високий рівень комфорту пасажирів та зменшення зносу верхньої будови колії і рухомого складу. Зменшення поперечних прискорень підвищує також стабільність положення верхньої будови колії і може призвести до збільшення міжремонтних періодів [3].

Для оцінки ефекту від зменшення розладу і зносу колії був застосований показник – непогашена відцентрова сила. Такий підхід слід вважати обґрунтованим, тому що поперечні сили всіх видів в кривих (направляючі сили, бокові і рамні) залежать від відцентрової сили [4].

Відцентрова сила I , що виникає при проходженні рухомого складу по кривій радіусом R , визначалась за формулою

$$I = \frac{m \cdot V^2}{R} = \frac{G \cdot V^2}{g \cdot R}, \quad (1)$$

де m – маса одиниці рухомого складу;

G , g – відповідно сила ваги і прискорення вільного падіння.

Сила I притискує екіпаж до зовнішньої рейки, перевантажуючи її і збільшуючи опір руху екіпажу. Крім того, ця сила впливає на самопочуття пасажирів.

При влаштуванні підвищення зовнішньої рейки h з'являється складова сили ваги H , спрямована усередину кривої (рис. 1), яка повністю чи частково врівноважує відцентрову силу.

При нестачі підвищення сила H не зрівноважує I , тоді має місце непогашена відцентрова сила

$$F_n = Q \left(\frac{V^2}{3,6^2 R} - \frac{gh}{S} \right). \quad (2)$$

Надалі робота поперечних сил на колію розглядалась умовно як сума непогашених відцентрових сил упродовж кривої, тобто

$$R_{\text{від}} = \int F_n \cdot \Delta S, \quad (3)$$

де ΔS – крок інтегрування (переміщення поїзда упродовж кривої, прийнято 1 м).

Метою роботи є розробка заходів щодо зменшення відцентрових сил, що діють на колію.

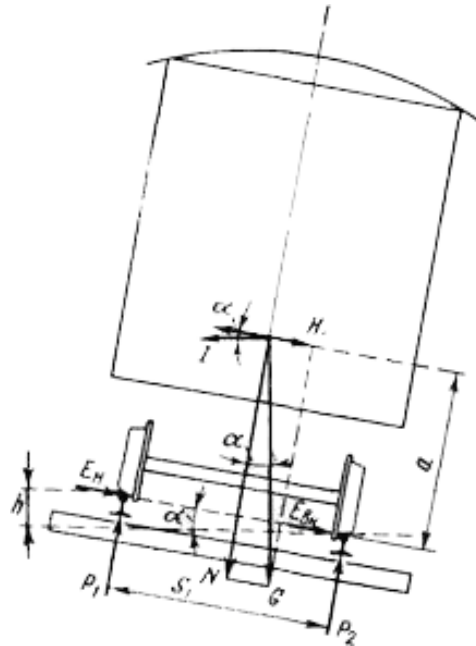


Рис. 1. Схема сил, що діють на екіпаж у кривій

3. Дослідження основних факторів, що впливають на величину непогашених відцентрових сил

Для визначення величини впливу відцентрових сил на колію були виконані розрахунки для ділянок Київ – Коростень, Київ – Козятин, Козятин – Шепетівка і Шепетівка – Коростень, які відрізняються параметрами плану і поздовжнього профілю. На першому етапі розрахунки виконувались для потоку поїздів при існуючо-

му підвищенні зовнішньої рейки в кривих. В якості характеристик плану лінії розглядались сума кутів повороту кривих, віднесених до 1 км α_0 , середній радіус кругових кривих $R_{\text{сер}}$ і середня кривизна (з урахуванням перехідних) $\frac{1}{\rho_{\text{сер}}}$. Розраховані параметри для ділянок, що досліджувались, наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Розрахункові параметри для досліджуваних ділянок

Показники	Вихідні дані для ділянок			
	Київ – Козятин	Коростень – Шепетівка	Козятин – Шепетівка	Київ – Коростень
L , км	160,5	150,9	149,4	50,0
α_0 , град./км	4,12	5,21	7,24	9,12
$R_{\text{сер}}$, м	1524	1402	1310	882
$\frac{1}{\rho_{\text{сер}}}$, м ⁻¹	$468 \cdot 10^{-6}$	$577 \cdot 10^{-6}$	$574 \cdot 10^{-6}$	$725 \cdot 10^{-6}$

За формулою (3) була розрахована робота непогашених відцентрових сил $R_{\text{від}}$ для різних мас рухомого складу та існуючого стану колії.

Результати наведені у вигляді гістограм на рис. 2.

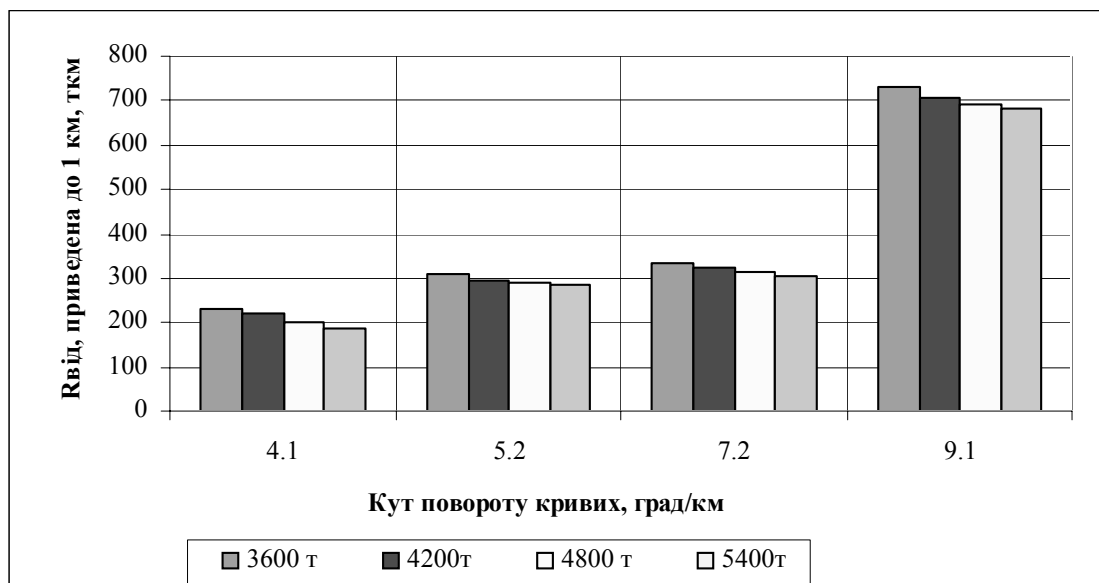


Рис. 2. Сумарна робота непогашених відцентрових сил на досліджуваних ділянках при різній масі поїзда

Аналіз динаміки зміни $R_{\text{від}}$ (рис. 2) показав, що при зростанні маси вантажних поїздів зменшується їх загальна кількість і сумарна дія

відцентрових сил на колію також зменшується (рис. 3).

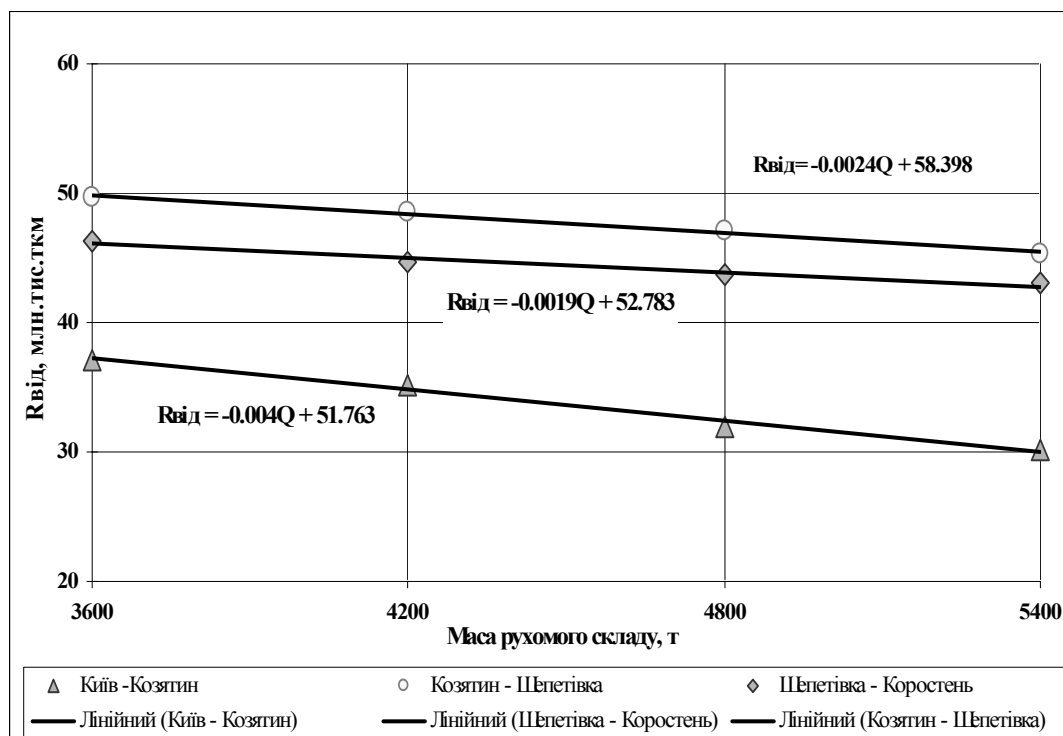


Рис. 3. Сумарна робота непогашених відцентрових сил в кривих

При зростанні вантажонапруженості кількість поїздів збільшується і сумарна дія відцен-

трових сил на колію в кривих може бути описана лінійним законом (рис. 4).

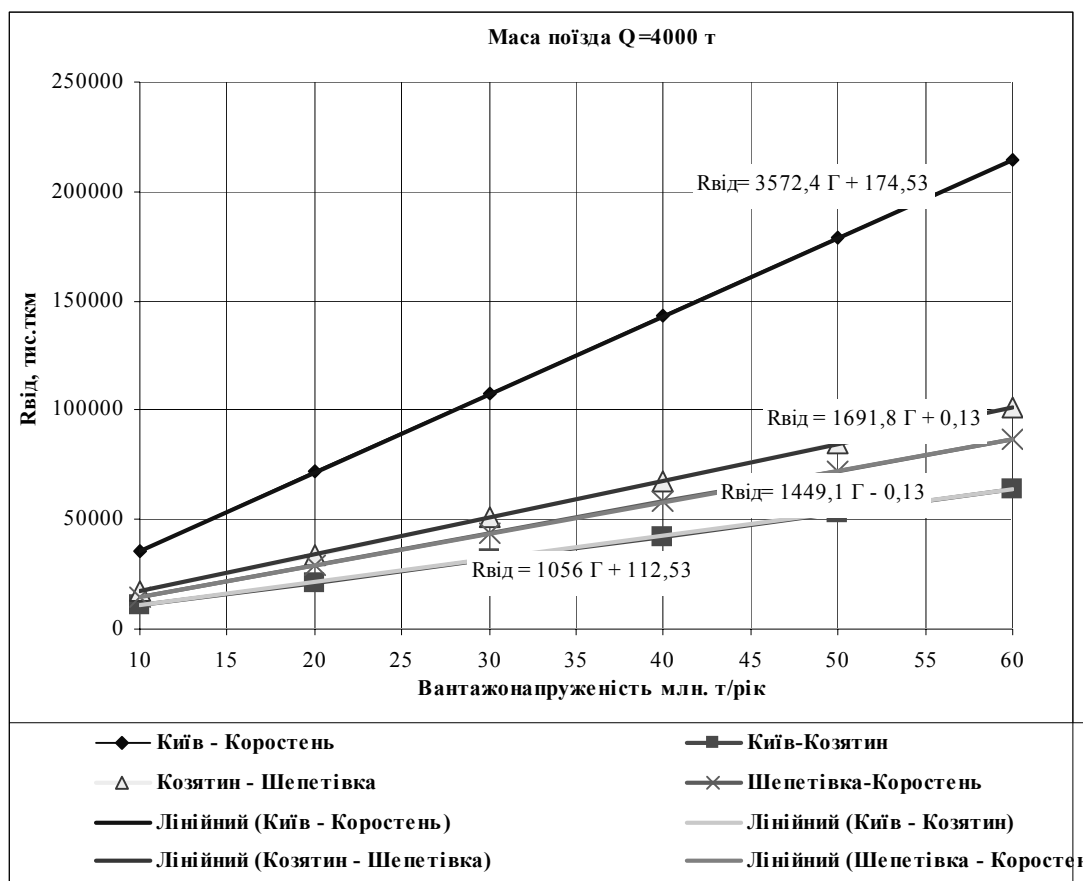


Рис. 4. Сумарна дія відцентрових сил в залежності від вантажопотоку

Аналіз отриманих розрахункових значень показав, що величина непогашених відцентрових сил корелює з параметром α_0 , експоненціальна залежність такого зв'язку наведена на

рис. 5. Експоненціальною залежністю може бути описано зв'язок непогашених відцентрових сил з показником середньої кривизни (рис. 6).

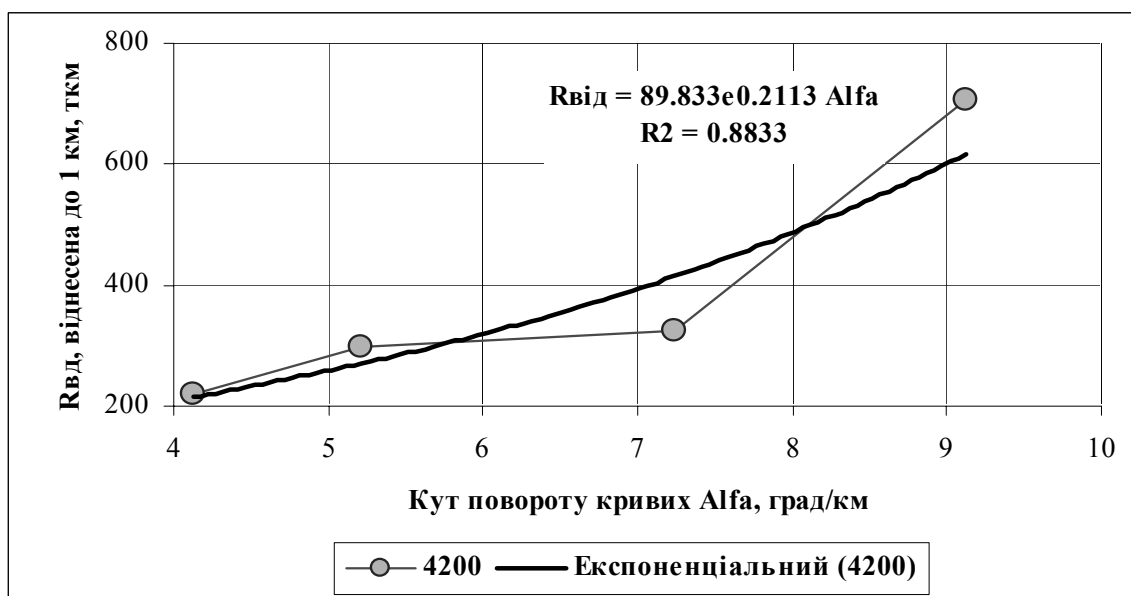


Рис. 5. Залежність роботи непогашених відцентрових сил від кута повороту, віднесеного до 1 км лінії

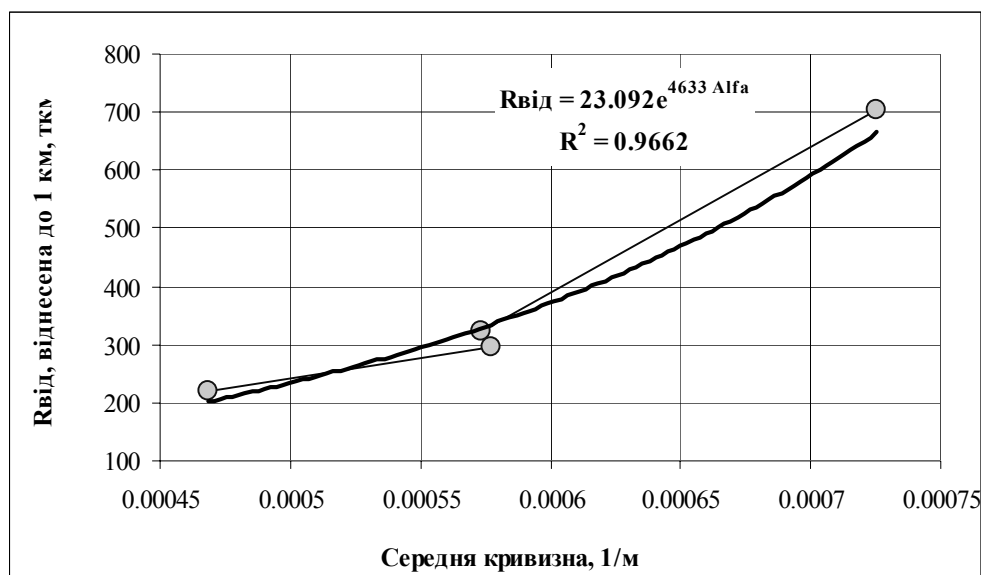


Рис. 6. Залежність роботи непогашених відцентрових сил від середньої кривизни

Розрахункові дані були також апроксимовані математичними функціями виду:

$$R_{\text{від}} = f\left(\alpha_0, \frac{1}{\rho}\right);$$

$$R_{\text{від}} = f(\alpha_0, R_{\text{сеп}}) \quad (4)$$

Використовуючи методику [5] і стандартну програму REGRFAK, були вибрані з 58-ми за-

пропонованих ті математичні функції, які дають найменшу похибку при апроксимації (5), (6). Порівняльні дані наведені в табл. 2 і 3.

$$R_{\text{від}} = \frac{1}{0,0160 - 0,000774\sqrt{i} - 0,000452\sqrt{\frac{1}{\rho}}} \quad (5)$$

$$R_{\text{від}} = 2982,6 - 119,7\sqrt{i} - 64,5\sqrt{R_{\text{сеп}}} \quad (6)$$

Таблиця 2

Результати апроксимації за формулою (5)

$i, \%$	$\frac{1}{\rho}$	$R_{\text{від}}, \text{ тис. т-км}$		Похибка, %
		Вихідні	Розрахункові	
4,12	0,000468	218,8	216,9	-0,28
5,21	0,000574	296,3	299,7	0,32
7,24	0,000577	324,5	327,9	0,34
9,12	0,000725	704,6	689,4	-0,64

Таблиця 3

Результати апроксимації за формулою (6)

$i, \%$	$R_{\text{сеп}}, \text{ м}$	$R_{\text{від}}, \text{ тис. т-км}$		Похибка, %
		Вихідні	Розрахункові	
4,12	1524	218,8	216,9	-0,88
5,21	1402	296,3	299,7	0,98
7,24	1310	324,5	327,9	-0,21
9,12	882	704,6	689,4	-0,04

З аналізу даних табл. 3 і 4 видно, що на сумарну роботу непогашених відцентрових сил основним впливовим фактором є радіуси кривих і їх довжина (кути повороту). Вплив перехідних кривих відбивається на роботі відцентрових сил не настільки суттєво.

4. Зменшення роботи відцентрових сил у кривих

Одним із способів зменшення бокового зносу є встановлення оптимального підвищення зовнішньої рейки в кривих. У порядку експерименту на напрямку Курган – Челябінськ в кривих були влаштовані підвищення, що забезпечили однакові навантаження на обидві рейкові нитки. Так, в кривій радіусом 809 метрів після зміни підвищення з 100 до 60 мм інтенсивність бічного зносу зменшилась рівно в два рази. Для порівняння варіантів використовувалася умовний показник – робота непогашених відцентрових сил. Сума таких умовних робіт по всій ділянці і для всіх типів рухомого складу і служить показником, який указує на ефект від зменшення непогашених поперечних прискорень.

Визначення роботи непогашених відцентрових сил і підвищень, які були б оптимальними за критерієм мінімуму цієї роботи, передбачені у програмі RWPlan [6]. Розрахунки виконуються наступним чином.

1. За результатами зйомки у програмі RWPlan відтворюється існуючий план.

2. За програмою MoveRW виконуються тягові розрахунки для різних категорій поїздів, що обертаються на ділянці.

3. У програмі RWPlan задаються поїздопотоки для існуючого стану, а швидкості руху поїздів в кривих за результатами тягових розрахунків.

4. Для заданого поїздопотоків визначається робота непогашених відцентрових сил для існуючого стану і знаходяться підвищення, які для цього поїздопотоків забезпечать максимально допустимі швидкості і мінімум зносу колії.

5. Для пасажирського руху за спеціальною методикою в програмі RWPlan виконуються розрахунки перевлаштування плану в межах земляного полотна, яка забезпечить максимальні швидкості пасажирських поїздів і експресів.

6. На основі результатів тягових розрахунків формуються нові структури поїздопотоків і знаходяться підвищення для проектного плану лінії за умови мінімуму роботи непогашених відцентрових сил і забезпечення встановлених швидкостей руху.

За наведеною технологією були виконані розрахунки на напрямках: Київ – Коростень, Київ – Козятин, Козятин – Шепетівка і Шепетівка – Коростень (табл. 4). Результати наведені на рис. 7 і 8.

Таблиця 4

Результати розрахунків дії непогашених відцентрових сил $R_{\text{від}}$ на колію

Ділянки	G , млн т	Q , тонн	N , поїздів	Значення $R_{\text{від}}$, тис. т-км			
				Поїздопотік за $h_{\text{існ}}$		Поїздопотік за $h_{\text{опт}}$	
				парний	непарний	парний	непарний
Київ – Коростень	4,0	4000	1500	18934	19820	11963	12788
Київ – Козятин	51,8	4600	19500	128901	91221	61760	68721
Козятин – Шепетівка	41,7	4600	17888	134535	130087	85941	85337
Шепетівка – Коростень	3,0	3600	1150	7507	7720	4214	4203

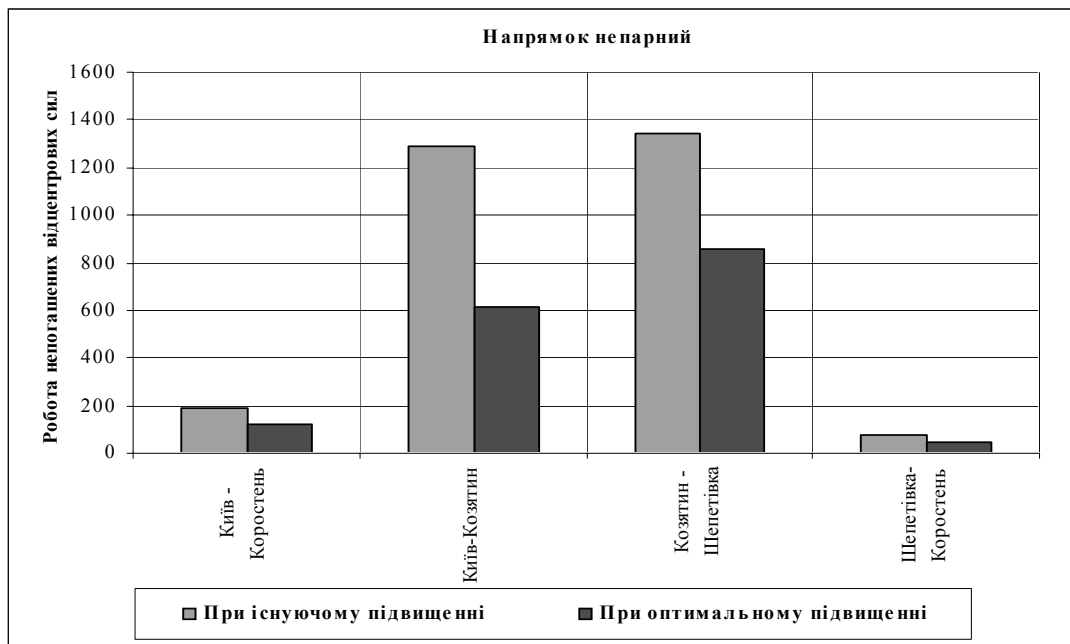


Рис. 7. Робота відцентрових сил до і після модернізації (напрямок не парний)

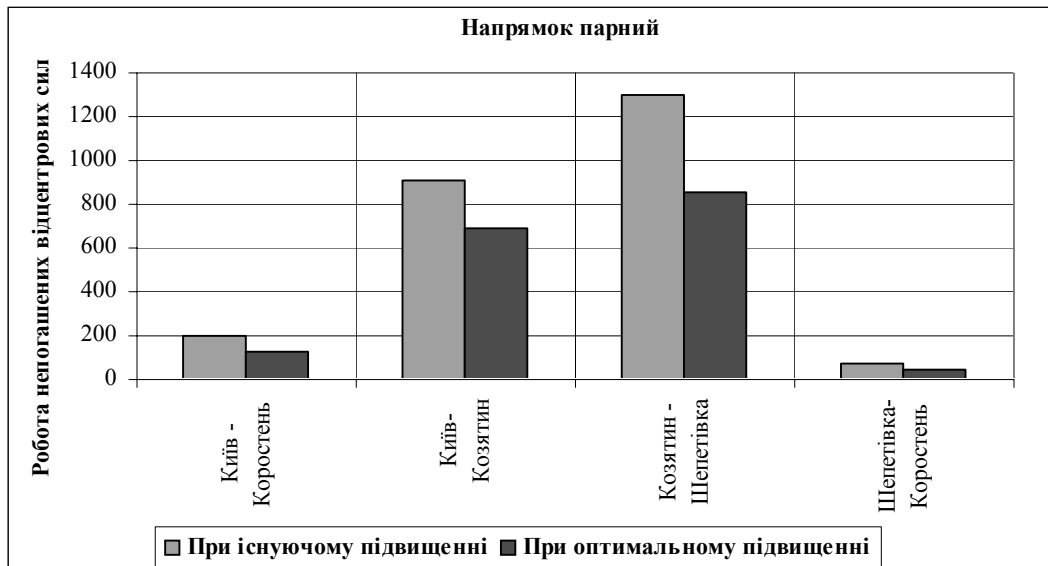


Рис. 8. Робота непогашених відцентрових сил до і після модернізації (напрямок парний)

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. З використанням параметрів плану ділянок Київ – Коростень, Київ – Козятин, Козятин – Шепетівка і Шепетівка – Коростень встановлено аналітичні залежності роботи непогашених відцентрових сил від кута повороту кривих, віднесених до 1 км, і середньої кривизни.

2. Запропоновано способи зменшення дії непогашених відцентрових сил в кривих ділянках колії. Розрахунки показали, що влаштування підвищень за умови мінімуму роботи непогашених відцентрових сил (навіть без розмежу-

вання потоків) дозволяє для ділянок, що розглядалися, зменшити цю роботу на 10...15 %.

3. Зменшення роботи непогашених відцентрових сил за рахунок встановлення оптимального підвищення зовнішньої рейки в кривих веде до скорочення витрат на ремонт колії та рухомого складу. Сучасні комп'ютерні технології, розроблені на кафедрі проектування і будівництва доріг ДПТУ доц. І. П. Корженевичем дозволяють достатньо просто виконувати розрахунки і надавати пропозиції щодо встановлення оптимального підвищення в кривих.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Стратегія розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року [Текст] : Схвалено Розп. Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. № 1555-р. – К., 2009. – 4 с.
2. Шахунянц, Г. М. Железнодорожный путь [Текст] : учебник / Г. М. Шахунянц. – М.: Транспорт, 1987. – 479 с.
3. Корженевич, І. П. Вплив підвищення швидкості руху поїздів на витрати, пов'язані із зносом колійної інфраструктури [Текст] / І. П. Корженевич, М. Б. Курган, Ю. С. Бараш // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 21. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 285-292.
4. Фришман, М. А. Как работает путь под поездами [Текст]. – 4-е изд. / М. А. Фришман. – М.: Транспорт, 1983. – 168 с.
5. Курган, М. Б. Математичні методи і моделі в спеціальних задачах [Текст] / М. Б. Курган, Д. М. Курган, І. О. Бондаренко. – Д.: ДНУЗТ, 2005. – С. 27.
6. Корженевич, І. П. Розширені можливості проектування перебудови плану під високі швидкості поїздів у програмі RWPlan 1.3.4 [Текст] / І. П. Корженевич. // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 19. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 67-77.

Надійшла до редколегії 18.05.2010.

Прийнята до друку 28.05.2010.

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН СТІЛОЧНОГО ПЕРЕВОДУ ТИПУ Р65 МАРКИ 1/11 ПРОЕКТУ ДН 355 ЗА ДАНИМИ НАТУРНОГО ВИПРОБУВАННЯ

Наведено результати натурного випробування на міцність стрілочного переводу типу Р65 марки 1/11 проекту Дн 355.

Ключові слова: стрілочний перевід, випробування на міцність, напружено-деформований стан

Приведены результаты натурного испытания на прочность стрелочного перевода типа Р65 марки 1/11 проекта Дн 355.

Ключевые слова: стрелочный перевод, испытания на прочность, напряженно-деформированное состояние

The results of verification strength test in site of the switch type R65 mark 1/11 of the design Dn 355 are presented.

Keywords: switch, strength test, stressed-and-strained state

Принциповою відмінністю стрілочного переводу типу Р65 марки 1/11 проекту Дн 355 на залізобетонних брусах від своїх попередників – переводів таких самих марки й типу проектів М1740, 65111Ж, Дн 300 – є застосування в його конструкції криволінійного гостряка дотичного типу, тоді як у перерахованих вище використується січний гостряк.

Наслідком зміни типу гостряка стало збільшення його довжини, що, разом з потребою мати однакову практичну довжину з переводами проектів М1740 та 65111Ж, зумовило зменшення довжини переднього вильоту рамної рейки нового переводу більше ніж на 500 мм. Зміна довжини гостряка вплинула також на схему розкладення брусів під ним: у межах бокового стругання з'явилося шість прогонів по 620 мм (донедавна максимальна відстань між брусами в цій зоні не перевищувала 580 мм).

Крім стрілки, серйозних змін зазнала також конструкція хрестовини. У новому переводі застосовується жорстка хрестовина, у якій найбільш зношувані частини вусовиків та сердечника відлиті з марганцевистої сталі у вигляді одного моноблока, а виготовлені зі стандартних рейок закінчення приварені до його торців. Разом зі зменшенням нерівножорсткості у хвості хрестовини та очевидними зручностями в утриманні її заднього стику, це дозволяє вварювати перевід у колію за допомогою алюмініо-термітного зварювання.

У нового переводу є багато спільних рис з переводами проектів М1740 та Дн 300.

У переводах проектів Дн 355 та М1740: збігаються радіуси гостряка та перевідної кривої, ширина колії по прямому та боковому напрям-

ках, починаючи з 25-го бруса – схема розкладення брусів; у проміжному кріпленні застосовується жорстка клема; ідентичні конструкції незалежних контррейок.

З переводом проекту Дн 300 у нового аналогічні конструкції рамних рейок (відсутні горизонтальні упорки) та однакове проміжне кріплення рейок (шурупно-дюбельне).

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАННЯ ТА ОБРОБКИ ДАНИХ

Дослідний стрілочний перевід був укладений у колію на початку грудня 2005 року (перевід № 12 ст. Вільнянськ Придніпровської залізниці). Випробування проводилися в другій половині квітня 2006 року. До початку випробування по боковому напрямку переводу було пропущено близько 20 млн т вантажу брутто, по прямому – близько восьми.

На початку та в кінці випробування дослідний перевід обмірювався відповідно до вимог [1]. Обміри виявили, що:

– за рівнем та положенням у плані прямого напрямку перевід утримувався дуже добре, а за шириною колії були наявні відступи в бік збільшення. По прямому напрямку в межах переднього стику рамної рейки, вістря та кореня гостряка ширина колії перевищувала номінал на 9...10 мм, за межами стрілки була в нормі; у перевідній кривій ширина колії перебувала в діапазоні від 1 529 до 1 532 мм;

– майже всі ординати перевідної кривої були менші за нормативні на 5...8 мм (що не суперечить вимогам [1]);

– величина горизонтального зносу гостряка та рейок перевідної кривої становила близько 3 мм. Спостерігалися викривлення гостряка в межах вістря довжиною до 80 мм та глибиною до 5 мм, які були вчасно зашліфовані. До упорних накладок та стрілочних подушок гостряки прилягали щільно. Розміри жолобів у хрестовині та контррейках відповідали нормативу.

Аналіз фактичної схеми розкладення брусів вказує на те, що різниця між проектним та фактичним положенням у 85 % брусів не перевищувала 50 мм; у решті випадків різниця доходила до 80 мм. Викликає занепокоєння, що в межах бокового стругання гостряка відстань між брусами № 5 і 6 складала 700 мм, а № 8 і 9 – 680 мм, за норми 620 мм. Для ліквідації цих відступів необхідно під час укладення стрілочних переводів проекту Дн 355 в колію контролювати відстані між брусами в стрілці та негайно усувати виявлені недоліки.

Під час обстеження стану залізобетонних брусів у багатьох з них були виявлені тріщини, а в межах хрестовинного вузла – навіть кілька невеликих виколів бетону. Найчастіше тріщини зустрічалися на боковій поверхні бруса в зоні дюбеля, їх довжини досягали 5 см, розкриття не спостерігалось.

По прямому напрямку дослідного перевodu було встановлено 59 приладів, по боковому 89. Схеми їх розташування зображені на рис. 1.

Прилади встановлювалися в місцях, де величини їх показань повинні бути близькими до екстремальних, або якомога частіше в разі відсутності такої інформації (гостряк). Рішення не встановлювати прилади в межах з'єднувальної частини та не визначати горизонтальну силу, що діє на рейкові елементи дослідного перевodu під час руху по прямому напрямку, було прийнято з огляду на аналогічність з'єднувальних частин дослідного перевodu й переводів проектів М1740 і Дн 300 та наявність результатів, що суттєво менші за допустимі значення. Детальне положення приладів для вимірювання напружень у хрестовині та в межах контррейкового вузла наведено на рис. 2, 3.

Для реєстрації напружень у металевих частинах дослідного перевodu та вертикальних сил, що передаються від коліс на рейки, використовувалися прямокутні тензорезистори типу КФ5П1 з базами 20 мм та 10 мм та номінальним опором 200 Ом виробництва ПКФ «Веда» (ТВ 3.06 України 7710-0001-93). Датчики з базою 10 мм застосовувалися у хвостовій частині хрестовини (прилади «45» («47»)–«50» («52»)). Для визначення напружень у підшвах рейок та гостряків, а також у підшві (у межах горла) й рейкових закінченнях хрестовини тензорезис-

тори наклеювалися в межах внутрішньої та (або) зовнішньої кромки (на відстані 5...7 мм від кромки). Прилади для визначення напружень у кромках головки рейки та контррейки наклеювалися на їх неробочих гранях у перерізах посередині ящика (для контррейки в місцях, де закінчувалася її пряма частина й починалося відхилення, та приблизно посередині прямої частини).

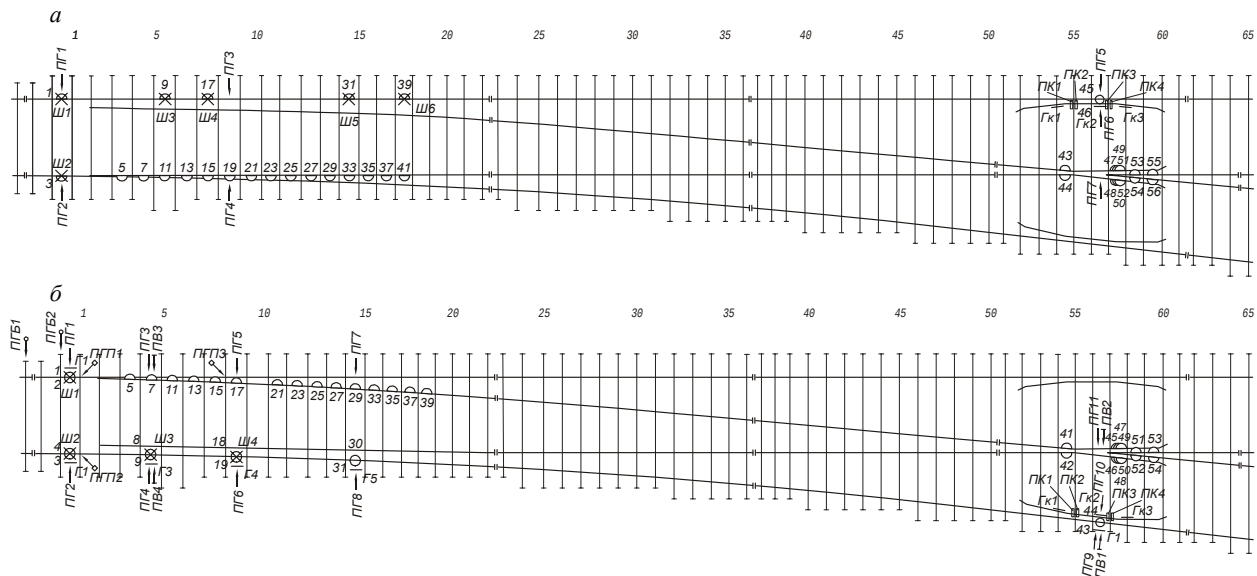
Переміщення рейкових елементів дослідного перевodu та брусів визначалися за допомогою прогиномірів типу ЦНИИ. Вертикальні сили встановлювалися за методикою Колієвипробувальної ГНДЛ. Горизонтальні сили одержано за методом д-ра техн. наук О. П. Єршкова у перерізах, де розташовувалися прилади «Г».

Випробування та розшифровка одержаних даних виконані Колієвипробувальною ГНДЛ ДНУЗТ за допомогою вимірювально-інформаційної системи «ПОНІЛ ДИИТ – 1», що пройшла державну метрологічну атестацію відповідно до чинного порядку.

Випробування виконувалося під дією дослідного поїзда, який рухався в режимі вибігу.

Під час руху по прямому напрямку перевodu поїзд складався з двох електровозів (за швидкостей до 80 км/год включно – серій ВЛ8 і ВЛ11, за більших – два ЧС7), двох пасажирських вагонів на візках моделі КВЗ-ЦНИИ (12,75 т/вісь) і трьох чотиривісних піввагонів на візках моделі 18-100, завантажених щебенем (25,1; 24,5 і 24,1 т/вісь). За швидкостей більше 80 км/год вантажні вагони з дослідного поїзда вилучались, швидкість 140 км/год була реалізована тільки одним електровозом серії ЧС7. Під час випробування по боковому напрямку використовувалися ті самі вагони, що й під час випробування по прямому: половина поїздок була виконана з електровозами серій ВЛ8 і ВЛ11, половина – з двома ЧС2. Поїздки по перевodu здійснювалися зі швидкостями: по прямому напрямку – 5, 40, 80, 100, 120 і 140 км/год; по боковому – 5, 15, 25, 40 і 50 км/год.

Статистична обробка та аналіз даних виконані за технологією, наведеною в [2]. Групування даних зроблено таким чином. Під час руху по прямому напрямку для кожного екіпажа вони об'єднувалися без розподілу на окремі осі; по боковому – показання, одержані для локомотива серії ВЛ11 та вагонів, групувалися окремо для перших та других за напрямом руху поїзда осей візків, для локомотива серії ВЛ8, зважаючи на наявність поздовжнього зв'язку між його візками, іншим порядком: група 1 – вісь 1; 2 – 2; 3 – осі 3 та 5; 4 – 4 та 6; 5 – 7; 6 – 8; а вплив кожної осі електровоза серії ЧС2 на перевід розглядався окремо.



Умовні позначення:

- ✕ – прилад для вимірювання вертикальних сил, що діють на рейкові елементи;
- ∩ – прилад для вимірювання напружень у кромці підшви рейки, гостряка та хрестовини;
- |— – прилад для вимірювання напружень у неробочих кромках головки рейки та контррейки;
- ↑, ↓ – прилади для вимірювання відповідно вертикальних і горизонтальних переміщень рейки;
- ↔ – прилад для вимірювання горизонтальних переміщень бруса;
- ↔ – прилад для вимірювання горизонтальних переміщень підкладки на брусі;
- – прилад для вимірювань напружень у спеціальній стрілочній підкладці контррейки

Рис. 1. Схема установлення приладів: а – по прямому напрямку перевodu, б – по боковому

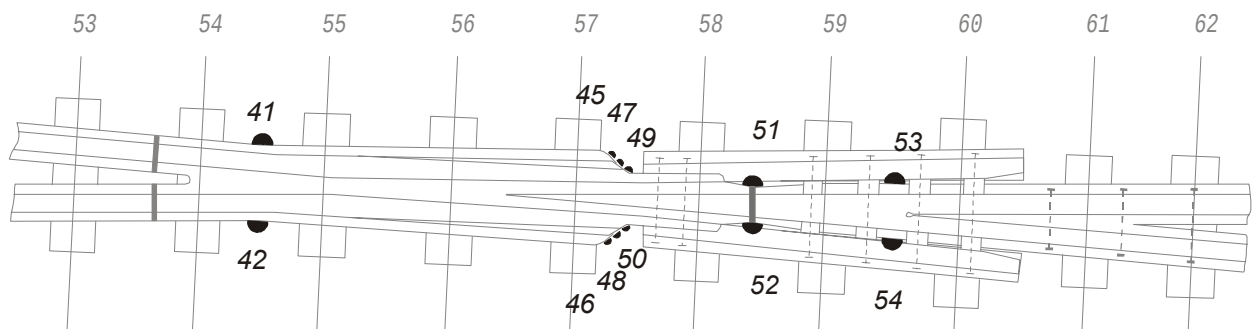


Рис. 2. Схема установлення приладів для визначення напружень у підшві хрестовини

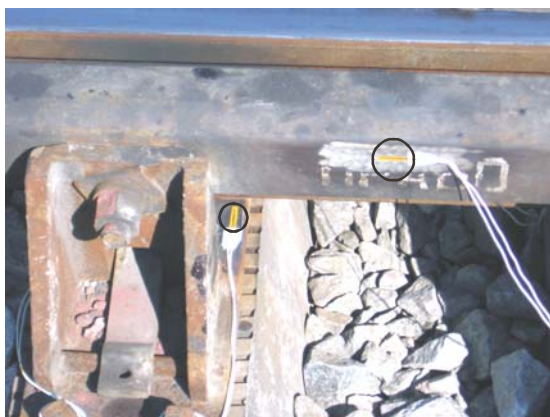


Рис. 3. Розташування приладів для визначення напружень у спеціальній стрілочній підкладці та в неробочій грані контррейки

Допустимі та рекомендовані значення сил, деформацій та напружень у елементах стрілочного перевodu становлять [2]:

1. Напруження, МПа:

- гостряки275
- контррейки330
- решта елементів.....250
- підкладки, що укладаються в межах незалежної контррейки (рекомендоване) [3]....200
- підшва хвостової частини хрестовини (рекомендоване) [4]110

2. Вертикальні сили взаємодії колеса та рейки, кН.....200

3. Переміщення рейкових елементів, мм:

- вертикальні10
- горизонтальні (рекомендоване).....4

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ПЕРЕВОДУ ПІД ЧАС РУХУ ДОСЛІДНОГО ПОЇЗДА ПО ПРЯМОМУ НАПРЯМКУ

Результати випробування відповідно до типу та швидкості руху екіпажів, що входили до дослідного поїзда, наведено в табл. 1 - 4.

Найбільші значення досліджуваних показників спостерігалися під час руху завантаженого піввагона та електровозів серій ЧС7 та ВЛ11 з максимальними швидкостями.

Напруження в рейкових елементах та гостряку. Максимальні напруження в підозві рамних рейок незалежно від типу рухомого складу найчастіше реєструвалися приладом «9», найменші – приладом «17» (різниця між найменшим та найбільшим значеннями складала 180...240 %).

Максимуми напружень у підозві гостряка під час руху вантажних вагонів та локомотивів фіксувалися приладом «21», електровоза серії ЧС7 – «13», пасажирського вагона – приладами «13», «15», «19», «21». Необхідно зазначити, що напруження, зареєстровані приладами, які

розміщувалися в межах бокового стругання гостряка, перевищували напруження, що були зареєстровані приладами поза межами стругання.

Найбільші значення напружень у рамних рейках склали 166,8 МПа, у гостряку – 197,3 МПа, ходовій рейці біля контррейки (прилад «45») – 112,5 МПа. Усі ці значення не перевищують відповідних допустимих величин.

Напруження в хрестовині. Найбільші напруження зареєстровані приладами «51» і «52», вони суттєво перевищують рекомендоване значення. Решта приладів фіксували напруження в межах рекомендованого значення або дещо менші.

На рис. 4 зображено залежності максимальних напружень від швидкості для всіх екіпажів дослідного поїзда; крім максимальних ймовірних величин тут пунктирною лінією позначено також середні значення. Ці дані дозволяють зробити висновок, що конструкція хрестовини в місці сполучення литої частини з рейковими вусовиками недосконала: у всьому діапазоні

Таблиця 1
Середні ($\bar{\sigma}$) та максимальні ймовірні ($\sigma_{\text{max}}^{\text{й}}$) величини напружень у рейкових елементах та хрестовині, одержані під час руху дослідного поїзда по прямому напрямку, МПа

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год											
	5		40		80		100		120		140	
	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\text{max}}^{\text{й}}$	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\text{max}}^{\text{й}}$	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\text{max}}^{\text{й}}$	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\text{max}}^{\text{й}}$	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\text{max}}^{\text{й}}$	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\text{max}}^{\text{й}}$
Рамні рейки												
ВЛ11	75,0	98,6	84,2	121,4	99,1	143,8	–	–	–	–	–	–
ВЛ8	76,7	94,2	84,0	103,9	106,3	140,8	–	–	–	–	–	–
ЧС7	85,6	107,9	86,4	103,7	80,2	103,4	85,6	115,9	82,7	122,4	115,5	163,9
Піввагон	73,3	100,8	75,1	127,2	102,6	166,8	–	–	–	–	–	–
Пасажирський вагон	39,8	74,9	42,5	73,7	46,7	73,1	50,8	69,9	49,3	69,3	–	–
Гостряк												
ВЛ11	124,1	142,1	127,2	148,0	141,8	176,1	–	–	–	–	–	–
ВЛ8	121,3	147,7	124,1	170,0	128,4	177,9	–	–	–	–	–	–
ЧС7	110,7	121,4	112,5	131,4	117,1	149,4	118,7	145,8	128,6	158,0	114,6	167,8
Піввагон	126,6	145,2	130,0	158,2	138,6	197,3	–	–	–	–	–	–
Пасажирський вагон	74,6	97,8	73,0	100,7	75,2	101,5	66,8	87,6	71,0	94,3	–	–
Ходова рейка біля контррейки												
ВЛ11	64,6	78,0	69,7	87,7	68,4	92,4	–	–	–	–	–	–
ВЛ8	60,1	76,5	63,0	90,9	63,0	85,2	–	–	–	–	–	–
ЧС7	64,6	77,0	61,2	70,2	67,0	78,8	68,2	97,0	79,9	100,7	65,9	112,5
Піввагон	54,8	80,8	60,3	92,4	60,4	104,0	–	–	–	–	–	–
Пасажирський вагон	33,3	50,7	32,0	51,6	30,3	45,1	38,6	45,5	37,8	50,8	–	–
Моноблок хрестовини												
ВЛ11	120,9	153,5	123,5	193,0	176,0	232,0	–	–	–	–	–	–
ВЛ8	115,6	137,4	152,1	205,1	164,9	227,4	–	–	–	–	–	–
ЧС7	108,2	126,1	103,6	146,4	144,7	196,9	175,3	215,0	192,9	234,2	204,6	242,6
Піввагон	101,7	125,5	111,4	140,8	148,6	185,0	–	–	–	–	–	–
Пасажирський вагон	56,8	79,6	85,3	123,2	120,0	173,4	150,0	174,1	171,6	195,1	–	–
Рейкові закінчення хрестовини												
ВЛ11	39,5	53,4	57,8	68,2	67,3	85,2	–	–	–	–	–	–
ВЛ8	37,5	46,6	46,7	86,8	74,7	95,3	–	–	–	–	–	–
ЧС7	34,2	39,7	51,5	66,2	69,8	87,9	74,2	87,8	74,4	93,3	54,4	106,5
Піввагон	30,8	48,6	37,9	63,5	55,2	83,1	–	–	–	–	–	–
Пасажирський вагон	19,4	28,8	20,6	38,5	23,0	53,4	49,9	57,6	56,6	65,6	–	–

швидкостей для електровозів та піввагона не тільки максимальні ймовірні, але навіть середні значення напружень дорівнюють рекомендованій величині або перевищують її (для пасажирського вагона це твердження відповідає дійсності за швидкостей 80 км/год та більше). Зважаючи на те що рекомендоване значення відповідає межі витривалості сталі Г13Л, з якої виготовлено моноблок, ймовірність виникнення в цьому місці тріщин від утомленості є значною та підвищується зі збільшенням швидкості.

Напруження в підшві рейкових закінчень не перевищують 106,5 МПа, що суттєво менше допустимої величини.

Напруження в контррейці та спеціальних підкладках. Середні та максимальні спостережені значення обох величин наведено в одній таблиці та підрозділі, тому що фізика появи напружень у цих елементах однакова: за наяв-

ності удару колеса об контррейку напруження є, за відсутності – немає (до речі, через це неможна було застосовувати нормальний закон для вирівнювання даних). Зі збільшенням швидкості ефект удару збільшується, тому й максимальні величини напружень зростають, хоча середні значення незначні. Це вказує на те, що під час руху по прямому напрямку стрілочного перевалу колісні пари екіпажів контактують з контррейкою відносно рідко.

За наявності значного горизонтального удару колеса об контррейку найбільші напруження завжди реєструвалися приладами «ГК1» та «ПК1» або «ГК3» та «ПК4». За менших ударів показання приладу «ГК2» іноді дещо перевищували показання приладів «ГК1» або «ГК3» (відповідно до напрямку руху дослідного поїзда). Слід зазначити, що контактів контррейки та колісних пар вагонів було дуже мало, тому й

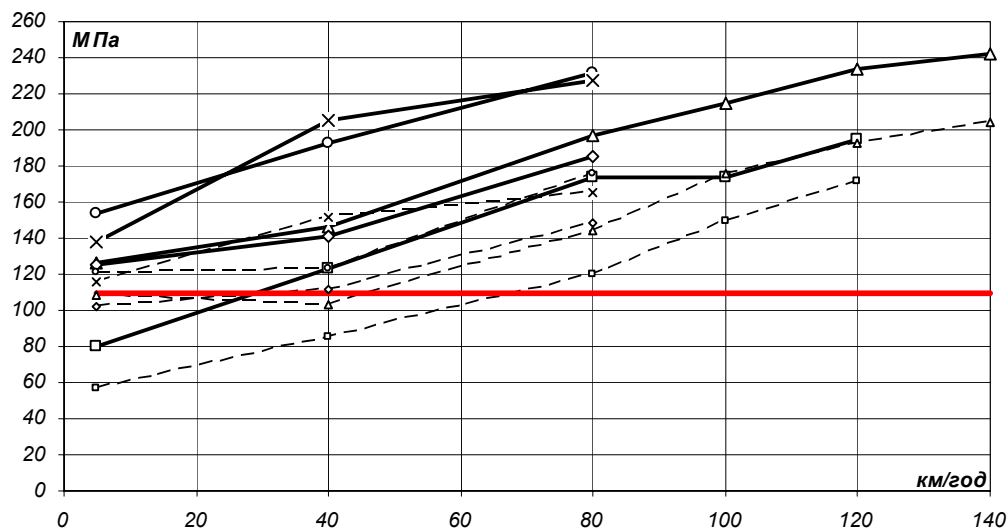


Рис. 4. Залежності максимальних ймовірних та середніх значень напружень у місці сполучення литої частини хрестовини з рейковими вусовиками від швидкості для різних екіпажів

Таблиця 2

Середні ($\bar{\sigma}$) та максимальні спостережені ($\sigma_{\max}^{\text{сп}}$) величини напружень у неробочій грані контррейки та в спеціальній стрілочній підкладці, одержані під час руху дослідного поїзда по прямому напрямку, МПа

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год											
	5		40		80		100		120		140	
	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\max}^{\text{сп}}$	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\max}^{\text{сп}}$	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\max}^{\text{сп}}$	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\max}^{\text{сп}}$	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\max}^{\text{сп}}$	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\max}^{\text{сп}}$
Контррейка												
ВЛ11	4,1	52,7	9,2	62,1	55,0	190,5	—	—	—	—	—	—
ВЛ8	-24,0	-28,8	-16,1	-30,5	-10,9	64,2	—	—	—	—	—	—
ЧС7	-16,5	-23,4	-19,4	-27,1	-15,3	-26,1	-8,8	45,9	-7,8	112,8	11,7	165,3
Піввагон	-18,1	35,2	-12,8	56,0	-20,4	31,1	—	—	—	—	—	—
Пасажирський вагон	-14,7	-25,7	-9,4	35,2	-15,1	-26,9	-14,3	-19,0	-6,5	26,6	—	—
Спеціальна стрілочна підкладка												
ВЛ11	30,2	117,5	28,1	131,6	50,5	176,5	—	—	—	—	—	—
ВЛ8	-22,4	-40,3	-17,2	-44,2	6,8	115,7	—	—	—	—	—	—
ЧС7	-25,7	-32,3	-25,8	-48,8	-16,0	-78,3	-6,5	67,2	-14,0	93,4	46,9	158,6
Піввагон	-10,0	60,0	-1,4	82,2	1,5	50,6	—	—	—	—	—	—
Пасажирський вагон	-6,7	32,6	-2,6	54,2	-4,4	-41,7	-2,9	13,2	-5,7	36,6	—	—

Середні ($\bar{P}$) та максимальні ймовірні ($P_{\max}^i$) величини вертикальних сил, одержані під час руху дослідного поїзда по прямому напрямку, кН

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год											
	5		40		80		100		120		140	
	$\bar{P}$	$P_{\max}^i$	$\bar{P}$	$P_{\max}^i$	$\bar{P}$	$P_{\max}^i$	$\bar{P}$	$P_{\max}^i$	$\bar{P}$	$P_{\max}^i$	$\bar{P}$	$P_{\max}^i$
ВЛ11	125,9	148,5	128,2	169,1	137,7	175,9	—	—	—	—	—	—
ВЛ8	124,9	147,4	128,3	151,6	144,8	184,8	—	—	—	—	—	—
ЧС7	116,5	149,5	112,2	144,3	129,8	150,9	138,6	172,3	126,9	162,0	136,0	168,2
Піввагон	123,2	151,5	122,8	170,7	146,5	194,8	—	—	—	—	—	—
Пасажирський вагон	63,2	88,2	61,0	84,2	67,1	91,4	72,8	95,0	74,0	106,3	—	—

Таблиця 4

Середні ($\bar{y}$) та максимальні ймовірні ($y_{\max}^i$) величини горизонтальних переміщень рейкових елементів, одержані під час руху дослідного поїзда по прямому напрямку, мм

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год											
	5		40		80		100		120		140	
	$\bar{y}$	$y_{\max}^i$	$\bar{y}$	$y_{\max}^i$	$\bar{y}$	$y_{\max}^i$	$\bar{y}$	$y_{\max}^i$	$\bar{y}$	$y_{\max}^i$	$\bar{y}$	$y_{\max}^i$
ВЛ11	0,50	1,16	0,50	1,11	1,20	2,05	—	—	—	—	—	—
ВЛ8	-0,64	-1,43	-0,72	-1,89	0,51	1,89	—	—	—	—	—	—
ЧС7	-0,96	-1,21	-0,88	-1,17	-0,96	-1,48	-1,17	-1,54	1,03	2,05	0,74	2,92
Піввагон	-0,71	-1,34	0,58	2,17	1,49	3,46	—	—	—	—	—	—
Пасажирський вагон	-0,58	-1,02	-0,61	-1,06	-0,78	-1,11	-0,73	-1,16	-0,76	-1,20	—	—

Примітка: мінус означає, що переміщення спрямоване всередину колії.

зустрічаються від'ємні максимальні значення (контррейка та підкладка працювали на стискання).

Одержані максимальні величини напружень у контррейці та спеціальних підкладках (190,5 МПа та 176,5 МПа) допустимих та рекомендованих значень не перевищують.

Вертикальні сили. За швидкостей вантажних локомотивів та вагонів близьких до максимальних величини сил наближуються до допустимих значень, але їх не перевищують (максимальна величина склала 194,8 кН).

Горизонтальні переміщення рейок. Максимальне переміщення зареєстровано приладом «ПГ1» під час руху піввагона, воно дорівнює 3,5 мм, що менше рекомендованої величини.

Горизонтальні переміщення ходової рейки, контррейки та хрестовини корелюють з напруженнями в контррейках та підкладках. Їх значення перебувають у таких діапазонах: ходова рейка -1,5...1,7 мм, контррейка -1,8...1,1 мм, хрестовина -1,0...1,3 мм. Усі ці значення не перевищують рекомендованої величини.

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН ПЕРЕВОДУ ПІД ЧАС РУХУ ДОСЛІДНОГО ПОЇЗДА ПО БОКОВОМУ НАПРЯМКУ

Результати аналізу напружень, сил та деформацій, одержаних під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку, наведено в табл. 5 - 10. Найчастіше найбільші значення

спостерігалися під час прямування по переводу електровозів зі швидкостями 40 та 50 км/год.

Напруження в рейкових елементах та гостряку. Найбільші по довжині рамних рейок напруження практично завжди реєструвалися приладом «1» у разі пошерстного напрямку руху дослідного поїзда.

У гостряку в переважній більшості випадків максимальні напруження фіксувалися під час протишерстного напрямку руху приладом «17». Подібно до прямого гостряка в межах бокового стругання криволінійного гостряка середнє значення напружень перевищує аналогічну величину за його межами в 1,5...2,0 разу. Це характерно для обох напрямків руху дослідного поїзда, щоправда, за пошерстного напрямку в тонких перерізах гостряка напруження набагато більші, ніж за протишерстного.

У підосві ходової рейки найбільші напруження досягають 129,9 МПа (прилад «43»), рамних рейок - 213,5 МПа, гостряка - 258,8 МПа, що допустимих значень не перевищує.

Напруження в хрестовині. Одержані напруження аналогічні даним, отриманим під час руху дослідного поїзда по прямому напрямку. Найбільші напруження зареєстровано приладами «49» і «50». За всіх реалізованих швидкостей для всіх екіпажів, крім пасажирського вагона, навіть середні значення напружень дорівнюють рекомендованій величині або перевищують її.

У підшвах рейкових закінчень найбільші напруження досягають 101,2 МПа, що менше допустимої величини.

Напруження в контррейці та спеціальних підкладках. Під час руху локомотивів у 2/3 випадків найбільші напруження спостерігалися в пошерстному напрямку (прилад «ГК3»), решта – у протишерстному (прилад «ГК1»); для вагонів максимальні значення реєструвалися лише за протишерстного напрямку (прилад «ГК1»). Показання приладу «ГК2», що розміщувався на прямій ділянці контррейки, у всіх

випадках були менші за показання приладів «ГК», розташованих на першому за напрямком руху поїзда відхиленні контррейки.

Звертає на себе увагу суттєве перевищення напружень у неробочій грані контррейки, одержаних під час руху самохідних екіпажів у порівнянні з несамохідними, хоча максимальна зареєстрована величина (304,2 МПа) допустиме значення не перевищує.

У спеціальних підкладках найбільші напруження реєструвалися приладом «ПК1» за протишерстного напрямку руху дослідного поїзда,

Таблиця 5

Середні ($\bar{\sigma}$) та максимальні ймовірні ($\sigma_{\text{max}}^{\text{й}}$) величини напружень у рейкових елементах, хрестовині, неробочій грані контррейки та спеціальній стрілочній підкладці, одержані під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку, МПа

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год									
	5		15		25		40		50	
	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\text{max}}^{\text{й}}$	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\text{max}}^{\text{й}}$	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\text{max}}^{\text{й}}$	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\text{max}}^{\text{й}}$	$\bar{\sigma}$	$\sigma_{\text{max}}^{\text{й}}$
Рамні рейки										
ВЛ11	130,5	150,8	138,1	167,0	149,8	184,1	157,0	193,7	165,5	199,0
ВЛ8	157,1	195,4	154,7	175,6	156,2	197,8	163,5	207,2	174,4	198,1
ЧС2	134,8	159,8	134,8	163,0	139,0	170,4	159,5	196,2	175,4	213,5
Піввагон	131,0	160,6	123,6	149,4	130,8	165,9	145,0	176,8	144,8	171,7
Пасажирський вагон	76,3	89,8	86,0	113,2	87,1	114,0	89,0	111,8	90,8	117,7
Гостряк										
ВЛ11	173,3	212,6	181,5	223,6	187,9	236,5	203,9	242,7	203,2	234,6
ВЛ8	190,2	211,1	189,8	207,7	193,0	211,4	191,4	221,0	217,5	243,6
ЧС2	210,1	230,8	205,3	229,1	223,7	252,7	235,7	255,2	242,6	258,8
Піввагон	171,2	201,9	168,3	197,3	175,1	205,6	182,2	215,9	185,1	208,8
Пасажирський вагон	111,1	137,5	110,7	137,5	116,4	144,2	115,2	140,1	118,5	147,8
Ходова рейка біля контррейки										
ВЛ11	77,1	110,7	81,2	112,3	78,7	112,4	81,3	129,9	73,9	114,6
ВЛ8	84,3	92,0	95,2	106,4	91,1	113,3	94,3	109,7	86,1	100,3
ЧС2	55,2	75,8	62,7	78,1	69,9	81,0	66,9	78,8	72,2	85,1
Піввагон	69,4	88,1	77,0	98,8	76,1	97,4	77,4	100,1	67,8	90,2
Пасажирський вагон	44,6	56,1	47,3	63,7	50,6	68,3	43,8	63,3	39,0	67,1
Моноблок хрестовини										
ВЛ11	120,0	152,3	130,8	165,7	130,1	157,8	139,3	166,0	160,5	188,1
ВЛ8	109,6	126,6	124,0	137,6	116,7	135,9	148,8	161,7	135,8	167,4
ЧС2	112,7	128,4	114,2	141,3	125,0	151,4	177,9	192,6	191,2	207,4
Піввагон	108,9	131,6	109,9	126,9	113,6	139,5	116,0	144,7	128,7	165,2
Пасажирський вагон	60,1	75,2	60,3	77,9	61,1	80,9	83,2	115,3	92,1	134,8
Рейкові закінчення хрестовини										
ВЛ11	46,6	67,4	47,7	73,9	48,3	72,5	57,9	75,8	62,4	76,0
ВЛ8	46,0	60,9	56,8	69,2	66,5	77,9	78,4	87,5	64,9	88,7
ЧС2	40,9	50,3	47,2	58,5	49,3	63,9	67,5	79,7	62,2	101,2
Піввагон	32,2	48,2	30,8	46,7	30,8	52,3	31,4	53,0	43,4	64,2
Пасажирський вагон	15,4	39,3	20,0	44,3	22,5	54,1	24,5	49,3	31,3	51,3
Контррейка										
ВЛ11	–	–	159,7	242,1	169,4	235,2	200,7	264,8	191,9	304,2
ВЛ8	–	–	101,1	131,6	116,9	144,0	108,3	147,4	126,5	182,4
ЧС2	172,7	186,2	149,1	193,2	175,6	204,2	186,2	256,1	203,9	234,0
Піввагон	93,0	129,0	96,5	126,7	102,2	136,5	94,0	134,5	98,5	135,4
Пасажирський вагон	69,0	103,1	73,3	122,5	77,9	130,2	91,4	141,2	82,5	142,0
Спеціальна стрілочна підкладка										
ВЛ11	–	–	231,9	266,2	234,2	306,0	245,1	304,7	237,9	314,0
ВЛ8	–	–	168,5	219,7	169,3	229,4	156,3	232,6	142,1	230,9
ЧС2	180,7	220,7	179,0	222,1	204,5	254,0	218,1	260,6	220,2	257,3
Піввагон	138,2	182,6	147,9	217,1	151,1	197,6	153,7	202,0	146,7	205,2
Пасажирський вагон	70,8	110,2	83,4	139,4	83,2	147,6	89,2	160,6	84,0	157,1

показання приладу «ПК2» були такого самого порядку, але дещо менші, прилади «ПК3» та «ПК4» (за протишерстного напрямку) реєстрували напруження менші в 2...4 рази.

Максимум напружень зафіксовано під час руху по дослідному переводу електровоза серії ВЛ11 (314,0 МПа), одержана величина перевищує рекомендоване значення в 1,6 разу. Це характерно для всіх локомотивів, що були включені до дослідного поїзда: за всіх швидкостей максимальні напруження були більші за рекомендоване значення. Під час руху вагонів напруження в підкладці значні, але рекомендоване значення практично не перевищують.

Наявність таких значних напружень може викликати появу в підкладках тріщин від утомленості та подальший вихід їх з ладу, що неминуче призведе до порушень безпеки руху поїздів через різке збільшення величини жолоба та втрату контррейкою своїх напрямних функцій.

Одержані результати вказують на потребу проведення додаткових лабораторних випробувань конструкції незалежної контррейки з метою визначення її нормативного й гарантійного термінів служби та на необхідність обов'язкового періодичного обстеження спеціальних стрілочних підкладок контррейок незалежного типу на наявність тріщин.

Вертикальні сили та переміщення рейок. Порівняння вертикальних сил, що зареєстровані по внутрішній та зовнішній рейках, вказує на наявність впливу непогашеного відцентрового прискорення на величину перерозподілу вертикальних сил між рейками. Тому цілком приро-

дно, що сили по зовнішній рейці (напрямній) більші в порівнянні з внутрішньою. І зі збільшенням швидкості руху дослідного поїзда ця різниця збільшується. Максимальна вертикальна сила зареєстрована приладом «Ш1» і складає 195,2 кН, що не перевищує допустимої величини.

Найбільше вертикальне переміщення рамних рейок склало 4,8 мм, хрестовини та ходової рейки біля контррейки – 2,8 мм, що свідчить про хороший стан баластового шару переводу та повністю відповідає нормативу.

Горизонтальні сили. Максимальні значення сил незалежно від типу екіпажа зареєстровано в передньому вильоті прямої рамної рейки за пошерстного напрямку руху дослідного поїзда (найбільша величина склала 132,2 кН). Слід зазначити, що в криволінійній рамній рейці (особливо за невеликих швидкостей) реєструвалися теж значні горизонтальні сили, спрямовані назовні.

За протишерстного напрямку руху дослідного поїзда в передньому вильоті рамних рейок та в перерізі криволінійної рамної рейки між 4-м та 5-м брусами горизонтальні сили були незначні, максимального значення – 45,5...106,6 кН (відповідно до типу екіпажа) – вони досягли в перерізах між брусами 8 і 9 та 14 і 15 за швидкості 15...25 км/год.

Горизонтальні переміщення рейок, підкладок, залізобетонних брусів; зміна ширини колії. Найбільші горизонтальні переміщення рамних рейок та підкладок – 6,6 мм та 2,7 мм –

Таблиця 6

Середні ($\bar{P}$) та максимальні ймовірні ($P_{\max}^{\text{й}}$) величини вертикальних сил, одержані під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку, кН

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год									
	5		15		25		40		50	
	$\bar{P}$	$P_{\max}^{\text{й}}$	$\bar{P}$	$P_{\max}^{\text{й}}$	$\bar{P}$	$P_{\max}^{\text{й}}$	$\bar{P}$	$P_{\max}^{\text{й}}$	$\bar{P}$	$P_{\max}^{\text{й}}$
ВЛ11	146,9	163,8	140,6	167,7	153,6	183,6	161,8	193,2	166,7	190,6
ВЛ8	158,6	178,9	155,7	174,7	158,3	189,3	165,2	194,0	170,9	191,0
Піввагон	136,5	150,4	132,6	155,9	145,7	179,4	156,8	195,2	165,2	188,3
Пасажи́рський вагон	62,9	91,1	76,1	94,9	69,4	93,2	78,1	93,0	82,7	97,0

Таблиця 7

Середні ($\bar{H}$) та максимальні ймовірні ($H_{\max}^{\text{й}}$) величини горизонтальних сил, одержані під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку, кН

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год									
	5		15		25		40		50	
	$\bar{H}$	$H_{\max}^{\text{й}}$	$\bar{H}$	$H_{\max}^{\text{й}}$	$\bar{H}$	$H_{\max}^{\text{й}}$	$\bar{H}$	$H_{\max}^{\text{й}}$	$\bar{H}$	$H_{\max}^{\text{й}}$
ВЛ11	55,2	87,2	61,3	86,4	65,1	97,7	70,7	99,5	76,0	106,9
ВЛ8	73,0	105,4	82,7	104,0	84,5	116,9	96,0	124,0	111,7	132,2
ЧС2	72,8	84,4	71,0	89,7	70,1	86,8	77,5	102,1	98,7	117,3
Піввагон	62,9	76,7	66,3	80,7	71,7	93,1	80,3	102,5	82,3	103,8
Пасажи́рський вагон	25,6	45,5	38,1	52,6	39,6	57,8	41,6	56,2	43,3	60,9

zareєстровано приладами «ПГЗ» та «ПГП1» відповідно за пошерстного напрямку руху дослідного поїзда. Переміщення ходової рейки біля контррейки, контррейки та хрестовини були в інтервалах відповідно 2,0...3,6 мм, -2,1...1,7 мм, -1,1...1,0 мм.

Для дослідження горизонтальних переміщень брусів дослідного перевалу прилади встановлювалися на два найкоротші бруси (2,55 м та 3,00 м), що розташовувалися у передньому вильоті рамної рейки. Найбільші переміщення zareєстровано приладом «ПГБ2» під час руху дослідного поїзда в пошерстному напрямку (1,0 мм).

Для визначення змін ширини колії показання прогиномірів, що розташовані один напроти іншого, додавалися й одержані суми складали первинні вибірки, які надалі підлягали статистичній обробці та аналізу. Максимальні розши-

рення в межах рамних рейок zareєстровано приладами «ПГЗ» та «ПГ4» – 8,9 мм, хрестовинного вузла – 4,5 мм.

Подібно до результатів випробування перевалу проекту Дн 300 [5], горизонтальні переміщення рамних рейок перевищують рекомендовану величину для всіх екіпажів, крім пасажирського вагона (максимальна величина більша в 1,7 разу). Найімовірніше, що основною причиною цього є конструкція рамних рейок та шурупно-дюбельне кріплення підкладок до брусів, а не застосування гострия дотичного типу. У будь-якому випадку одержані переміщення вказують на зменшення бокової жорсткості дослідного перевалу в порівнянні з перевалами проектів 1740 та 65111Ж, що повинно привести до зменшення інтенсивності горизонтального зносу рейок перевідної кривої та гострия.

Таблиця 8

Середні ($\bar{y}$) та максимальні ймовірні ($y_{\max}^{\text{ii}}$) величини горизонтальних переміщень рейкових елементів, одержані під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку, мм

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год									
	5		15		25		40		50	
	$\bar{y}$	$y_{\max}^{\text{ii}}$	$\bar{y}$	$y_{\max}^{\text{ii}}$	$\bar{y}$	$y_{\max}^{\text{ii}}$	$\bar{y}$	$y_{\max}^{\text{ii}}$	$\bar{y}$	$y_{\max}^{\text{ii}}$
ВЛ11	4,92	6,44	5,09	6,46	5,09	6,49	5,17	6,57	5,54	6,50
ВЛ8	4,64	5,26	4,67	5,37	4,55	5,47	4,87	5,83	4,95	5,87
ЧС2	5,00	5,77	4,92	5,78	4,80	5,24	5,07	5,77	5,13	5,67
Піввагон	4,18	5,40	4,42	5,70	4,42	6,04	4,51	5,64	4,50	5,99
Пасажирський вагон	2,58	3,50	2,54	3,65	2,45	3,58	2,69	3,83	3,06	3,98

Таблиця 9

Середні ($\bar{y}_n$) та максимальні ймовірні ($y_{n \max}^{\text{ii}}$) величини горизонтальних переміщень підкладок, одержані під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку, мм

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год									
	5		15		25		40		50	
	$\bar{y}_n$	$y_{n \max}^{\text{ii}}$	$\bar{y}_n$	$y_{n \max}^{\text{ii}}$	$\bar{y}_n$	$y_{n \max}^{\text{ii}}$	$\bar{y}_n$	$y_{n \max}^{\text{ii}}$	$\bar{y}_n$	$y_{n \max}^{\text{ii}}$
ВЛ11	1,84	2,21	1,85	2,22	1,86	2,38	1,89	2,47	1,79	2,26
ВЛ8	1,64	2,70	1,94	2,51	1,74	2,72	1,68	2,58	1,71	2,50
Піввагон	1,81	2,33	1,82	2,28	1,83	2,39	1,67	2,12	1,77	2,18
Пасажирський вагон	1,49	1,92	1,54	1,85	1,61	2,09	1,64	2,11	1,46	1,81

Таблиця 10

Середні ($\bar{\Delta}$) та максимальні ймовірні ($\Delta_{\max}^{\text{ii}}$) величини зміни ширини колії, одержані під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку, мм

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год									
	5		15		25		40		50	
	$\bar{\Delta}$	$\Delta_{\max}^{\text{ii}}$	$\bar{\Delta}$	$\Delta_{\max}^{\text{ii}}$	$\bar{\Delta}$	$\Delta_{\max}^{\text{ii}}$	$\bar{\Delta}$	$\Delta_{\max}^{\text{ii}}$	$\bar{\Delta}$	$\Delta_{\max}^{\text{ii}}$
Рамні рейки										
ВЛ11	7,14	8,61	7,50	8,72	7,43	8,76	7,35	8,63	7,79	8,87
ВЛ8	6,31	7,16	7,04	7,71	7,07	7,55	6,98	7,91	7,19	7,86
Піввагон	5,95	7,42	6,46	7,95	6,42	7,96	6,23	7,64	6,22	7,84
Пасажирський вагон	3,52	4,49	3,71	4,85	3,43	4,65	3,87	4,97	4,10	4,97
Хрестовинний вузол										
ВЛ11	2,31	3,14	2,38	3,83	2,36	3,97	2,33	4,00	2,35	3,93
ВЛ8	2,97	3,25	3,21	4,15	3,20	3,67	3,27	4,53	3,07	4,10
Піввагон	1,65	2,37	1,61	2,58	1,51	2,57	1,55	2,35	1,82	2,38
Пасажирський вагон	1,27	2,38	1,14	2,56	1,05	2,58	1,09	3,01	0,87	2,79

ВИСНОВКИ

1. Результати натурального випробування стрілочного переводу типу Р65 марки 1/11 проекту Дн 355 на міцність зі швидкостями руху дослідного поїзда до 140 км/год по прямому напрямку та до 50 км/год по боковому вказують, що показники напружено-деформованого стану переводу не перевищують допустимих величин за всіх реалізованих швидкостей.

2. Для всіх екіпажів, крім пасажирського вагона, незалежно від напрямку та швидкості руху дослідного поїзда не тільки максимальні ймовірні, але навіть середні значення напружень у місці сполучення литої частини хрестовини з рейковими вусовиками дорівнюють рекомендованій величині або перевищують її. Це свідчить про те, що конструкція хрестовини в цьому місці потребує удосконалення.

3. Напруження в спеціальних підкладках, що спостерігались під час руху електровозів по боковому напрямку дослідного переводу, перевищували рекомендоване значення.

Наявність таких значних напружень може викликати появу в підкладках тріщин від утомленості та подальший вихід їх з ладу, що неминуче призведе до порушень безпеки руху поїздів через різке збільшення величини жолоба та втрату контррейкою своїх напрямних функцій.

Одержані результати вказують на потребу проведення додаткових лабораторних випробувань конструкції незалежної контррейки з метою визначення її нормативного й гарантійного термінів служби та на необхідність обов'язкового періодичного обстеження спеціальних стрілочних підкладок контррейок незалежного типу на наявність тріщин.

4. Максимальні ймовірні величини горизонтальних переміщень рейкових елементів, одержані під час руху локомотивів та завантажених піввагонів по боковому напрямку дослідного

переводу, перевищують рекомендовані значення за всіх досліджених швидкостей.

Сподіваємося, що зменшення бокової жорсткості дослідного переводу (про що свідчать ці результати) приведе до зменшення інтенсивності горизонтального зносу рейок перевідної кривої та гостряка.

БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Інструкція по устрою та утриманню колії залізниць України. ЦП-0050 [Текст]: Затв.: Наказ Укрзалізниці 06.04.98. № 82-Ц. – К.: Транспорт України, 1999. – 248 с.
2. Рекомендации по определению параметров, необходимых для оценки работы стрелочных переводов при взаимодействии их с подвижным составом. Р755/2 [Текст]: Утв.: Совещанием V комиссии ОСЖД 12-15 ноября 2002 года. – Организация сотрудничества железных дорог, 2002. – 8 с.
3. Орловський, А. М. Результати натурального випробування на міцність стрілочного переводу типу Р65 марки 1/9 проекту 65109Ж-01 [Текст] / А. М. Орловський, В. П. Гнатенко, К. В. Мойсенко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 31. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 144-152.
4. СТ ССФЖТ ЦП13–98 «Стрелочная продукция для федеральных железных дорог. Типовая методика динамико-прочностных испытаний» [Текст]. – М.: ВНИИЖТ, 1998. – 17 с.
5. Мойсенко, К. В. Напружено-деформований стан стрілочного переводу типу Р65 марки 1/11 проекту Дн 300 [Текст] / К. В. Мойсенко, В. П. Гнатенко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 34. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 103-115.

Надійшла до редколегії 22.04.2010.

Прийнята до друку 19.05.2010.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Запропоновано методику оцінки експлуатаційної надійності стрілочних переводів та їх елементів.

Ключові слова: конструкція стрілочних переводів, надійність в експлуатації, статистична вибірка

Предложена методика оценки эксплуатационной надежности стрелочных переводов и их элементов.

Ключевые слова: конструкция стрелочных переводов, надежность в эксплуатации, статистическая выборка

The technique of an estimation of operational reliability of switches and their elements is offered.

Keywords: construction of switches, reliability in service, statistical sample

Общие положения

Настоящая методика предлагается для установления перечня расчетных показателей надежности стрелочных переводов и их элементов, требования к исходным данным расчета этих показателей, методики определения нагруженности элементов стрелочных переводов, требования к форме предоставления результатов расчета показателей надежности.

Методика разработана в соответствии с нормативной литературой [1–3].

Объект исследования – стрелочные переводы железнодорожного пути и их элементы (острия, рамные рельсы, ходовые рельсы, крестовины, скрепления, подрельсовые основания и т.д.).

Эксплуатационная надежность стрелочных переводов и их элементов рассчитывается на разных стадиях жизненного цикла. Расчет надежности стрелочных переводов и их элементов соответствующей некоторой стадии его жизненного цикла, может иметь своими целями:

- обоснование количественных требований по надежности к стрелочному переводу или его составным частям;

- проверку выполнимости установленных требований и/или оценку вероятности достижения требуемого уровня надежности объекта в установленные сроки и при выделенных ресурсах, обоснование необходимых корректировок установленных требований;

- определение достигнутого (ожидаемого) уровня надежности объекта и/или его составных частей, в том числе расчетное определение показателей;

- обоснование и проверку эффективности предлагаемых (реализованных) мер по доработ-

кам конструкции, технологии изготовления, системы технического обслуживания и ремонта объекта, направленных на повышение его надежности.

Основная задача предлагаемой методики оценки эксплуатационной надежности стрелочных переводов и их элементов – предоставить материалы относительно определения целесообразности последующего использования существующих стрелочных переводов и их элементов, рационального использования и технического их обслуживания, а также внедрения опытных конструкций.

Идентификация стрелочных переводов

Для расчета надежности стрелочного перевода (объекта) необходимо привести идентификацию. Для этого выбираются проекты стрелочных переводов, которые подлежат исследованию, а также описываются их характеристики и основные конструкционные особенности.

Для каждого проекта стрелочного перевода для расчета его надежности собирается информации об объекте, условиях его эксплуатации и других факторах, определяющих его надежность:

1. Назначение, области применения и функции стрелочного перевода:

- название дистанции пути, станции, где расположен стрелочный перевод;

- тип и марка стрелочного перевода;

- преимущественное направление движения;

- назначение пути (главный, приемно-отправочный).

2. Критерии качества функционирования, отказов и предельных состояний объекта.

Критерии отказа – это совокупность признаков, характеризующих неработоспособное со-

стояние изделия, согласно классификации дефектов элементов стрелочных переводов. Критерием предельного состояния является совокупность признаков, при которых использование по назначению должно быть прекращено (или невозможно) и изделие должно направляться в ремонт или списываться (изыматься из эксплуатации), т.е. превышение допустимых норм износа стрелок и крестовин, появление недопустимых дефектов. Критериями качества функционирования выступают гарантийные и нормативные строки службы элементов стрелочного перевода, соответственно действующим нормативам.

3. Структура объекта, состав.

4. Типовая модель эксплуатации стрелочного перевода, которая зависит от места расположения стрелочного перевода на станции, т.е.

какой вид движения преобладает по каждому стрелочному переводу (грузовое, пассажирское, смешанное), суммарных величин нагрузок приходящих на один стрелочный перевод за год.

5. Планируемая система технического обслуживания (ТО) и ремонта объекта, характеризующаяся видами, периодичностью, организационными уровнями, способами выполнения, техническим оснащением и материально-техническим обеспечением работ по его ТО и ремонту.

Характеристику системы технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) рекомендуется приводить в виде структуры ТО и Р (приведенной в табл. 1) и необходимых указаний по организации ремонта и технического обслуживания;

Таблица 1

**Структура ТО и Р стрелочного перевода № __ типа __ марки __
уложенного __ (дата и место укладки)**

Виды технического обслуживания и ремонта	Дата проведения ремонта (наработка, млн т)	Продолжительность, час.	Количество людей в бригаде, чел.
1.			
2.			
3.			
4.			

6. Планируемые технология и организация производства при изготовлении объекта.

Полнота идентификации объекта на рассматриваемом этапе расчета его надежности определяет выбор соответствующего метода расчета, обеспечивающего приемлемую на данном этапе точность при отсутствии или невозможности получения части информации, предусмотренной выше.

Источниками информации для идентификации стрелочного перевода служит конструкторская, технологическая, эксплуатационная и ремонтная документация на объект в целом, его составные части и комплектующие изделия в составе и комплектах, соответствующих данному этапу расчета надежности.

Перечень рассчитываемых показателей надежности стрелочного перевода как объекта в целом и его составных частей

Для количественной характеристики надежности используем показатели надежности. Выбор подхода в оценивании надежности, подбор системы показателей, способы их расчета в значительной степени определяются возможностью

получения информации о работе рассматриваемого объекта исследований. Показатели определяются на основе сведений об отказах элементов стрелочных переводов, полученных с дистанций пути по утвержденной форме ПУ-6. Номенклатура основных показателей надежности, характеризующих эффективность стрелочных переводов приведена в табл. 2.

Подтверждение показателей надежности стрелочных переводов

Подтверждение (контроль) нормируемых показателей надежности включает:

- получение и математическую обработку исходных данных;
- сопоставление достигнутого уровня надежности изделий с требованиями нормативно-технической и (или) конструкторской документации и принятия решения о соответствии или несоответствии показателей надежности изделия или совокупности изделий установленным требованиям;
- анализ причин и последствий отказов с целью разработки мероприятий по повышению надежности изделий.

Номенклатура показателей надёжности стрелочных переводов и их элементов

Характеризуемое свойство надёжности	Наименование показателя	Обозначение
Стрелочные переводы – возобновляемый объект надёжности		
Безотказность	«Ведущая функция» $L_{\text{пол}}$	$\Omega(t)$
	Средняя наработка на отказ	$t_{\text{отк}}$
	Параметр потока отказов	ω
	Гамма-процентная наработка на отказ	T_{γ}
Долговечность	Средний ресурс	T_p
	Гамма-процентный ресурс	$T_{p\gamma}$
	Назначенный ресурс	T_{pk}
	Установленный ресурс	T_{py}
	Гамма-процентный полный срок службы	$T_{cl.\gamma}$
	Средний срок службы	T_{cl}
Ремонтопригодность	Среднее время восстановления	T_v
	Средние затраты на работы по обслуживанию (на ремонтные работы) стрелочных переводов за год в денежных единицах (евро)	$\bar{E}_{\text{стр.пер.}}$
	Средние затраты труда на работы по обслуживанию (на ремонтные работы) стрелочных переводов за год в трудозатратах (чел.мин.)	$\bar{H}_p$
Элементы стрелочного перевода (остряки, рамные рельсы, крестовины) – невозобновляемый объект надёжности		
Безотказность	Вероятность безотказной работы	$P(t)$
	Вероятность отказа	$F(t)$
	Интенсивность отказов	$\lambda(t)$
	Средняя наработка до отказа	$T_{\text{сер}}$

Способ получения исходных данных – экспериментально-расчетный.

Экспериментально-расчетные методы основаны на вычислении показателей по исходным данным, определяемым экспериментальными методами.

Исходными данными для экспериментально-расчетного метода подтверждения надёжности изделий является:

- информация о надёжности изделия, имеющаяся к моменту оценки надёжности (результаты предшествующих испытаний, данные экс-

плуатации, технических обслуживаний и ремонтов и т.д.);

- экспериментальные оценки показателей надёжности составных частей изделий, полученные при их автономных испытаниях или при испытаниях в составе изделия;

- экспериментальные данные об изменении параметров, характеризующих работоспособное состояние изделий, используемые для прогнозирования их надёжности на заданное время (заданную наработку);

- показатели надёжности составных частей, содержащиеся в технических условиях на эти изделия и т.п.

Методика проведения испытаний на эксплуатационную надёжность включает:

Периодичность проведения испытаний – 1 раз в год (по итогам предшествующего года);

План испытаний:

1. Заполнения формы ПУ-6 «Ведомость учета работы стрелочных переводов» дистанциями пути (компьютерный вариант этой полуавтоматизированной ведомости разработан на кафедре пути ДИИТа);

2. Обработка и анализ первичного статистического материала предоставленного дистанциями пути с определением показателей надёжности стрелочных переводов и их элементов.

3. Анализ эксплуатационной надёжности стрелочных переводов различных заводов изготовителей и их элементов за предшествующий год.

4. Предложения относительно использования стрелочной продукции различных заводов изготовителей.

Число испытуемых стрелочных переводов – все стрелочные переводы, что эксплуатируются на главных и приемо-отправочных путях дистанциями пути.

Правила отбора изделий в выборку для испытаний:

1. Для каждого стрелочного перевода должны быть указаны условия функционирования в пути.

2. Для каждого стрелочного перевода должен быть указан пропущенный тоннаж или должны быть данные позволяющие их определить. Для малонагруженных участков вместо пропущенного тоннажа используется срок службы в годах.

3. Пропущенный тоннаж (срок службы) проверяется по условию доверительных границ.

Если это условие не выполняется, такой стрелочный перевод исключается из выборки.

Режимы испытаний включают строки подачи исходной информации и сроки сдачи отчета о проведении испытаний.

Перечень контролируемых параметров – отказы элементов стрелочных переводов с указанием пропущенного тоннажа по ним, работ которые выполнялись за год по стрелочному переводу и др.;

Порядок учета и статистического анализа отказов (предельных состояний). Учет отказавших элементов стрелочных переводов и всей инфор-

мации о нем ведется соответственно полуавтоматизированной форме ПУ-6. Анализ отказов ведется по установленным выше показателям надёжности.

Методика определения пропущенного тоннажа по стрелочным переводам

В процессе выполнения экспериментальных исследований определяются пропущенный тоннаж элементов стрелки и крестовины.

Средний пропущенный тоннаж при замене элементов стрелочных переводов определялся за материалами формы ПУ-6.

Пропущенный тоннаж рассчитывался по данным грузонапряженности за год и датой укладки и снятия стрелочных переводов или его элементов.

Пропущенный тоннаж можно определять путем учета пропущенного груза по главным путям без остановки, а также с остановкой на приемо-отправочных путях. Для входной и выходной стрелки на главных путях можно брать коэффициент выше, чем других для других стрелок главного пути. Для приемо-отправочных путей грузонапряженность распределяют с разными коэффициентами в зависимости от схемы работы станции.

Требования к исходным данным для расчета надёжности и результатам расчета

Источником исходных данных являются сведения, предоставленные дистанциями пути соответственно полуавтоматизированной форме ПУ-6.

Состав исходных данных по каждому отказавшему элементу стрелочного перевода:

1. Наименование станции.
2. Номер стрелочного перевода.
3. Входная, выходная стрелка.
4. Завод изготовитель стрелочного перевода.
5. № проекта стрелочного перевода.
6. Тип перевода.
7. Марка перевода.
8. Направление движения (пошерстное, противопошерстное).
9. Назначение пути (главный, приемо-отправочный, прочий).
10. Номер пути.
11. Радиус кривой для стрелочного перевода, который лежит в кривом участке.
12. Род балласта.
13. Вид централизации.

14. Теоретическая длина: по эюре, фактическая.
15. Стрелка.
 - 15.1. Дата укладки.
 - 15.2. Тип корневого крепления.
 - 15.3. Сторонность (левый, правый).
 - 15.4. Завод-производитель.
 - 15.5. Заводской номер.
 - 15.6. Дефектные скрепления в процентах.
 - 15.7. Дата снятия из пути.
 - 15.8. Причина снятия.
 - 15.9. Пропущенный тоннаж на момент снятия.
 - 15.10. Примечание.
16. Крестовина.
 - 16.1. Дата укладки.
 - 16.2. Конструкция.
 - 16.3. Завод производитель.
 - 16.4. Заводской номер.
 - 16.5. Марка стали.
 - 16.6. Дата снятия.
 - 16.7. Причина снятия.
 - 16.8. Пропущенный тоннаж на момент снятия.
17. Переводные бруссы.
 - 17.1. Дата укладки.
 - 17.2. Материал брусьев.
 - 17.3. Вид пропитки для деревянных брусьев.
 - 17.4. Количество.
 - 17.4.1. Всего.
 - 17.4.2. Непригодных.
 - 17.4.3. Нуждаются в ремонте.
 - 17.5. Шпал вместо брусьев.
 - 17.6. Дата снятия.
 - 17.7. Причина снятия.
18. Грузонапряженность.
 - 18.1. Четный путь.
 - 18.2. Нечетный путь.
19. Перечень текущих работ по стрелочному переводу, выполненных за исследуемый период (время, количество монтеров пути).

Точность и достоверность данных. Для качества предоставления исходных данных в полуавтоматизированной форме ПУ-6 сделаны некоторые ограничения по вводу данных, т.е. некоторая информация предполагает свободный ввод пользователя (наименование станции и др.), другая информация, которая позволяет ввести ее как

заранее известную в определенный список (номер проекта, тип, марка и др.). Также в форме некоторые графы ограничены по существу информации (дата, число).

Форма представления исходных данных – в виде заполненной таблицы полуавтоматизированной формы ПУ-6 (таблица в Microsoft Excel).

Результаты расчетов приводятся в табличной форме с указанием минимального, среднего и максимального значения пропущенного тоннажа. А также приводятся графики расчетных показателей надежности, оговоренных выше, анализ полученных результатов и соответствующие выводы эксплуатационной надежности работы стрелочных переводов.

Выводы

1. Разработана и предложена методика для установления перечня расчетных показателей надежности стрелочных переводов и их элементов.

2. Стандартизированы требования к исходным данным расчета этих показателей, методики определения нагруженности элементов стрелочных переводов, требования к форме предоставления результатов расчета показателей надежности.

3. Разработана и приведена система идентификации для расчета надежности стрелочного перевода (объекта).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення [Текст] : Затв.: Наказ Держстандарту України № 333 від 28.12.1994 р. – К.: Держстандарт України, 1995. - 91 с.
2. ДСТУ 2861-94 Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення [Текст] : Затв.: Наказ Держстандарту України № 310 від 08.12.1994 р. – К.: Держстандарт України, 1995. - 33 с.
3. ДСТУ 2862-94 Надійність техніки. Методи расчетов показателей надежности. Общие требования [Текст] : Затв.: Наказ Держстандарту України № 310 від 08.12.1994 р. – К.: Держстандарт України, 1995. - 39 с.

Поступила в редколлегию 07.06.2010.

Принята к печати 16.06.2010.

В. В. РИБКІН, К. Л. КАЛЕНИК (ДІІТ)

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ШИРИНИ КОЛІЇ ТА ПОЛОЖЕННЯ У ПЛАНІ БОКОВОГО НАПРЯМКУ СТІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ

У статті наведено результати експлуатаційних досліджень бокового напрямку стрілочних переводів типу Р65 марки 1/11-1/9 на залізобетонних брусах по ширині колії та за напрямком у плані. Визначено характерні ділянки бокового напрямку з точки зору впливу геометричного положення на взаємодію з рухомим складом.

Ключові слова: боковий напрямок стрілочного перевodu, ширина колії, напрямок у плані

В статье приведены результаты эксплуатационных исследований бокового направления стрелочных переводов типа Р65 марки 1/11-1/9 на железобетонных брусках по ширине колеи и по направлению в плане. Определены характерные участки бокового направления с точки зрения влияния геометрического положения на взаимодействие с подвижным составом.

Ключевые слова: боковое направление стрелочного перевода, ширина колеи, направление в плане

The results of operational research of lateral direction of switches of type P65 mark 1/11-1/9 on reinforced concrete bars on the track gauge and the direction in plan are presented in the article. The characteristic parts of the lateral direction in terms of the influence of geometrical position on the interaction with rolling stock are determined.

Keywords: lateral direction of switch, track gauge, direction in plan

Ширина та положення колії у плані є основними характеристиками, які забезпечують безпеку руху поїздів. Діюча на сьогодні система норм та допусків на виготовлення та утримання стрілочних переводів [1] була розроблена за результатами досліджень стрілочних переводів на дерев'яних брусах, крім того ці дослідження мали лише статистичний характер та не враховували особливості взаємодії колії та рухомого складу в межах стрілочних переводів. Також на сьогодні в діючих нормативах відсутні ступені відступів по впливу на безпеку руху, плавність ходу та інтенсивність накопичення залишкових деформацій. Ці обставини стали причиною проведення досліджень з розробки нових нормативів утримання стрілочних переводів по ширині колії та за напрямком у плані.

Результати попередніх експлуатаційних досліджень стрілочних переводів на дерев'яних брусах наведено в [2...5], прямого напрямку на залізобетонних брусах в [6]. Дослідження бокового напрямку стрілочних переводів типу Р65 на залізобетонних брусах, що становлять 55 % від загальної кількості та 78 % для головних

колії раніше не проводились. Тому було вирішено провести такі дослідження для вирішення наступних задач:

- 1) визначення фактичного стану бокового напрямку стрілочних переводів марок 1/9-1/11 на залізобетонних брусах;
- 2) вихідні дані по геометрії колії в межах стрілочних переводів, які знаходяться в важких експлуатаційних умовах, для теоретичних досліджень впливу відступів утримання на показники безпеки руху та дію на колію.

Навесні 2010 р. для вирішення зазначених задач були проведені експлуатаційні дослідження на головних і станційних коліях станцій Придніпровської залізниці. Експлуатаційні умови станцій: швидкість руху по боковому напрямку – 40 км/год; вантажна напруженість головної колії – 64, 80 млн т бруто/км на рік.

Стрілочні переводи марок 1/9 і 1/11 на залізобетонних брусах мають однакову конструкцію стрілки, що дало можливість проводити обміри по одній методиці. Схема розбивки наведена на рис. 1.

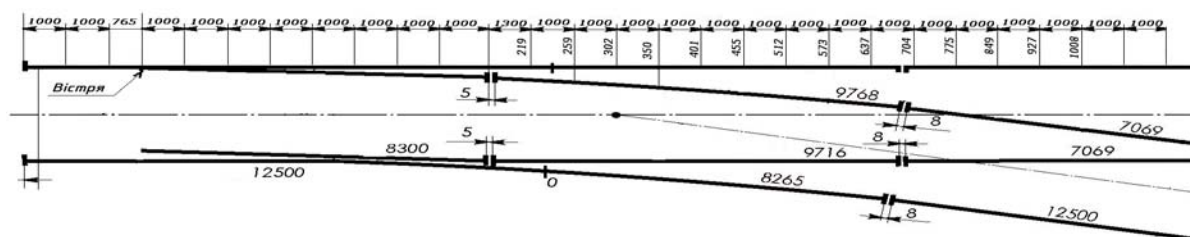


Рис. 1. Схема розбивки бокового напрямку стрілочного переходу по перетинах

Методика вимірювань включала наступні етапи:

1) розбивка стрілочного переводу від переднього стику рамної рейки до прямої вставки перед хрестовиною з шагом один метр;

2) обмір ширини колії в отриманих перетинах;

3) вимір ординат в межах перевідної кривої.

Головна задача наукового дослідження – отримати надійні висновки про властивості дослідних об'єктів, які повно виражаються лише генеральною сукупністю цих об'єктів. В даному випадку під генеральною сукупністю розуміються всі стрілочні переводи на залізобетонних брусах. За даними Головного управління колійного господарства [12] станом на 01.01.2010 в Україні експлуатується 25708 стрілочних переводів на залізобетонних брусах. Провести експлуатаційні дослідження всіх цих стрілочних переводів практично неможливо. Тому для зменшення обсягу досліджень та розповсюдити результати на всю генеральну сукупність використовують апарат математичної статистики. Методика, що обґрунтовує кількість елементів вибірки наведена в [15]. Суть її полягає в наступному:

– значення трьох вихідних параметрів: імовірності, допустимої похибки, міра мінливості;

– номограмою достатньо великих чисел [14] визначають достатню величину вибірки. Імовірність приймаємо на рівні 0,95, як це загально прийнято в техніці, допустима похибка приймається рівною точності вимірювань (для шаблона ЦУП-2Д ± 1 мм). Міра мінливості розраховується за формулою

$$v = \frac{s}{\bar{X}}, \quad (1)$$

де s – середньоквадратичне відхилення по вибірці;

$\bar{X}$ – середнє значення по вибірці.

Дослідження достатньої величини вибірки експлуатаційних досліджень стрілочних переводів виконувались окремо по ширині колії та ординатах перевідної кривої для марок 1/9 та 1/11. В результаті проведення досліджень, по наведених вище методиці, встановлено, що достатньою є вибірка із 15 стрілочних переводів, для згаданих вище умов експлуатації. Всього було досліджено 49 стрілочних переводів: 24 – марки 1/9, 25 – марки 1/11. Отже можемо зробити висновок, що виконаний обсяг експлуатаційних досліджень є достатній для розповсюдження результатів досліджень на всю генеральну сукупність стрілочних переводів на залізобетонних брусах, що працюють в схожих експлуатаційних умовах з досліджуваними

стрілочними переводами. Крім того зауважимо, що наведена вище методика на протязі більше 30 років використовується Колієвипробувальною науково-дослідною лабораторією ДПТ у для обробки результатів експериментальних досліджень по впливу рухомого складу на колію [15].

Кожний закон розподілення має свої особливості визначення середнього значення та середньоквадратичного відхилення [16]. Тому перед подальшою обробкою результатів експлуатаційних досліджень необхідно визначити за яким законом розподіляються ширина колії та ординати в кожному перетині по довжині бокового напрямку стрілочного переводу. З попередніх досліджень [3, 5] відомо, що в усіх випадках дані розподілені по нормальному закону. В наших дослідженнях ми приймаємо гіпотезу: ширина колії та ординати в кожному перетині розподілені по нормальному закону. Для перевірки цієї гіпотези будемо також використовувати методику Колієвипробувальної науково-дослідної лабораторії ДПТ у [15].

Суть цієї методики полягає в визначенні міри крутості – ексцесу та міри косості – асиметрії нормального розподілення та порівняння з еталонними значеннями. Порядок дослідження наступний: визначаємо асиметрію A та ексцес E

$$A = \frac{1}{ns^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3; \quad (2)$$

$$E = \frac{1}{ns^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 - 3, \quad (3)$$

де n – кількість елементів вибірки;

X_i – i -тий елемент вибірки. Визначаємо дисперсії асиметрії та ексцесу:

$$D(A) = \frac{6(n-1)}{(n+1) \cdot (n+3)}; \quad (4)$$

$$D(E) = \frac{24n \cdot (n-2) \cdot (n-3)}{(n+1)^2 \cdot (n+3) \cdot (n+5)}. \quad (5)$$

Виконуємо порівняння асиметрії та ексцесу з критеріями узгодження нормального розподілення:

$$[A] \leq 3\sqrt{D(A)}; \quad (6)$$

$$[E] \leq 5\sqrt{D(E)}. \quad (7)$$

У випадку коли умови (6) та (7) виконуються, закон розподілення ширини колії та ординат перевідної кривої у перетинах, в яких виконувались

вимірювання, є нормальним. Для прикладу, на рис. 2 наведено результати розрахунку асиметрії та критерію узгодження ординат перевідної кривої для стрілочних переводів марки 1/11.

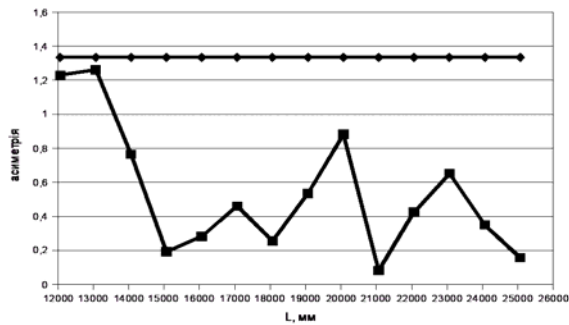


Рис. 2. Асиметрія ординат перевідної кривої

З рис. 2 бачимо, що в усіх перетинах умова (6) виконується. Виконані розрахунки по наведеній методиці показали, що ширина колії та ординати перевідної кривої розподілені за нормальним законом.

Розглянемо результати досліджень, що стосуються ширини колії. Враховуючі результати попередніх досліджень [7 – 8], в межах бокового напрямку стрілочного переводу було виділено 3 характерні ділянки:

1) від переднього стику рамної рейки (далі

ПСРР) до вістря вістряка (далі ВВ);

2) стрілка;

3) перевідна крива (далі ПК).

В табл. 1 представлено чисельні значення ширини для кожної ділянки бокового напрямку.

Таблиця 1

Ширина колії в межах бокового напрямку стрілочних переводів, що досліджувались

Ділянка стрілочного переводу	Марка 1/11			Марка 1/9		
	Мін.	Макс.	Сер. знач.	Мін.	Макс.	Сер. знач.
ПСРР-ВВ	1520	1538	1530	1524	1544	1532
Стрілка	1520	1547	1536	1515	1547	1536
Перевідна крива	1520	1546	1533	1523	1547	1537

Шаг вимірювань 1 м надав можливість проаналізувати не тільки чисельні значення, а й якісний характер зміни ширини колії по боковому напрямку. Статистичні характеристики ширини колії по довжині бокового напрямку стрілочних переводів марок 1/11 і 1/9 представлені на рис. 3 та 4 відповідно.

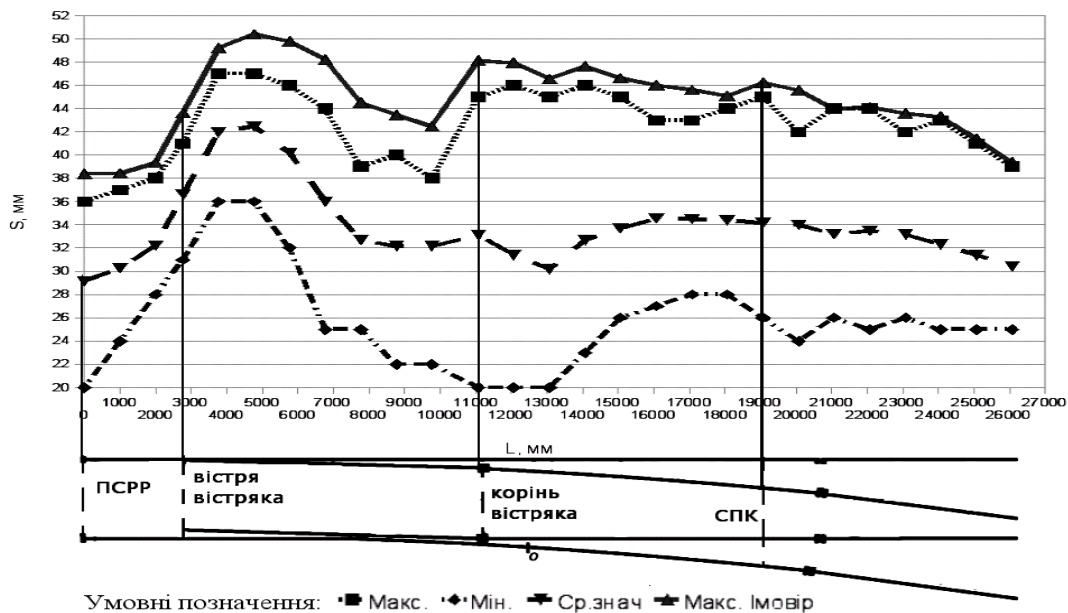


Рис. 3. Ширина колії по боковому напрямку стрілочних переводів марки 1/11

Результати, що представлені на рис. 3 – 4, свідчать про значні відступи від допусків утримання по всій довжині бокового напрямку стрілочних переводів – навіть за середніми значеннями та мінімально зафіксованими значеннями присутні відступи від допусків. На наш погляд, таке положення по ширині колії бокового напрямку обумовлене одночасною дією багатьох

факторів, основними з яких є: підвищена дія бокових сил на рейкові елементи порівняно з іншими зонами стрілочного переводу; недосконала конструкція рейкових скріплень; недотримання допусків при виготовленні елементів ВБК; нестача робочої сили (роботи з регулювання ширини колії виконуються повністю вручну). Окрему увагу слід приділити зоні набі-

гання на вістряк. В цій зоні стрілочних переводів максимальні імовірні значення ширини колії перевищують 1548 мм, тобто виникає імовірність прямої загрози безпеці руху. На нашу думку, причина таких відступів – це одночасний збіг двох факторів: велике бокове навантаження при вході рухомого складу на бокову колію та слабкий опір конструкції вузла «вістряк – рамна рейка» залишковим деформаціям від цього навантаження. Тому ми вважаємо за доцільне конструктивне посилення вузла «вістряк – рамна рейка», що надасть змогу зменшити величи-

ну залишкових деформацій по ширині колії.

Перевіримо також обґрунтованість існуючої методики контролю ширини колії по контрольних перетинах [1]. Для цього результати експлуатаційних досліджень були оброблені наступним чином. Для кожного перетину було розраховано процент стрілочних переводів, які мають перевищення встановлених нормативів утримання від усієї вибірки. Цей процент порівнювався з процентами в контрольних перетинах. Результати показані на рис. 5.

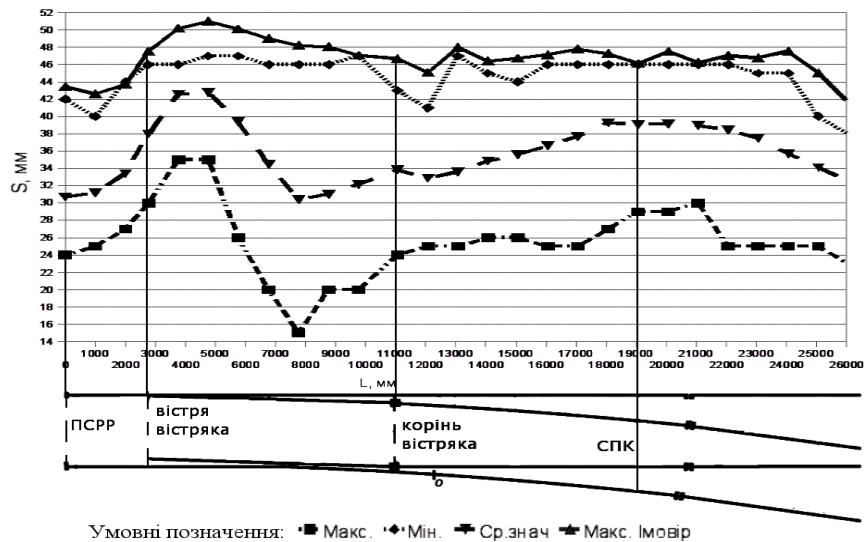


Рис. 4. Ширина колії по боковому напрямку стрілочних переводів марки 1/9

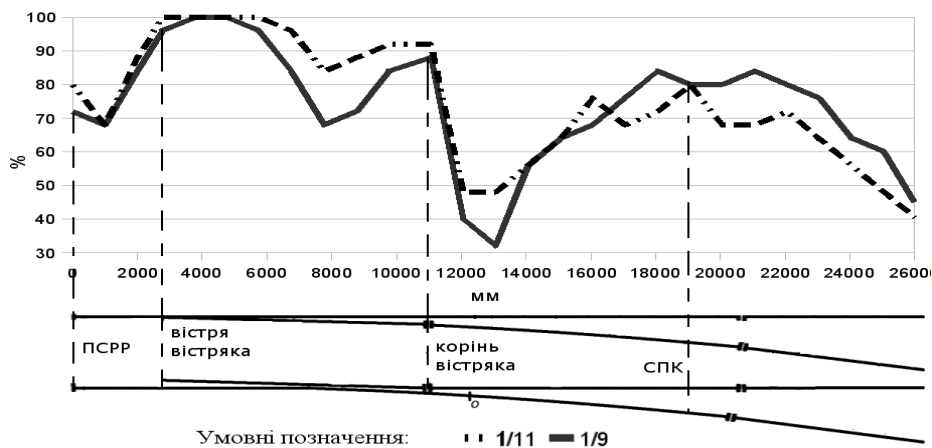


Рис. 5. Відсоток перевищення нормативів утримання від усієї вибірки по перетинах для стрілочних переводів марки 1/11 та 1/9

Результати дають право стверджувати: найбільший відсоток відступів мають стрілочні переводи в межах двох ділянок: зона стрілки та перевідна крива. Контроль лише по контрольних перетинах є недостатнім для виявлення всіх відступів по довжині бокового напрямку стрілочного переводу.

Перейдемо до результатів досліджень, що стосуються положення у плані – ординат пере-

відної кривої. На рис. 6 – 7 показано мінімальні, середні та максимальні відступи від норм утримання ординат перевідної кривої для марки 1/11 та 1/9 відповідно.

Результати досліджень ординат, представлені на рис. 6 – 7, свідчать про значні відступи від проектного положення перевідної кривої. Причини таких відступів, на наш погляд, ті ж самі,

що й для ширини колії. Практично у всіх випадках відступи направлені назовні перевідної кривої. Зміна середніх значень цього показника по довжині перевідної кривої практично однакова для обох марок. Плавність положення у плані, згідно діючих нормативних документів, контролюється різницею відступів у суміжних ординатах. Проаналізуємо результати за цим показником. На рис. 8 – 9 представлено мінімальні, середні та максимальні різниці відступів у суміжних ординатах перевідної кривої для марки 1/11 та 1/9 відповідно.

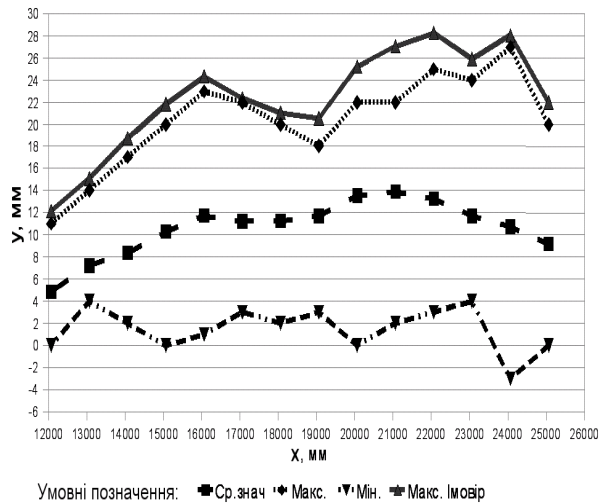


Рис. 6. Відступ від норм утримання ординат перевідної кривої стрілочних переводів марки 1/11

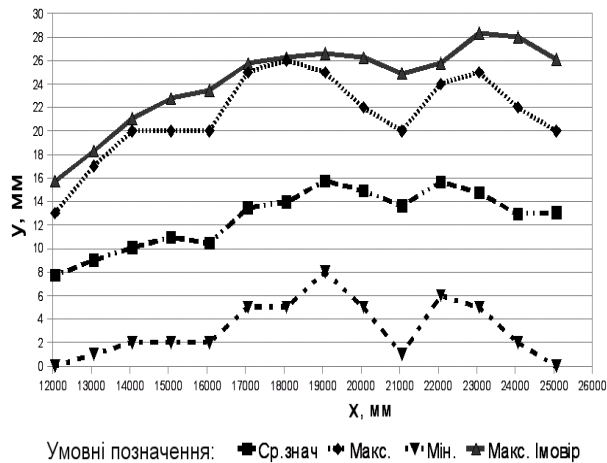


Рис. 7. Відступ від норм утримання ординат перевідної кривої стрілочних переводів марки 1/9

Представлені на рис. 8 – 9 результати свідчать про незначні відступи (1...1,5 мм) по середніх значеннях від встановлених допусків – 2 мм, але по максимальних і максимальних імовірних присутні значні відступи (14...15 мм). Також слід зауважити, що зміна цього показника по довжині перевідної кривої практично однакова для обох марок.

Крім показників, що характеризують амплі-

туду нерівності у плані в межах перевідної кривої (відступ за ординатами та різниця відступів у суміжних ординатах) окремої уваги заслуговує аналіз форми та довжини нерівності. Тому що вплив нерівності на взаємодію колії та рухомого складу залежить саме від сукупності цих характеристик нерівності: амплітуда, довжина, форма. За результатами даних експлуатаційних досліджень було виділено характерні нерівності у плані в межах перевідної кривої. Ці нерівності наведені на рис. 10.

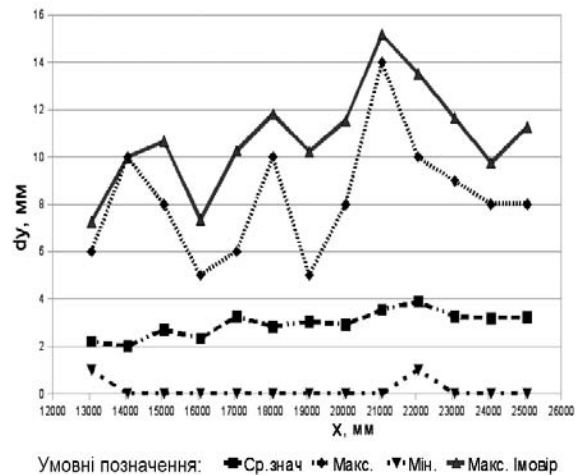


Рис. 8. Різниця відступу у суміжних ординатах перевідної кривої стрілочних переводів марки 1/11

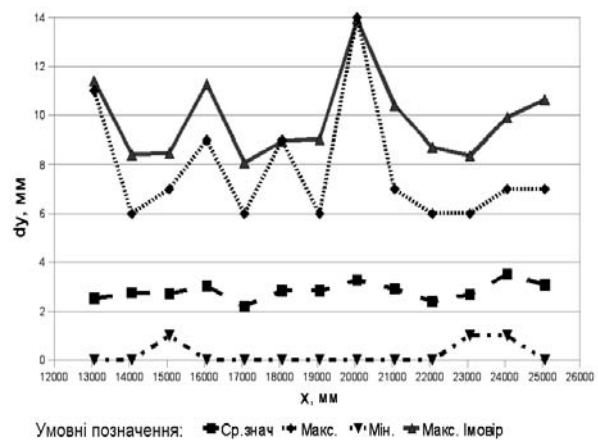


Рис. 9. Різниця відступу у суміжних ординатах перевідної кривої стрілочних переводів марки 1/9

Нерівності у плані в межах перевідної кривої найчастіше мають складну форму, але в деяких випадках зустрічаються нерівності, які добре апроксимуються звичайною синусоїдою. Довжина нерівностей у плані найчастіше складає не менш як 10 м, але іноді фіксувались нерівності довжиною 6 м.

На основі виконаних досліджень можливо зробити наступні **висновки**:

1) всі без винятку стрілочні переводи, що досліджувались, мають відступи від допусків

утримання за шириною колії та ординатах перевідної кривої;

2) величина відступів навіть за середніми значеннями значно перевищує допуски утримання стрілочних переводів по ширині колії та за напрямком у плані;

3) необхідно конструктивно підсилити вузол «вістряк – рамна рейка» для зменшення залишкових деформацій по ширині колії в межах ділянки набігання;

4) контроль ширини колії по контрольних перетинах не дозволяє фіксувати всі відступи від допусків утримання по довжині бокового напрямку.

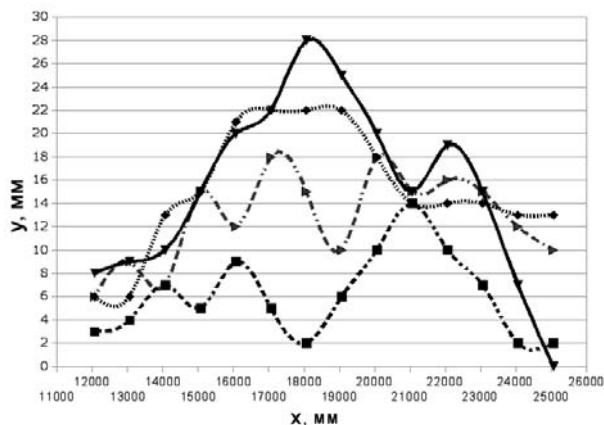


Рис. 10. Характерні нерівності у плані в межах перевідної кривої

Проведені дослідження показали необхідність удосконалення нормативів утримання стрілочних переводів по ширині колії та за напрямком у плані. Першочерговою стає задача розробки нормативів утримання по критеріях безпеки руху та впливу на колію в межах стрілочних переводів, які наведені в [10 – 11]. На даний момент робота над удосконаленням нормативів продовжується.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України. ЦП/0138 [Текст] / Е. І. Даніленко [та ін.]. – К.: Транспорт України., 2006. – 336 с.
2. Глюзберг, Б. Э. Усовершенствовать систему нормативов [Текст] / Б. Э. Глюзберг // Путь и путевое хозяйство. – М., 1990. – № 6. – С. 9-10.
3. Разработать нормативы скоростей движения по стрелочным переводам с учетом их фактического состояния [Текст] : звіт про НДР / ДИИТ. КГНДЛ. – Д., 1988. – 147 с.
4. Рибкін, В. В. Исследование расстройств колеи по шаблону на стрелочных переводах [Текст] / В. В. Рибкин, П. В. Ковтун // Межвуз. сб. науч. тр. БелИИЖТ. – Гомель, 1992. – С. 16-24.

5. Обоснование нормативов содержания стрелочных переводов [Текст] : отчет о НИР / ВНИИЖТ. – М., 1987. – 130 с.
6. Курган, М. Б. Положення 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. 27. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 75-82.
7. Рибкін, В. В. Аналіз впливу відступів за шириною колії та за напрямком у плані в межах бокового напрямку стрілочних переводів за критеріями безпеки руху та впливу на колію [Текст] / В. В. Рибкін, К. Л. Каленик // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 34. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 116-122.
8. Рибкін, В. В. Вплив ширини колії в межах перевідної кривої звичайних стрілочних переводів на взаємодію колії та рухомого складу [Текст] / В. В. Рибкін, К. Л. Каленик // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 31. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 153-156.
9. Система диагностики стрелочных переводов, порядок проведения диагностики стрелочных переводов [Текст] / Протокол совещания экспертов Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу по подтеме № 2.4 «Железобетонные шпалы, брусья, стрелочные переводы и их диагностика». – Д., 2010.
10. Савлук, В. Є. Технічні вказівки з проведення натурних випробувань рухомого складу щодо впливу на колію та стрілочні переводы [Текст] / В. Є. Савлук, В. В. Рибкін, А. М. Патласов. – Д.: ДІТ, 2010. – 20 с.
11. Технічні вказівки з проведення натурних випробувань стрілочних переводів на міцність [Текст] / В. П. Гнатенко [та ін.]. – Д.: ДІТ, 2010. – 20 с.
12. Яковлев, В. О. Сучасний стан та перспективи розвитку колійного господарства України [Текст] / В. О. Яковлев // Тези доп. 70-ї наук.-практ. конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту». – Д.: ДІТ, 2010. – 202 с.
13. Митропольский, А. К. Техника статистических вычислений [Текст] / А. К. Митропольский. – М.: Наука, 1971. – 576 с.
14. Воробейчик, Л. Я. Планирование эксперимента при исследованиях воздействия экипажей на путь [Текст] / Л. Я. Воробейчик // Тр. ДИИТа № 198/20. – М., ДИИТ, 1978. – С. 75-90.
15. Теория вероятности и математическая статистика [Текст] / А. И. Кибзун [и др.]. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 224 с.

Надійшла до редколегії 09.06.2010.

Прийнята до друку 23.06.2010.

В. И. ПЕТРЕНКО (ОАО «Киевметрострой»), В. Д. ПЕТРЕНКО (ДИИТ),
Г. К. САВИНКОВ (НТЦ «Криптон», Киев)

НАДЁЖНОСТЬ СПОСОБОВ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЕРЕГОННЫХ ТОННЕЛЕЙ КИЕВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

В статті розглянуто основні положення надійності способів закріплення ґрунтів при експлуатації перегінних тунелів Київського метрополітену.

Ключові слова: тунель метрополітену, слабкий ґрунт, обводнений ґрунт, спосіб закріплення, силікатизація.

В статье рассмотрены основные положения надёжности способов закрепления грунтов при эксплуатации перегонных тоннелей Киевского метрополитена.

Ключевые слова: тоннель метрополитена, слабый грунт, обводненный грунт, способ закрепления, силикатизация.

In the article the basic provisions of technology reliability of soils stabilization during exploitation of the Kiev underground railway running tunnels are considered.

Key words: underground tunnel, soft ground, water-saturated ground, method of fixing, silicatization.

В процессе эксплуатации перегонных тоннелей Сырецко-Печерской линии метрополитена в г. Киеве, заложенных на глубине 15...20 м, были обнаружены деформации водонасыщенных несвязных песчаных и супесчаных грунтов в виде осадок поверхности в 10...20 см, обусловленные известным явлением виброползучести грунта в основании зданий и др. сооружений, включая тоннели. Причем наибольшие проявления виброползучести наблюдались на участках движения поездов со скоростью в пределах 50...60 км/час. При этом были выявлены осадка грунта под тоннелями и его выпирание с обеих сторон тоннелей.

В течение последних десятилетий, рядом исследователей обосновывались различные интерпретации происходящего явления виброползучести под действием динамических нагрузок, как слабых, возникающих вследствие движения неуравновешенных частей машин, так и сильных кратковременных однократных и многократных, существенно сказывающихся на свойствах несвязных (сыпучих) грунтов и несколько меньше грунтов связных (глинистых) [1 – 10]. Причем перемещения грунтов оснований при колебаниях и волновых воздействиях на сооружения, включая тоннели и их основания, и возникающие в них динамические напряжения вызывают деформации и приводят к значительным неравномерным осадкам основания. Как отмечал проф. М. Н. Гольдштейн [1], цикличе-

ские динамические воздействия существенно понижают прочность грунтов. При этом, если в грунте одновременно с колебаниями действуют интенсивные сдвигающие напряжения, то может развиваться его вязкопластическое течение – виброползучесть, а водонасыщенные пески при динамическом нагружении переходят в разжиженное состояние и растекаются.

Особенно опасно поведение плывунных грунтов, которые обладают свойством потери прочности при нарушении структуры, и поэтому очень чувствительны к динамическим воздействиям. При таких условиях они уплотняются, а вода, заполняющая поры грунта, получает большую подвижность и создает гидродинамическое давление, превосходящее суммарный вес твердых частиц грунта.

В результате грунт разжижается и, превращаясь в вязкую тяжелую жидкость, перемещается в направлении гидравлического градиента [4].

Для повышения прочности и устойчивости плывунных грунтов применяют осушение грунтов путем водопонижения иглофильтрами или с помощью электроосмоса. Кроме того, ограждают выработки противодиффузионными завесами, ледогрунтовыми стенками или закрепляют плывун силикатизацией и электрохимическими способами.

Особого внимания заслуживает изучение виброползучести грунтов, обусловленной ди-

намическими воздействиями на них движущимися поездами метрополитенов [5, 9].

При динамическом нагружении несвязного водонасыщенного грунта, вызываемым периодическим неуравновешенным давлением на рельсы, шпалы и обделку тоннеля проходящим поездом, происходит образование волн, распространяющихся вдоль тоннеля концентрически. При этом волны вовлекают частицы грунта в движение по вертикали и выталкивают часть их в горизонтальном направлении. В результате грунтовое основание оседает под действием всей достаточно жесткосвязанной конструкции «рельс – шпала – обделка тоннеля» и движущегося поезда.

Рассмотрим некоторые теоретические положения, касающиеся данной проблемы. Согласно исследованиям проф. Н. М. Герсевича [3], разжижение грунта в основаниях фундаментов может быть, если

$$P + P_t > \gamma_{взв} h(2\lambda\pi + 1), \quad (1)$$

где P – постоянная нагрузка на грунт основания, равная $P = \gamma h$, кН/м³; P_t – мгновенная

нагрузка на грунт, определяемая как $P_t = \frac{P_v}{b_k \cdot 1}$, кН/м³; $\gamma_{взв}$ – удельный вес грунта с учётом взвешивающего действия воды, кН/м³, определяемый по выражению $\gamma_{взв} = \frac{\gamma_{вк} - 10}{1 + \varepsilon}$, кН/м³;

h – глубина заложения тоннеля до шельги свода, м; P_v – вес четырехосного вагона метрополитена, кН, [11]; b_k – ширина колеи метрополитена, м; $\gamma_{вк}$ – удельный вес скелета грунта, кН/м³; ε – коэффициент пористости; λ – коэффициент бокового давления, равный $\lambda = \frac{\mu}{1 - \mu}$; μ – коэффициент Пуассона.

Выполнив соответствующие преобразования, получим выражение неравенства (1) в следующем виде:

$$\gamma h + \frac{P_v}{b_k \cdot 1} > \frac{\gamma_{вк} - 10}{1 + \varepsilon} h \left(2\pi \frac{\mu}{1 - \mu} + 1 \right). \quad (2)$$

Приняв согласно [11] вес вагона метро в 600 кН, ширину колеи равной 1,52 м, удельный вес скелета песчаного грунта в 25 кН/м³, коэффициент Пуассона 0,25 и коэффициент пористости 0,5, получим, что в действительности величина левой части неравенства для разжиженных грунтов будет существенно больше правой. Следовательно, в условиях перегона

станции «Харьковская» – станция «Бориспольская» участка Сырецко-Печерской линии Киевского метрополитена в разжиженных грунтах были объективные условия для появления эффекта виброползучести и осадки грунтов под тоннелями до поверхности.

Для того чтобы определить виброосадки с некоторой постоянной скоростью, воспользуемся формулой Стокса [3]:

$$V = \frac{\sqrt{\pi} P \sqrt{F}}{8v}, \quad (3)$$

где v – коэффициент вибровязкости, Па·с; P – статическое давление на грунт, определяемое как

$$P = \gamma(h + D) + P_{обд}, \quad (4)$$

где D – диаметр тоннеля, м; $P_{обд}$ – вес 1 пог.м обделки, кН/м³; F – площадь 1 пог.м опирания обделки на грунт, равная $F = D \cdot 1$, м²; γ – ускорение вибрации при условии, что, при прохождении поезда с одинаковой скоростью, виброколебания, передаваемые на грунт, будут близки гармоническим и, следовательно, согласно [1], максимальное или пиковое ускорение равно произведению амплитуды на квадрат частоты и при $\omega t + \varphi = \pi/2$

$$\gamma = \omega^2 A, \quad (5)$$

где ω – частота колебаний, с⁻¹; A – амплитуда колебаний, м; φ – начальная фаза в момент времени $t = 0$.

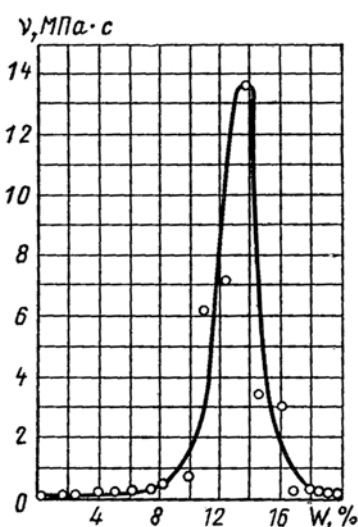


Рис. 1. Зависимость коэффициента вибровязкости песка от влажности

Определим из анализа рис. 1 (рис. 7.8 в работе [2]) зависимость коэффициента вибровязкости от влажности песчаного грунта по Д. Д. Баркову. В результате статистической обработки получено следующее выражение:

$$\nu = \nu_0 + \frac{B}{\sigma_W \sqrt{\frac{\pi}{2}}} \exp \left\{ -2 \frac{(W - \bar{W})^2}{\sigma_W^2} \right\}, \quad (6)$$

где ν_0 – начальная вибровязкость, равная $\nu_0 = 65$ Па·с; B – показатель критической влажности; W – текущее значение влажности; $\bar{W}$ – среднее значение влажности при максимальной вибровязкости; σ_W – среднеквадратическое отклонение величины W .

Подставляя полученные параметры в формулу (3) и решая полученное уравнение, получим, что скорость виброосадки равнялась нескльким см/с.

Следовательно, процесс осадок тоннеля происходил за весьма короткие промежутки времени, что и наблюдалось в реальных условиях.

В ряде работ [5, 7, 9] исследователями предлагаются различные решения данной проблемы:

а) укладка бетонного фундамента под тоннелями толщиной, обусловленной величиной затухания энергии волн, не создающей осадки грунта под тоннелем проходящим поездом;

б) соединение тоннельных секций металлическими стяжками;

в) строительство способом «стена в грунте» параллельных ограждающих конструкций по бокам участков тоннелей с целью воспрепятствовать выпиранию грунта на поверхность;

г) обустройство по бокам тоннелей способом струйного закрепления конструкций в виде грунтоцементных свай и др.

Одним из эффективных технологических решений проблемы борьбы с виброползучестью является строительство специальных грунтоцементных завес, что обеспечивается путём струйного закрепления грунта при нагнетании в скважины вяжущего и создания заполненной щели, образованной без вращения монитора.

Строительство же способом «стена в грунте» закрытых конструкций, даже без армокаркаса, по бокам тоннеля является, безусловно, дорогостоящим мероприятием.

Для решения указанной проблемы специалистами НТЦ «Криптон» совместно с производителями ЗАО «Киевметрострой» пред-

ложено закреплять несвязный грунт под тоннелем на глубину до 4 м методом тампонажа с использованием новой технологии динамического воздействия на разжиженный массив.

Данная технология основывается на подаче в грунт путём нагнетания через мониторы высокопроникающих цементных или силикатных растворов, которые могут обеспечить максимально прочное закрепление водосодержащих мелкодисперсных песков. Она обеспечивает значительно больший радиус закрепления по сравнению с обычными методами тампонажа, что важно, поскольку трасса строительства тоннелей проходит в зоне густой сети подземных коммуникаций.

Особого внимания заслуживает методика подбора тампонажного материала для проведения работ. Границы инъектирования различных рецептур растворов в те или иные грунты зависят от характеристик раствора, включая степень его дисперсности, типа грунта с учётом его минералогического состава, коэффициента фильтрации и химического состава грунтовых вод, а также назначения инъекции – повышение прочности или водонепроницаемости грунта.

Концентрацию инъекционных растворов необходимо выбрать в зависимости от гидродинамических характеристик упрочняемого грунтового массива.

Полный эффект укрепления грунтов в определённых инженерно-геологических условиях достигается в случае использования смеси, составленной из различных по типу растворов и нагнетаемых в грунт в последовательности, установленной опытным путем.

На основании разработанной методики было выполнено обоснование технологии закрепления грунтов на опытном участке перегона между станциями «Харьковская» и «Бориспольская» участка Сырецко-Печерской линии Киевского метрополитена. Прежде всего, были уточнены литологические и минералогические характеристики грунта. По данным гранулометрического анализа грунты на участке были представлены тонко- и мелкодисперсными разновидностями песков с содержанием кварца 90...95 % и глинистой фракции менее 5 %. Полевой шпат разной дисперсности встречается во всех фракциях песков.

В связи с тем, что в геологическом разрезе наблюдалась перемежаемость песков с разным гранулометрическим составом, рецептура тампонажного раствора была выбрана с учётом грунтов с самой низкой проницаемостью, т.е. тонкозернистых песков. В качестве технологии

с использованием высокопроницаемых закрепителей была принята силикатизация грунта раствором жидкого стекла. Этот метод высокоэффективен для закрепления тонкодисперсных песчаных грунтов с низким коэффициентом фильтрации ($K_f < 20$ м/сутки).

При применении в опытных условиях для прочного закрепления указанных раздельно-зернистых грунтов (мелкозернистые пески, супеси, плавунны) наиболее технологичным является инъекционное закрепление методом однорастворной силикатизации. Основным компонентом тампонажного раствора служит силикат натрия $(Na_2O)mSiO_2$, где m – модуль жидкого стекла, равный 2,5...4.

Вторым компонентом чаще всего является хлористый кальций ($CaCl_2$). Плотность указанной смеси при объемном соотношении 1:1 составляет 1,35...1,44 г/см³ при вязкости 25...50 СантиПуаз. Прочность закрепленного этим способом грунта составляет 1,5...3,5 МПа.

Указанным способом был закреплён участок Сырецко-Печерской линии метрополитена от ПК 260+20 до ПК 263-80. Как показали наблюдения, в результате выполнения данных работ существенно улучшилось состояние перегонных тоннелей в связи с образованием в подошвенных грунтах прочного основания, и были остановлены опасные осадки грунтовых толщ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гольдштейн, М. Н. Механика грунтов, основания и фундаменты [Текст] / М. Н. Гольдштейн, А. Д. Царьков, И. И. Черкасов. – М.: Транспорт, 1981. – 320 с.

2. Цытович, Н. А. Механика грунтов [Текст] / Н. А. Цытович. – М.: Высшая школа, 1983. – 288 с.
3. Бабков, В. Ф. Основания, грунтоведение и механика грунтов [Текст] / В. Ф. Бабков, В. М. Безрук. – М.: Высш. шк., 1986. – 239 с.
4. Далматов, Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты [Текст] / Б. И. Далматов. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1988. – 415 с.
5. Дашевский, М. А. Распространение волн при колебании тоннелей метро [Текст] / М. А. Дашевский // Строительная механика и расчет сооружений. – 1974. – № 5. – С. 29-34.
6. Великотный, А. П. Влияние величины вибродинамического воздействия на деформируемость глинистых грунтов [Текст] / А. П. Великотный // Вопросы земляного полотна и геотехники на железнодорожном транспорте. – Д.: ДИИТ, 1980. – Вып. 208/29. – С. 30-34.
7. Кудрявцев, И. А. Влияние динамических нагрузок на виброкомпрессию несвязных грунтов [Текст] / И. А. Кудрявцев. // Сб. науч. тр. «Основания и фундаменты», 1989. – С. 73-79.
8. Вознесенский, Е. А. Поведение грунтов при динамических нагрузках [Текст] / Е. А. Вознесенский. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 286 с.
9. Кудрявцев, И. А. Влияние вибрации на основания сооружений [Текст] / И. А. Кудрявцев. – Гомель: БелГУТ, 1999. – 274 с.
10. Механика грунтов [Текст] / В. Г. Шаповал [и др.]. – Д.: Пороги, 2010. – 168 с.
11. ДБН В.2.3-7-2003. Споруди транспорту. Метрополітени [Текст]. – К.: Держбуд України, 2003. – 300 с.

Поступила в редколлегию 12.05.2010.

Принята к печати 27.05.2010.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСИЛЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА МАЛОДЕФОРМИРУЕМЫМ СЛОЕМ

В роботі представлено результати порівняльного аналізу варіантів підсилення земляного полотна малодеформівним шаром.

Ключові слова: земляне полотно, малодеформівний шар, порівняльний аналіз варіантів підсилення

В работе представлены результаты сравнительного анализа вариантов усиления земляного полотна малодеформируемым слоем.

Ключевые слова: земляное полотно, малодеформируемый слой, сравнительный анализ вариантов усиления

In the article the results of comparative analysis of variants of strengthening the ground bed by the small-deformable layer are presented.

Keywords: ground bed, small-deformable layer, comparative analysis of variants of strengthening

Существующие технологии усиления земляного полотна подразделяются на те, которые базируются на изменении физико-механических свойств грунта (усиления малодеформируемыми слоями), и на те, которые базируются на внедрении арматуры в грунтовую матрицу (армогрунты с различными типами арматуры) [1, 2]. Аналитические исследования параметров усиления земляного полотна как малодеформируемыми слоями, так и армирования геосинтетическими материалами составляют значительный объем исследований в этой области [1–3].

Однако, проанализированные случаи усиления земляного полотна, например, в работе [1], вызывают значительные вопросы с позиции их практического применения, хотя, без сомнений, имеют важнейшее теоретическое значение. На сегодняшний момент наибольшее распространение и некоторое научное обоснование получили именно те два направления технологий, которые были упомянуты [4, 5]. Это связано с тем, что для использования вариантов усиления или с помощью слоя усиления, или с помощью геосинтетических материалов, разработаны и проверены на практике алгоритмы технологических операций. Соответственно, для этих направлений, которые являются тенденциями усиления земляного полотна на сегодняшнее время, следует провести ряд исследований, которые должны выполняться для того, чтобы выяснить какой вариант усиления является наиболее оптимальным. Эта задача является актуальной с такой позиции еще и потому, что влияние малодеформируемых слоев не является однозначным и известным.

Целью данной работы является проведение экспериментальных исследований и анализ их результатов при усилении земляного полотна малодеформируемым слоем. Для этого было проведено несколько серий экспериментальных исследований в лотке (рис. 1, а) модели в масштабе 1:20 (рис. 1, б).

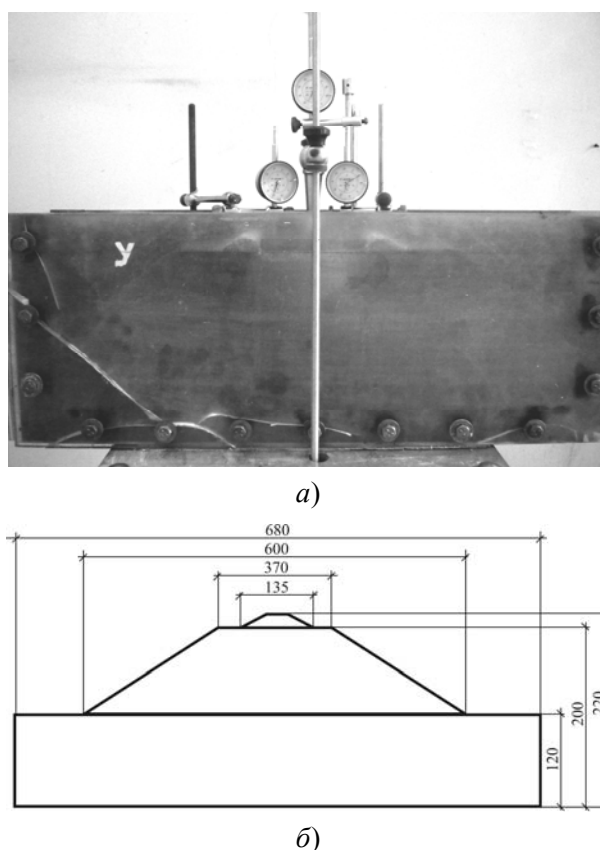


Рис. 1. Общий вид лотка (а) и основные размеры модели (б)

Было проведено несколько серий испытаний моделей, с выяснением особенностей их деформирования в зависимости от характера уси-

ления малодеформируемым слоем, который был выполнен из смеси щебня с суглинком в пропорции 70 % к 30 % (рис. 2).

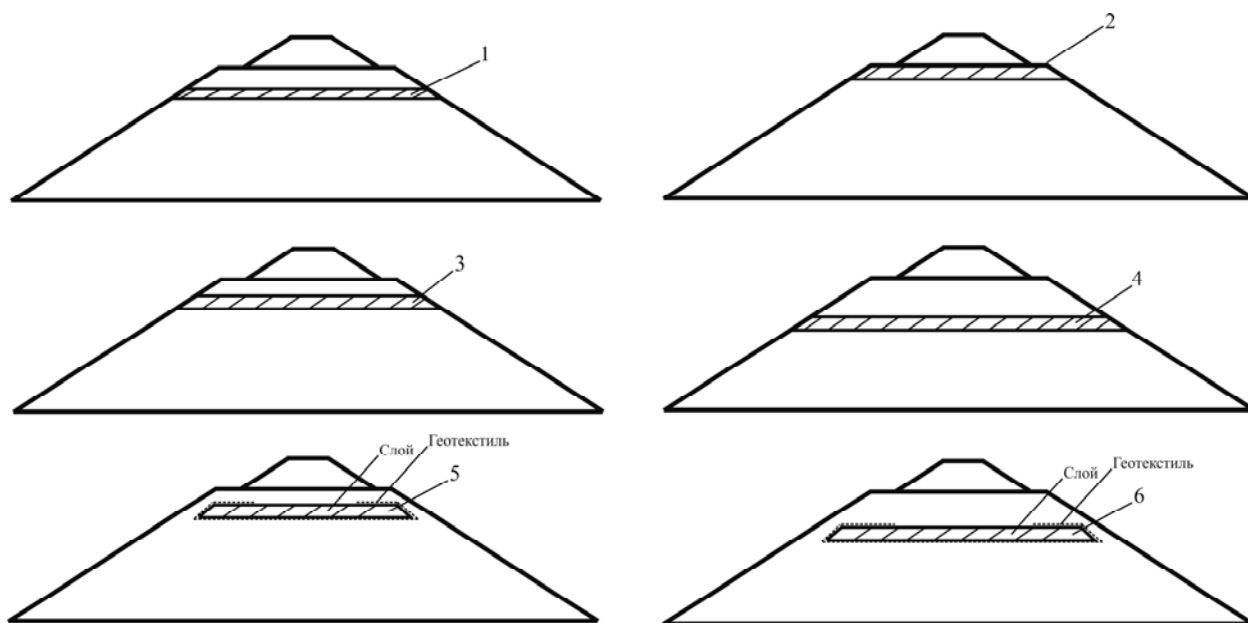


Рис. 2. Варианты усиления модели малодеформируемым слоем

Технологически модели (рис. 2) были выполнены в следующем виде:

- вариант 0 является вариантом без усиления;
- 1 вариант – слой толщиной 1 см на глубине 2 см от основной площадки;
- 2 вариант – слой толщиной 2 см на глубине 0 см от основной площадки (непосредственно под балластом);
- 3 вариант – слой толщиной 2 см на глубине 2 см от основной площадки;
- 4 вариант – слой толщиной 2 см на глубине 4 см от основной площадки;
- 5 вариант (комбинированный) – слой толщиной 2 см на глубине 2 см от основной площадки, обёрнутый полотном геотекстиля;
- 6 вариант (комбинированный) – слой толщиной 2 см на глубине 4 см от основной площадки, обёрнутый полотном геотекстиля.

Основная модель земляного полотна была создана из суглинка путём послойного уплотнения с внедрением в грунтовую матрицу слоя усиления, а также в виде полотен геотекстиля для комбинированных моделей. В верхней части модели формировалась балластная призма из мелкоизмельченного щебня. Плотность, влажность и деформационные характеристики моделей в различных сериях испытаний сохранялись идентичными, что дало возможность сравнения НДС моделей различных вариантов армирования.

Загружение моделей производилось рычажной системой с плечом рычага 1:10 до тех пор, пока не происходило их разрушение. Нагрузка передавалась на штамп площадью 155,3 см². В процессе загрузки моделей контролировался уровень как абсолютных перемещений с помощью индикаторов часового типа с точностью измерений 0,01 мм, так и относительных деформаций, которые вычислялись путём деления перемещений к первоначальной высоте земляного полотна модели (200 мм).

Характерным деформированием неармированных моделей (Вариант 0) является случай сжатия с выпором, который наблюдается по искривлению сетки 2×2 см, начерченной на передней стороне модели (рис. 3).

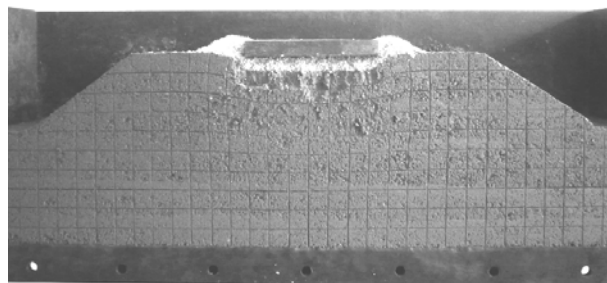


Рис. 3. Вид модели (Вариант 0) после эксперимента

Усиление модели по Варианту 1 несколько улучшило картину деформирования (рис. 4), однако, незначительно, что объясняется недостаточной толщиной малодеформируемого слоя

(1 см в модели и, соответственно, 0,2 м в натуре). Его геометрические параметры еще не позволяют уменьшить вертикальные перемещения, но всё же, по сравнению с неармированным

вариантом, их затухание является значительным, что свидетельствует о том, что внедрение такого слоя влияет положительно.

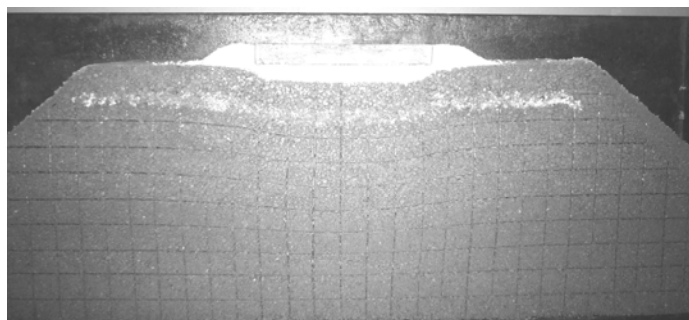


Рис. 4. Вид модели (Вариант 1) после эксперимента

Увеличив толщину малодеформируемого слоя до 2 см (0,4 м в натуре) было проведено исследование не только его положительного влияния на уменьшение вертикальных деформаций, но и также влияние его расположения по высоте на этот процесс. Для этого Варианты 3, 4 и 5 рассмотрены в комплексе (рис. 5–7).

Как установлено, что качественно влияние положения слоя на изменение вертикальных перемещений не отмечалось; кроме того, из анализа общего деформирования для всех вариантов можно сделать вывод и о том, что количественные изменения такого варьирования высоты также не отмечаются.

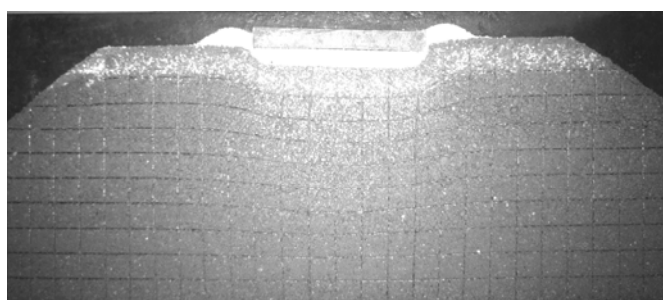


Рис. 5. Вид модели (Вариант 2) после эксперимента

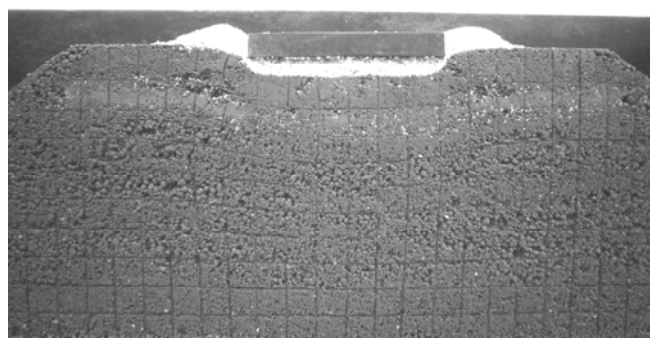


Рис. 6. Вид модели (Вариант 3) после эксперимента



Рис. 7. Вид модели (Вариант 4) после эксперимента

Следует отметить, что при рассмотрении случая армирования земляного полотна геосинтетическими материалами и случая его усиления малодеформируемым слоем сложилась методология сводить их влияние к изменению одного и того же параметра [1]. Таким параметром является некий коэффициент, связывающий напряжения и относительные деформации, который при упругом деформировании называется модулем упругости или модулем Юнга. В случае деформирования усиленного земляного полотна его использование также удобно, но приводит к тому, что методологию исследований рассматривается с позиций феноменологического подхода. Это заключается в том, что природа уменьшения деформаций в обоих случаях не исследуется, а важным является лишь тот факт, что и геосинтетические материалы, и малодеформируемый слой положительно влияют на изменение вертикальных деформаций. Соответственно, отыскание некоего коэффициента, связывающего напряжения и деформации (далее – интегральный модуль деформации), достаточно полно описывает количественные изменения. Необходимо также отметить, что применение феноменологического подхода уменьшает возможность отыскания наиболее оптимального варианта усиления, т.к. отсутствие исследования природы влияния тех или иных усиливающих элементов, не позволяя их научно обосновать.

Такую проблему, сложившуюся в исследованиях усиленного или армированного земляного полотна, можно решить, дополнив феноменологический подход конкретными исследованиями влияния усиливающих элементов.

Из проведенных экспериментальных исследований можно сделать вывод, что малодеформируемый слой и внедрённая в грунтовую матрицу арматура в виде гетекстиля или геосетки, кардинально по-разному влияют на напряжённо-деформированное состояние (НДС) земляного полотна, хотя интегрально их влияние заключается в уменьшении его деформаций. Важность определения указанных причин заключается в том, что, исследовав особенности каждого из способов усиления или армирования, можно сочетать наиболее сильно влияющие на деформирование земляного полотна и создать их комбинацию.

Вместе с тем, следует четко разграничивать влияние малодеформируемого слоя и геосинтетических материалов. Из проведенных исследований по первому случаю, можно сделать вывод, что малодеформируемый слой по при-

чине повышения модуля деформации (парциальный модуль деформации) снижает деформации системы вообще, увеличивая её деформационные свойства (интегральный модуль деформации). Однако, такое увеличение происходит лишь в слое и в некоторой его окрестности и базируется лишь на повышении деформационных свойств, но не коэффициента трения, удельного сцепления и так далее. Такой слой деформируется вместе с матрицей, в которую внедрён, таким образом, что никаких расслоений, трещин и нарушений сплошности модели не наблюдается, в отличие от случая армирования геотекстилем. В этом заключается положительный эффект влияния такого слоя.

В отличие от внедрения слоев, внедрение геотекстильных материалов иногда приводит к эффектам деформирования, связанными с тем, что деформационные свойства матрицы и арматуры значительно отличаются. Внедрённая арматура в виде полотен гетекстиля или геосетки создаёт внутри земляного полотна дополнительную конструкцию, в которой возникает собственное НДС, влияющее на общее НДС системы «матрица – арматура». Собственное НДС арматуры зависит от значений трения и сцепления с матрицей, а также от степени уплотнения матрицы над и под арматурой. Доказано, что внедрение арматуры без какой-либо анкеровки полотна не приносит никаких положительных результатов, т.к. растягивающие напряжения в арматуре приводят к тому, что полотно геотекстиля необратимо деформируется, выдёргиваясь из матрицы. Использование анкеровки в виде загибов полотна приводит к его новой работе, которая заключается в том, что арматура с загибами становится самонапряжённой системой, степень самонапряжения которой зависит от нагрузки, которая к ней прикладывается. Соответственно, силы трения и сцепления по нижней фибре полотна уже не столь значительно влияют на собственное состояние арматуры и интегральное состояние системы вообще. Также меньше внимания можно уделять растягивающим напряжениям в арматуре, т.к. уровень нагрузки, прикладываемой к земляному полотну, не соответствует пределам прочности на разрыв современных геосинтетических материалов [4]. Наиболее важной становится задача сочетания положительных свойств слоя и арматуры – повышения парциального модуля деформации и создания самонапряжения. Поэтому проведены экспериментальные исследования по Вариантам 5 и 6 (рис. 8 и 9).

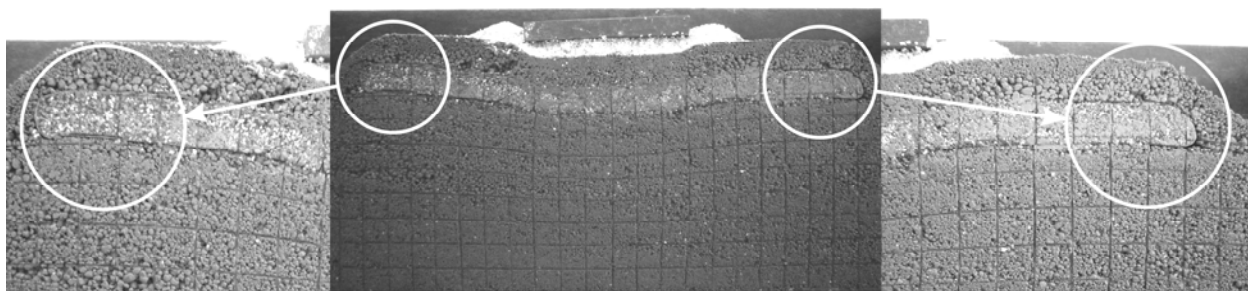


Рис. 8. Вид модели (Вариант 5) после эксперимента (в кружках показаны характерные деформации модели)

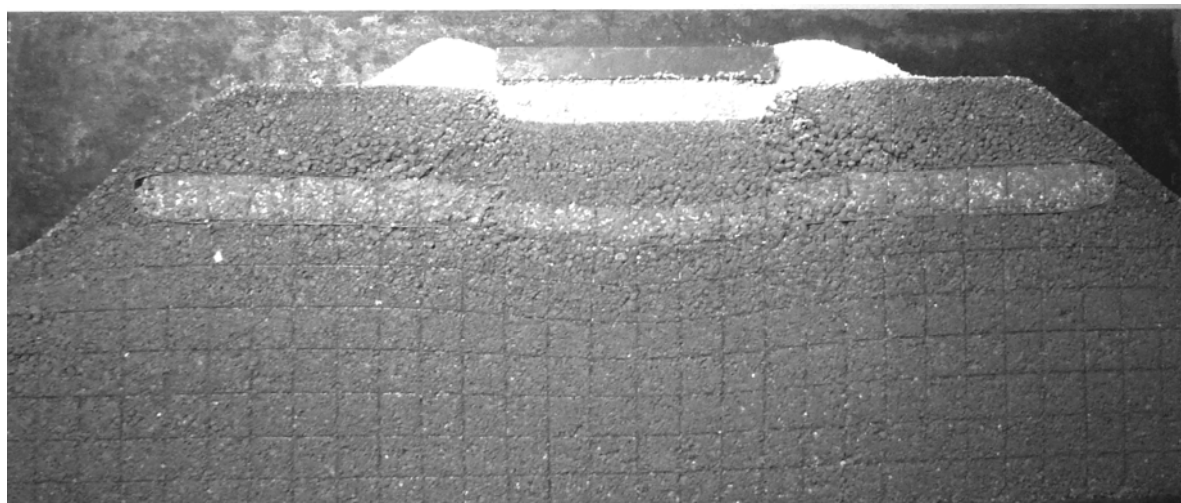


Рис. 9. Вид модели (Вариант 6) после эксперимента

В данных вариантах использована комбинация геотекстиля и малодеформируемого слоя. Все результаты приведены в виде графиков, и,

как следует из их анализа (рис. 10), количественно варианты отличаются друг от друга значительно.

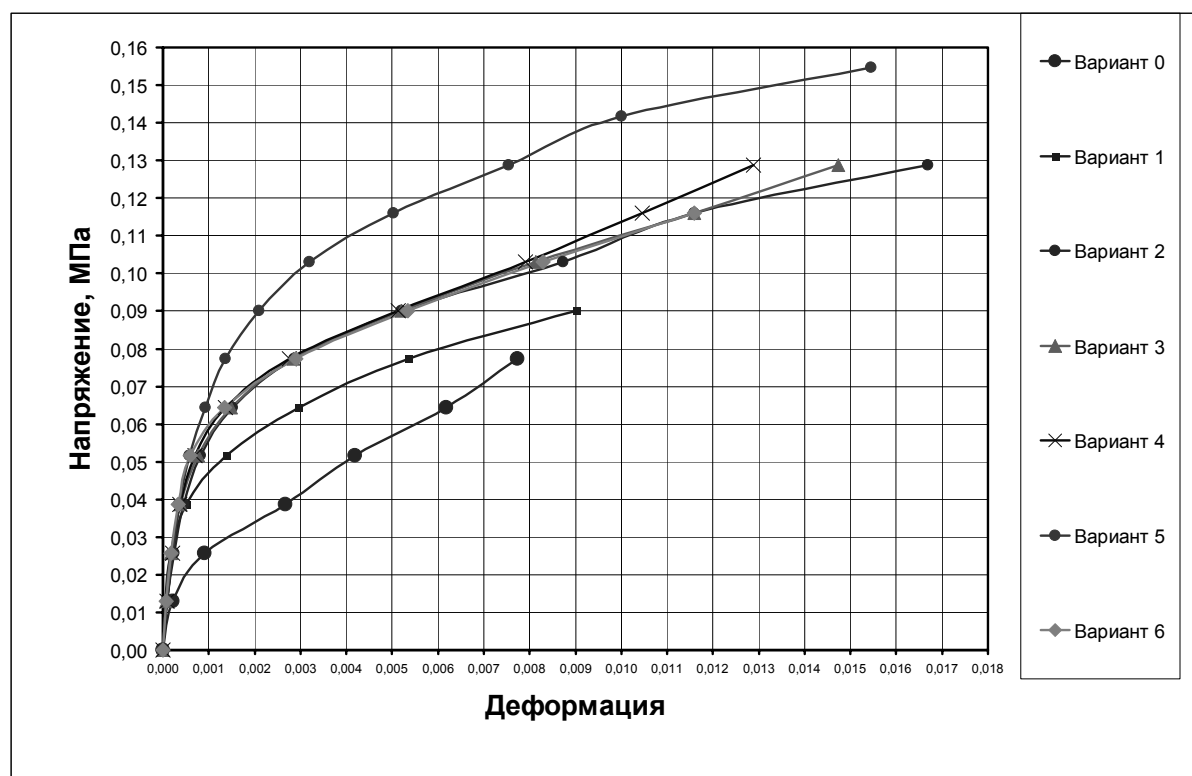


Рис. 10. График зависимости напряжений и деформаций для различных вариантов усиления

Важным является тот факт, что деформирование по Вариантам 2, 3, 4 и 6 практически одинаково, что свидетельствует о схожем влиянии на интегральное НДС, причём Вариант 6, который является комбинированным, оказывает такое же влияние, как и варианты без геотекстиля.

Таким образом, анализ определённых в ходе экспериментальных исследований эффектов позволяет сделать следующие **выводы**.

1. Применение усиления земляного полотна в виде малодеформируемого слоя является целесообразным, т.к. небольшой разброс деформационных свойств слоя и матрицы исключает возможность какого-либо расслоения матрицы и внедрённого элемента.

2. Результаты экспериментальных исследований также свидетельствуют о том, что положение слоя по высоте в пределах зоны активного деформирования существенно не влияет на снижение вертикальных деформаций, т.е. при разработке технологии не следует использовать особенные механизированные средства.

3. Исследование сущности влияния малодеформируемого слоя и арматуры в виде геосинтетических материалов с определением преимуществ и недостатков каждого, свидетельствует о том, что применение комбинированных решений наиболее оптимально, что следует из количественного анализа каждого из вариантов (повышение напряжений и деформаций в два раза в Варианте 5 по сравнению с неармированным земляным полотном).

4. Характер деформирования земляного полотна по комбинированным вариантам свидетельствует о том, что в них происходит сочетание положительных свойств комбинации слоя и арматуры, т.к. повышение деформационных

свойств слоя, который обёрнут полотном геотекстиля, образуя самонапряжённую систему, не позволяет расслаиваться арматуре и матрице, обеспечивая наибольшее сопротивление нагрузке, прикладываемой к земляному полотну.

Таким образом, проведя данные экспериментальные исследования, проанализировав их и получив важную информацию о НДС моделей с различными вариантами усиления, возможно дальнейшее развитие, которое заключается в экспериментальном исследовании моделей с дискретным армированием.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимофеева, Л. М. Армирование грунтов [Текст] / Л. М. Тимофеева. – Пермь: Изд-во Пермского политехн. ин-та, 1991. – 478 с.
2. Джоунс, К. Д. Сооружения из армированного грунта [Текст] / К. Д. Джоунс. – М.: Стройиздат, 1989. – 280 с.
3. Порівняльний аналіз напружено-деформованого стану двох варіантів підсилення конструкції земляного полотна / В. Д. Петренко [та ін.] // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 29. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 107-111.
4. Правила і технологія виконання робіт при поточному утриманні залізничної колії. ЦП/0084 [Текст]. – К., 2002. – 156 с.
5. Рубцов, И. В. Закрепление грунтов земляного полотна автомобильных и железных дорог [Текст] / И. В. Рубцов, В. И. Митраков, О. И. Рубцов. – М.: АСВ, 2007. – 184 с.

Поступила в редколлегию 03.06.2010.

Принята к печати 15.06.2010.

О. М. ПШІНЬКО, А. В. КРАСНЮК, Б. Г. КЛОЧКО, О. В. ГРОМОВА (ДІП),
В. В. ПАЛІЙ (Укрзалізниця, Київ)

МОДИФІКАЦІЯ РЕМОНТНИХ СКЛАДІВ ПОЛІМЕРНИМИ ДОБАВКАМИ ПРИ РЕМОНТІ БУДІВЕЛЬ ТА ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД НА ТРАНСПОРТІ

У статті розглянуто один із напрямів створення ремонтного матеріалу із заданими технологічними та експлуатаційними властивостями шляхом застосування модифікуючих полімерних добавок направленої або поліфункціональної дії. Проведено огляд сучасних синтетичних добавок для модифікації властивостей ремонтних складів спеціального призначення.

Ключові слова: створення ремонтного матеріалу із заданими технологічними та експлуатаційними властивостями, модифікуючі полімерні добавки, направлена або поліфункціональна дія

В статье рассмотрено одно из направлений создания ремонтного материала с заданными технологическими и эксплуатационными свойствами путем использования полимерных модифицирующих добавок направленного или полифункционального действия. Проведен обзор современных синтетических добавок для модифицирования свойств ремонтных составов специального назначения.

Ключевые слова: создание ремонтного материала с заданными технологическими и эксплуатационными свойствами, модифицирующие полимерные добавки, направленное или полифункциональное действие

In the article one of directions of creation of a repair material with the set technological and operational properties by means of modifying additives of the directed or multifunctional action is considered. The review of modern synthetic additives for modifying the properties of repair compositions of special purpose is conducted.

Keywords: creation of repair material with set technological and operational properties, modifying polymeric additives, directed or multifunctional action

Будівельна практика останніх років показала, що використання хімічних добавок у бетонах і будівельних розчинах дозволяє одержувати відчутний техніко-економічний ефект і підвищувати довговічність матеріалів, конструкцій й інженерних споруд на їхній основі. Бетонні й розчинні суміші з використанням хімічних добавок є новим й перспективним напрямком у технології бетонів на відміну від звичайних класичних складів, і вимагають ведення роботи із систематизації й вивчення вітчизняного й закордонного досвіду з їхнього виробництва й використання [1].

Розчини і бетон, які виготовляються з портландцементу, відомі у всьому світі в якості будівельного матеріалу вже більше 160 років. Але цементний розчин і бетон мають суттєві недоліки, які обмежують їх використання в якості ремонтного матеріалу для бетонних і залізобетонних транспортних споруд, а саме – уповільнене твердіння, низька міцність під час вигину, утворення тріщин при висиханні і низька хімічна стійкість. Для подолання даних недоліків й утворення більш досконалого для ремонтних робіт матеріалу у сучасному будівництві застосовують модифікацію звичайного цементно-

го розчину або бетону полімерними добавками [2].

Застосування модифікуючих добавок у складах будівельних розчинів і бетонів має свою досить давню історію. Використання в якості добавок у вапняні бетони та кладочні розчини рослинного масла, крові тварин, білка, курячих яєць, молочних продуктів, відварів деревинної кори і т.ін. дозволило зберегти до теперішнього часу храми древніх російських міст Володимира й Суздаля, мечеті Бухари та Самарканду, знаменитий Карлів міст р. Праги та ін. Однак з появою гідралічних в'язучих речовин модифікуючі добавки, що застосовувалися майстрами в старовину, відійшли на другий план і були забуті. І тільки з початку тридцятих років ХХ ст. використання модифікуючих добавок у бетонах і розчинах знову входить у практику будівельників, але вже на новому науково-технічному рівні. До теперішнього часу в багатьох промислово розвинених країнах частка бетонів та розчинів, що застосовуються в будівництві, з модифікуючими добавками, досягла 90...95 %.

Полімерні матеріали в бетонах використовуються у вигляді добавок у бетонну суміш, в якості додаткового в'язучого компоненту, для

просочення бетонних і залізобетонних виробів, для виробництва сухих будівельних сумішей, для дисперсного армування полімерними волокнами, як мікронаповнювач.

Номенклатура полімерних добавок на сьогоднішній день досить велика. До них відносяться поверхнево-активні речовини (ПАР), водорозчинні полімери, водні дисперсії полімерів, добавки – електроліти та ін. Найбільш поширеними добавками полімерів в цементні бетони та розчини є:

- водні дисперсії полімерів – латекси (натуральні і синтетичні каучуки), полівінілацетатні, полівінілхлоридні та інші емульсії, здатні в суміші з мінеральним в'язучим розпадатися з виділенням води, яка пов'язується при його гідратації, і частинок полімеру, які злипаються в тонкі еластичні плівки на поверхні новоутворень неорганічної в'язучої речовини, підсилюючи з'єднання їх один з одним за рахунок склеювання;

- водорозчинні полімери – феноли, карбамідні, епоксидні і т. д., здатні в цементному камені, що твердіє переходити в каменеподібний нерозчинний стан під дією нагрівання або лужного середовища, що виникає при гідратації цементу, або спеціального введення добавок-отверджувачів.

Основний механізм дії полімерних добавок у цементних системах полягає в тому, що вони утворюють на поверхні зерен цементу, заповнювача, а також пор і капілярів тонку плівку, яка має високу адгезію і сприяє «склеюванню» (підвищує зчеплення) заповнювача з цементним каменем. Завдяки цьому, бетон стає більш монолітним, підвищується його непроникність і морозостійкість, міцність на розтяг і вигин.

Незважаючи на те, що основні процеси формування властивостей будівельних розчинів визначаються взаємодіями в системі «мінеральна в'язуча речовина – заповнювач – вода», введення в таку систему органічних модифікуючих добавок дозволяє змінювати практично всі характеристики матеріалу і отримувати будівельні розчини і бетони із заданими властивостями, призначені для застосування в різних, включаючи екстремальні, умовах. Застосування модифікуючих добавок дозволило змінювати в широких межах технологічні властивості розчинових і бетонних сумішей та їх фізико-механічні властивості і відкрило можливість широкого застосування тонкошарових технологій та технологій машинного нанесення, дозво-

лило змінювати в широких межах технологічні властивості розчинів.

Розчини і бетони, модифіковані полімером, мають монолітну структуру, в якій органічна полімерна матриця і матриця цементного гелю гомогенізується. Властивості модифікованого розчину і бетону визначаються спільною матрицею. У системах, які модифіковані латексом, порошковими емульсіями і водорозчинними полімерами, дренаж води з цих систем при гідратації цементу призводить до утворення плівки або мембрани. У системах, які модифіковані рідкими смолами і мономерами, добавка води стимулює гідратацію цементу і полімеризацію рідких смол або мономерів.

Наприклад, полімерні добавки-ущільнювачі: водорозчинні епоксидні смоли ДЕГ-1, ТЕГ-1 і поліаміни, смола С-89, які, полімеризуючи в лужному середовищі, підвищують еластичність цементно-піщаної матриці і покращують деформативні властивості бетону.

Широке застосування в якості полімерних синтетичних добавок для будівельних сумішей на цементному в'язучому знаходять редиспергуючі сополімерні порошки торгової марки Мовіліт (Mowilith Pulver – виробник Clariant GmbH, Німеччина). Завдяки їм будівельні розчини, клейові і шпакльовочні композиції відрізняються високою еластичністю під час нанесення, підвищеною адгезією до різних поверхонь, стійкістю до стирання і високою міцністю на вигин.

Успішно застосовуються в ремонтних композиціях будівельних сумішей полімерні водотримуючі добавки (загусники) – складні ефіри целюлози. Метилловий ефір целюлози – продукт у вигляді волокнистого матеріалу білого кольору з жовтуватим відтінком. Випускається декілька марок: МЦ-8, МЦ-16, МЦ-35, МЦ-65, МЦ-100, МЦ-С, МЦ-В, МЦ-СБР, які відрізняються в'язкістю 1 %-го водного розчину. Накарбоксиметилцелюлоза КМЦ – ефір целюлози і гліколевої кислоти, тверда волокниста або порошкоподібна речовина, що має слабку розчинність у лужному розчині. Оксипропілметилцелюлоза ОПМЦ – ефір пропіленгліколю і метилцелюлози. Волокнистий або порошкоподібний продукт із жовтим відтінком. Етілоксетилцелюлоза ЕОЦ – ефір етилену і етилцелюлоза. Добре розчинна у холодній воді, має високі адгезійні властивості.

На будівельному ринку представлені ефіри целюлози закордонних виробників: метілгідроксietилцелюлоза МГЕЦ Тілоза (Tylose – вироб-

ництво Clariant GmbH, Німеччина), метилгидроксипропілцелюлоза МГПЦ Мецелоза (Macellose – виробництво Samsung Fine Chemicals, Корея).

Перераховані водоутримуючі добавки, при їх введенні в незначних кількостях, дозволяють ефективно регулювати консистенцію та реологічні властивості сумішей, усувають розшарування і седиментацію, покращують зклеювальну здатність, підвищують стабільність до температурних коливань.

Нещодавно у всьому світі стали застосовуватися такі полімерні латекси, як бутадієнстірольний каучук, поліакриловий ефір, полівініліденхлорид, полівінілхлорид, поліетиленвінілацетат і полівінілацетатні латекси.

Для приготування бетонних та розчинових сумішей добавки вводяться з водою замішування у вигляді розчинів, дисперсій, емульсій і суспензій. У відповідності з основними принципами класифікації модифікуючих добавок, викладеними в ДСТУ Б В.2.7-65-97, модифікуючі добавки в залежності від основного ефекту дії класифікують таким чином:

- модифікуючі добавки – регулятори реологічних властивостей;
- модифікуючі добавки – регулятори процесів тужавлення і твердіння;

- модифікуючі добавки – регулятори структури;
- модифікуючі добавки спеціального призначення;
- модифікуючі добавки поліфункціональної дії.

В табл. 1 наведено модифікуючі добавки, що найбільш широко використовуються у сучасному будівництві. Найбільш широке застосування знайшли модифікуючі добавки першого класу – регулятори реологічних властивостей. Добавки даного класу використовують для модифікації будівельних сумішей практично будь-якого призначення. Другий клас модифікуючих добавок – регуляторів строків тужавлення та твердіння – використовують для модифікації ремонтних складів, складів для влаштування підлог, складів для механізованого нанесення і т.д. Модифікуючі добавки третього класу – регулятори структури – використовують для модифікації ремонтних, гідроізоляційних, штукатурних і т.п. складів. Модифікуючі добавки четвертого класу додають бетонам і розчинам спеціальні, особливі властивості за умовами застосування або експлуатації.

Таблиця 1

Класифікація модифікуючих добавок у бетони та розчини при ремонті бетонних та залізобетонних штучних споруд

Клас	Вид	Основа добавки	Основні ефекти від застосування
1	2	3	4
1. Регулятори реологічних властивостей будівельних сумішей	1.0. Пластифікуючі 1.1. Гіперпластифікатори 1.2. Суперпластифікатори 1.3. Сільнопластифікуючі 1.4. Слабкопластифікуючі	Полікарбоксилати, поліакрилати, меламінсульфонати, нафталінсульфонати, лігносульфонати	Збільшення рухливості або зниження водопотребі, зниження водовідділення, підвищення міцності, непроникності і морозостійкості
	Водоутримуючі	Водорозчинні ефіри целюлози, полівініловий спирт, поліетиленоксид полісахариди, ксантану сукціноглікан	Зниження водовідділення, поліпшення тиксотропних властивостей, збільшення часу переробки
	Стабілізуючі	Водорозчинні ефіри крохмалю, тонкодисперсний аморфний окис кремнію (аеросил), бентоніти	Зниження водовідділення, поліпшення тиксотропних властивостей, збільшення часу переробки
2. Регулятори тужавлення і твердіння	Сповільнювачі тужавлення	Фосфати цукру, декстрин, солі лимонної та винної кислот, дигідросульфат калію	Збільшення часу переробки

Таблиця 1 (продовження)

1	2	3	4
2. Регулятори тужавлення і твердіння	Прискорювачі тужавлення і твердіння	Алюмінат натрію, фторид натрію, карбонат калію, хлорид кальцію, аморфний окис алюмінію	Прискорення тужавлення. Прискорення набору міцності
3. Регулятори структури	Повітровтягувальні	Іоногенні і неіоногенні поверхнево-активні речовини, лаурилсульфат натрію, алкенсульфати натрію, етоксілірованні жирні спирти. Продукти полімеризації окису пропілену та етилену, олефісульфонати	Підвищення морозостійкості, непроникності, стійкості в агресивних середовищах, зниження середньої щільності. Поліпшення легкоукладальності, підвищення морозостійкості, зниження небезпеки висолів
	Ущільнювальні	Нітрат кальцію, сульфат алюмінію, хлорид заліза, нітрат заліза, аморфна окис кремнію, бентоніт	Підвищення водонепроникності
	Гідрофобізуючі	Стеарати кальцію, цинку, алюмінію, олеат натрію, полісілоксани, силани на твердих носіях	Зниження водопоглинання розчину, підвищення морозостійкості і стійкості в агресивних середовищах
4. Спеціального призначення	Підвищують адгезію	Порошки, що редиспергуються: полімерів вініл ацетату, етилену, акрілату, версатату, вініллаурату і вінілхлориду, бутадієнстіролу, бутілакрілат-стіролу	Збільшення міцності зчеплення з основою, підвищення водонепроникності
	Підвищують стійкість до біологічної корозії	Оловоорганічні з'єднання, солі фтористої і кремнефтористої кислот, пентахлорфенолят натрію, пірїтрон цинку, солі вищих жирних амінів	Підвищення біостійкості
	Інгібітори корозії сталі	Нітрит натрію, фосфати, борати лужних металів, декстрин, крохмаль	Підвищення корозійної стійкості арматурних сіток
	Протиморозні	Карбамід, карбонат калію, натрію форміат, форміат кальцію, нітрит нітрат кальцію	Забезпечення твердіння розчину при від'ємній температурі
	Змінюють електропровідність	Графітове борошно, коксовий пил	Підвищення електропровідності розчину (бетону)
	Дисперсноармуючі	Азбест, сталева фібра, волокна целюлози, поліаміду, базальту, поліпропілену, графіту	Збільшення міцності, підвищення тріщиностійкості, поліпшення тиксотропних властивостей
	Піногасники (антівспінювачі)	Полііоли, діоли, силікони, на аморфному оксиді кремнію	Регулювання процесів піноутворення

Таблиця 1 (закінчення)

1	2	3	4
5. Модифікуючі добавки поліфункціональної дії	Пластифікуючі-повітровтягувальні	Комп. сумісних органічних і неорганічних добавок пластифікуючої, структурується і гідрофобного дії	Зниження водопотреби і водопоглинання, підвищення міцності і морозостійкості
	Пластифікуючі-стабілізуючі	Комплекс сумісних органічних і неорганічних добавок пластифікуючої, прискорюючої і стабілізуючої дії	Зниження водовідділення, підвищення рухливості, міцності і морозостійкості
	Водоутримуючі	Комплекс сумісних органічних і неорганічних добавок водоутримуючих, що підвищують адгезію і стабілізуючої дії	Підвищення водоутримуючої здатності, міцності зчеплення з різними основами, непроникності і морозостійкості
	Гідрофобізуючі-ущільнюючі	Комп. сумісних органічних і неорганічних добавок гідрофобізуючої і ущільнюючої дії	Підвищення міцності, непроникності, зниження водопоглинання

На жаль, кожен клас модифікаторів окремо не може поряд з основним ефектом дії змінити в потрібному напрямку інші важливі технологічні та фізико-механічні властивості розчинових і бетонних сумішей, а в ряді випадків навіть погіршують їх. Тому застосування модифікуючих добавок п'ятого класу – поліфункціональної дії дозволяє послабити або зовсім виключити негативну дію окремих компонентів і зберегти при цьому позитивний ефект їх дії.

Досліджена система класифікації добавок стосується різних типів будівельних сумішей, як загальнобудівельного призначення, так і вузькоспеціального: жаротривкий, що захищають від іонізуючих випромінювань, хімічностійких тощо. Основні принципи даної класифікації

дозволяють визначити місце існуючих і знову створюваних модифікуючих добавок, а також допомагають визначити основні напрямки раціонального застосування полімерних добавок

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Афанасьєв, Н. Ф. Добавки в бетоны и растворы [Текст] / Н. Ф. Афанасьєв, М. К. Целуйко. – К.: Будівельник, 1989. – 128 с.
2. ДСТУ Б В.2.7-65-97 Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Класифікація [Текст]. – Держбуд України. – К., 2000. – 18 с.

Надійшла до редколегії 18.05.2010.

Прийнята до друку 27.05.2010.

А. Н. ПШИНЬКО, А. В. КРАСНЮК, С. А. БЫЧКОВ (ДИИТ)

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА И СПОСОБОВ МОДИФИКАЦИИ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ НА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ И ЗАПОЛНИТЕЛЯХ

У статті наведено детальний аналіз сучасних технологій виробництва і способів модифікації легких бетонів на неорганічних в'язучих і заповнювачах. Визначено основні шляхи оптимізації і вдосконалення технологій виробництва легких бетонів.

Ключові слова: легкі бетони, неорганічні в'язучі і заповнювачі, оптимізація і вдосконалення технологій виробництва

В статье приведен детальный анализ современных технологий производства и способов модификации легких бетонов на неорганических вяжущих и заполнителях. Определены основные пути оптимизации и совершенствования технологий производства легких бетонов.

Ключевые слова: легкие бетоны, неорганические вяжущие и заполнители, оптимизация и совершенствование технологий производства

In the article the detailed analysis of advanced production technologies and modification methods of light concretes on inorganic astringents and fillers is presented. The basic ways of optimization and improvement of production technologies of the light concretes are determined.

Keywords: light concretes, inorganic astringents and fillers, optimization and improvement of production technologies

Введение

Развитие производства легких бетонов для ограждающих конструкций жилищного строительства стало возможным благодаря наличию в Украине промышленных предприятий по производству искусственных пористых заполнителей. Наиболее распространенным видом искусственных пористых заполнителей является керамзитовый гравий, занимающий до 80 % общего объема производства. Однако, переход к новой экономической концепции, связанной с всемерной экономией энергоресурсов, резко затормозил развитие производства легких бетонов.

С одной стороны, используемые в малоэтажном жилищном строительстве, легкие бетоны отличались значительной средней плотностью и относительно высокой теплопроводностью, а с другой стороны - повышенным расходом цемента и дорогостоящего керамзита [1].

Постановка задач исследований

Для развития малоэтажного жилищного строительства необходим экономичный легкий бетон с принципиально новыми свойствами, и, в частности, со значительно пониженной теплопроводностью. Для этого должны быть решены следующие задачи исследования:

- созданы легкие бетоны марок 25...50 со

средней плотностью до 1100 кг/м³ с улучшенными теплоизоляционными свойствами;

- повышена эффективность и режим энергосбережения легких бетонов путем снижения в них расходов цемента и пористого заполнителя (керамзита);

- обеспечено использование в них попутных материалов добычи и вторичного сырья промышленности.

Но перед решением поставленных задач исследований необходимо провести анализ современных технологий производства и модификации легких бетонов на неорганических вяжущих и заполнителях.

Научные результаты

Модифицирование свойств ячеистобетонной смеси введением в нее пористого наполнителя предложено в тридцатых годах. Это направление поддержал и развил Б. Г. Скрамтаев [2]. Первые экспериментальные доказательства эффективности данного технологического приема были выполнены в 1938 году проф. Н. А. Поповым [3].

В 1964 году в гг. Харькове, Красноярске, Ачинске начат выпуск керамзитогазобетонов [4], затем производство керамзитобетона было налажено в Донбассе, Воркуте, Днепропетровске и других местах [5]. Поризованные легкие бетоны выпускались более чем на 30 заводах

СНГ. Годовой объем производства этих видов бетонов превысил к 1991 году 40 млн м³, что составляет около 20 % применяемого бетона [6].

Наиболее широко поризованные легкие бетоны использовались в жилищном строительстве – 80 %, в промышленном – 15 % и сельскохозяйственном – около 5 % [7]. Особенно эффективно применение модифицированных легких бетонов в малоэтажном жилищном строительстве.

Применяются поризованные легкие бетоны в производстве ограждающих конструкций, панелей, покрытий и перекрытий, теплоизоляционных изделий.

Наибольшее развитие за рубежом легкие бетоны получили в Англии, Австрии, Австралии, Чехословакии, Германии, Японии, США.

Для изготовления бетонов этих видов используются следующие типы заполнителей:

- естественные: пемза и туф (вулканические);
- вспученные: керамзит, вермикулит, аглопорит, перлит, сланец;
- искусственные, из отходов промышленности: котельный шлак, пемза, зола ТЭЦ, зольный гравий.

С целью совершенствования технологии производства легких бетонов в Украине ведутся поиски наиболее эффективных исходных материалов и оптимальных составов бетона, рациональных условий хранения и способов подачи сырьевых материалов в смеситель, обеспечивающих сохранность и однородность свойств смеси, а также высокое качество готовых изделий.

Анализируя применяемые для производства поризованных легких бетонов исходные материалы, можно отметить, что, в зависимости от требуемой марки бетона и технологии производства изделий, применяются вяжущие воздушного, гидравлического и автоклавного твердения.

Наиболее широко в технологии поризованных легких бетонов применяются гидравлические вяжущие, в частности, цементы на основе портландцементного клинкера (портландцемент, быстротвердеющий цемент БТЦ, шлакопортландцемент, быстротвердеющий шлакопортландцемент ШБТЦ). При производстве керамзитобетонов преимущество отдается алитовым малоалюминатным цементам с началом схватывания не позднее 6 часов, концом – 9 часов, с нормальной густотой до 27 %. Количество растворимых щелочей не более 0,3 %, а окиси хрома не более 0,1 %.

Выбор вида и марки цемента производится с учетом условий твердения бетона. Так, для получения конструкционно-теплоизоляционного поризованного бетона при тепловлажностной обработке путем пропаривания применяются цементы М400 и выше. При этом расход цемента составляет 220...380 кг.

В связи с необходимостью экономии сырьевых ресурсов большое внимание уделяется поиску возможностей снижения расхода вяжущего при одновременном снижении плотности легкого бетона.

По данным НИИЦементов и НИИЖБа применение портландцементов М500-600 по сравнению с М400 сокращает расход цемента на 15...20 % и сроки тепловой обработки на 3...4 часа, при этом увеличивается производительность технологических линий [8].

Обработка цемента путем дополнительного помола сухим или мокрым способом (помол с водой), а также введением добавок способствует снижению водопотребности и водоудерживающей способности вяжущего, что позволяет улучшить формуемость, удобоукладываемость и однородность смеси. Помол с ПАВ позволяет избежать нехватки вяжущего в неудобоукладываемых смесях за счет увеличения его объема воздухом. Снизить расход цемента от 13 до 31 % позволяет вибродомол вяжущего.

Также целесообразным является применение в производстве легких бетонов портландцементов, содержащих добавки шлаков и зол, т.к. эти добавки имеют аморфное стекловидное строение, а, следовательно, меньшую теплопроводность. В результате цементный камень из шлакопортландцементов характеризуется лучшими теплотехническими свойствами, а также большей стойкостью в агрессивных средах.

Известно, что применение химических добавок в производстве сборного железобетона существенно регулирует свойства бетонной смеси и затвердевшего бетона. Наряду с улучшением физико-технических свойств добавки позволяют снизить расход воды, а, следовательно, и цемента, сократить сроки тепловой обработки бетона и трудовые затраты. В настоящее время более 30 % бетонных смесей изготавливают с химическими добавками. Наиболее часто применяемыми пластифицирующими добавками являются мылонафт, ССБ, С-3, СДБ, ГКЖ-11, ГКЖ-94 и другие.

Введение в легкие бетонные смеси гидрофобизирующих кремнийорганических жидкостей различного вида и ряда других химических добавок пластифицирует бетонную смесь, что

приводит к уменьшению водопотребности на 7...12 % с соответствующим снижением расхода цемента на 5...7 %, повышению однородности бетона, средней плотности и улучшению ряда других свойств. Добавки такого типа способствуют модификации структуры, что в совокупности с гидрофобизацией приводит к снижению капиллярного подсоса и водопоглощения, а, следовательно, повышению морозостойкости и долговечности. Отрицательным действием гидрофобно-пластифицирующих добавок является торможение процессов твердения бетонной смеси.

Временному разжижению смеси без увеличения расходов цемента и воды способствуют суперпластификаторы. Введение в бетонную смесь суперпластификаторов в количестве 1...3 % от массы цемента сокращает расход воды в равнопластичных смесях на 20...30 % и цемента на 10...20 %.

Значительный экономический эффект дает замена части цемента тонкомолотыми минеральными заполнителями, т.к. известно, что затвердевший цементный камень содержит большое количество негидратированных зерен цемента, которые могут быть заменены в целях экономии соответствующими фракциями микронаполнителя.

Дисперсный наполнитель с момента затвердения оказывает в цементном тесте структурообразующее действие, ускоряя тем самым процессы гидратации и твердения цементного камня. Такое действие дисперсных наполнителей объясняется тем, что частицы наполнителя, располагаясь между отдельными зернами цемента, раздвигают их и увеличивают к ним доступ воды. Образующиеся продукты гидратации распределяются в большем объеме, т.к. осуществляется отвод их из зоны реакции к поверхности частиц наполнителя.

В качестве наполнителей используют молотые: туф, мел, известняки, диатомит, шлаки, аглопорит, гранит, кварцевые пески и ряд других материалов.

Исследования показывают, что прочность цементного камня при различном водосодержании смеси зависит от тонкости помола цемента и наполнителя, а также от контактных сил сцепления между зернами микронаполнителя и продуктами гидратации портландцемента. Тонкодисперсные фракции участвуют в образовании цементного геля, более грубые, вследствие продолжающейся гидратации цемента, отсасывают воду из ранее образовавшихся пористых гелей, что приводит к затвердению цементного камня.

Оценивая применяемые для производства легких бетонов вяжущие, необходимо отметить, что:

- в основном для изготовления данного вида бетонов используют портландцемент и шлакопортландцемент марок 400 и 500 в количестве 220...380 кг/м³;

- уменьшение объема связующего в легком бетоне резко ухудшает его структуру (приводит к созданию крупнопористой структуры), а, следовательно, и свойства;

- актуальным является вопрос использования активированных молотых минеральных наполнителей для замены части цемента в связующем без уменьшения его объема.

Наряду с вяжущим, основным компонентом легких бетонов является заполнитель.

В Украине примерно 80 % общего объема производства искусственных пористых заполнителей приходится на долю керамзитового гравия, оставшуюся часть занимают глинозольный керамзит, керамзитовый песок, аглопорит, перлит, перлитовый песок, шлаковая пемза, зольный гравий и другие материалы.

Оценивая качество пористых заполнителей, можно отметить, что в целом оно не отвечает требованиям предприятий сборного железобетона и индустриального домостроения, а также зарубежному уровню. Основным недостатком является высокая средняя плотность, превышающая 550 кг/м³.

Так, на ряде предприятий из-за низкого качества местных глин насыпная плотность керамзитового гравия составляет 600...700 кг/м³, что позволяет получить по обычной технологии керамзитобетон со средней плотностью 1200 кг/м³ марки 75, вместо 900 кг/м³ по нормативным требованиям.

Известно, что более легкий керамзитовый гравий стоит дороже, однако он обеспечивает получение материалов с надежной теплозащитой, т.е. более дешевых в длительной эксплуатации.

Для снижения средней плотности керамзитового гравия применяются в качестве вспучивающих добавок соляровые масла – отходы целлюлозно-бумажной промышленности. Особо легкий керамзитовый гравий получают, используя опудривающие добавки из огнеупорных материалов.

Около 70 % предприятий выпускают нефракционированный керамзитовый гравий, использование которого приводит к получению бетона крупнопористой структуры, а также перерасходу цемента на 20...40 %.

Основным направлением улучшения фракционного состава керамзита является применение более совершенного гравийесортировочного оборудования, уменьшение процента несортированного гравия, а также снижение содержания фракции 20...40 мм до нормативного.

Проблема пористого песка – важнейшая в технологии легких бетонов. Качественные пористые пески не занимают главенствующего положения в производстве пористых заполнителей, составляя 5...10 % (вместо необходимых 40 %), поэтому преобладают плотные днепровские пески. Потребность строительства в пористых песках удовлетворяется, главным образом, за счет дробления крупных фракций керамзита и спеков. Расход гравия на 1 м³ песка составляет 1,5...1,8 м³, что приводит к удорожанию такого рода песка по сравнению с получаемым в обжиговых печах, ухудшению качества бетона и повышению его стоимости на 5...10 %.

Значительно ухудшает свойства заполнителя открытое хранение на площадках. Хранение пористых заполнителей в закрытых складах – непереносимое условие получения бетона высокого качества. Заполнитель должен оставаться сухим вплоть до момента загрузки его в смеситель. Увлажнение заполнителя на предшествующих этапах нежелательно, поскольку такой прием затрудняет поддержание заданной консистенции смеси и обычно приводит к увеличению водопотребности легкого бетона.

Раздельное хранение и дозирование пористого заполнителя по фракциям – второе условие обеспечения высокого качества бетона. Смесь даже двух смежных фракций (5...10 мм и 10...20 мм), взятых в неоптимальной пропорции в больших объемах приводит к расслоению смесей. Особенно склонны к расслоению смеси на керамзите и других гравиеподобных заполнителях. При загрузке расходных бункеров крупные зерна откатываются в сторону от места падения, а мелкие стремятся переместиться на дно бункера ближе к выходному отверстию. Это вызывает недопустимые колебания гранулометрического состава заполнителей от замеса к замесу. Отчасти положение может быть исправлено способом объемно-весового дозирования, который успешно применяется на ряде заводов. Крупный заполнитель дозируют по объему в весовых дозаторах. Колебания насыпной плотности крупного заполнителя компенсируются изменением расхода песка.

Для конструкционно-теплоизоляционных бетонов рекомендована предельная крупность гравия и щебня 20 мм. Минимальный размер

зерен – 5 мм. Следовательно, смесь фракций 5...10 мм – является оптимальной. Остается неясным вопрос о наилучшем соотношении в этой смеси фракций 5...10 мм и 10...20 мм. Рекомендации отдельных исследователей по этому вопросу весьма противоречивы.

Зерновой состав песка также регламентирован – принят максимальный размер зерен песка в 5 мм. Таким образом, заранее предопределена непрерывная гранулометрия смеси пористого гравия и песка без исключения каких-либо фракций.

Ориентировка на непрерывную гранулометрию пористых заполнителей в конструкционно-теплоизоляционном бетоне не всегда оправдана, особенно для поризованных бетонов, т.к. использование песка повышает среднюю плотность бетонов, увеличивает их теплопроводность. Теплопроводность во многом определяется структурой заполнителя, занимающего в объеме бетона до 80 %.

Строение гранулы керамзита зависит от качества и режима обжига. Чем выше коэффициент вспучивания, тем неоднороднее зерно, разделяющееся на плотную оболочку и пористое ядро. Толщина оболочки изменяется от 1 до 3 мм. Толстая оболочка представляет собой обойму пористого и слабого ядра и поэтому повышает прочность керамзита.

Прочность гранулы зависит от характера пористости. Наиболее благоприятны закрытые поры и поры мелкого размера. Гранула, имеющая такой характер пористости, имеет высокую прочность, низкое водопоглощение и газопроницаемость.

Наличие в керамзите закрытых пор приводит к тому, что для полного насыщения его водой требуется длительное время. Содержащийся в порах воздух не выходит полностью из керамзита, а лишь сжимается под действием капиллярных сил. Защемленный воздух при нагревании способствует перераспределению влаги между заполнителем и цементным камнем. Возникает градиент давления, приводящий к упругому расширению бетона.

При малоэтажном жилищном строительстве возникает острая потребность в экономичных легких бетонах, пониженной теплопроводности, что требует увеличения выпуска высококачественных пористых искусственных заполнителей. Успешное выполнение этой задачи осложняется дефицитом природных сырьевых ресурсов. В настоящее время стоит задача создать новые эффективные ресурсосберегающие технологические процессы получения пористых заполнителей. Основным сырьем для полу-

чения пористых заполнителей в Украине должны стать отходы угледобывающей промышленности, шлаки и золы ТЭЦ. В связи с этим необходимо организовать производство искусственных пористых заполнителей:

- при металлургических и некоторых заводах химической промышленности (шлаковая пемза из доменных и фосфорных шлаков);

- вблизи электростанций, работающих на угле (аглопоритовый гравий, щебень и песок на основе золы ТЭС);

- в районах месторождений хорошо вспучивающихся глин (керамзитовый гравий и песок).

В последнее время работами ряда исследователей получены из глин, пеплов, отходов промышленности высококачественные заполнители со средней плотность $300...500 \text{ кг/м}^3$ и пределом прочности на сжатие в цилиндре $0,5...2,5 \text{ МПа}$. Разработаны методики получения глинозольного керамзита и некоторых других видов заполнителей.

Однако, основным видом заполнителя в поризованных легких бетонах остается керамзитовый гравий, получаемый по энергосберегающей технологии, удовлетворяющий нормативным требованиям для конструкционно-теплоизоляционных бетонов требуемой средней плотности. К недостаткам выпускаемого в Украине керамзитового гравия следует отнести несоответствие его нормативам по зерновому составу. Поэтому необходим поиск технологических решений, позволяющих снизить зависимость средней плотности легкого бетона от насыпной плотности керамзитового гравия. Одним из таких способов является модификация растворной части керамзитобетона путем поризации.

Для производства поризованных легких бетонов используют воздухововлекающие, газо- и пенообразующие, а также комплексные добавки (воздухововлекающие одновременно с газообразующими).

Из газообразующих добавок наибольшее применение в Украине и за рубежом нашла алюминиевая пудра, марок ПАП-1 и ПАП-2 согласно ГОСТ 5494. Пудра представляет собой частицы пластинчатой формы с внешней оболочкой из $1,5...7$ слоев ориентированных молекул жирных кислот и продуктов их взаимодействия с окисной поверхностью металластеаратов алюминия. Наличие жировой пленки на поверхности частиц алюминия приводит к всплыванию их в жидкой среде, что является отрицательным качеством при использовании пудры в производстве поризованных бетонов.

Для удаления жировой пленки и смачивания частиц применяются различные виды обработок пудры.

Одним из наиболее широко применяемых ранее методов являлось прокаливание алюминиевой пудры в электрических печах при температуре $160...200^\circ\text{C}$ в течение $4...6$ часов. Однако, этот процесс взрывоопасен, длителен и энергоемок, т.к. требует соблюдения правильного температурного режима прокаливания, осторожности и значительного расхода энергоресурсов.

Поэтому в последнее время прокаливание заменено гидрофилизацией алюминиевой пудры в водных растворах поверхностно-активного вещества (ПАВ). В качестве омылителей алюминиевой пудры применяют: сульфолон НП-5, хозяйственное мыло, а также группы катионактивных ПАВ, неионогенных ПАВ и бинарные смеси.

Основным свойством алюминиевой пудры для производства поризованных легких бетонов является ее эффективная газообразующая способность, характеризующаяся следующими показателями: объемом выделившегося газа во время реакции, коэффициентом использования газообразователя, интенсивностью газовыделения и химической константой реакции. Газообразующая способность пудры зависит от ее физико-химических характеристик и свойств реакционной среды (щелочность, температура, наличие ПАВ).

В результате исследований свойств алюминиевой пудры было установлено, что для обеспечения удовлетворительной газообразующей способности пудры содержание в ней активного алюминия должно быть не менее 82% , жиров - не более $0,3\%$, удельная поверхность не менее $6500 \text{ см}^2/\text{г}$, а количество частиц, проходящих через сито 0042 – $99,5\%$.

Установлено также, что по форме частицы должны приближаться к шару или правильному многограннику. Монодисперсный состав порошка должен характеризоваться узким интервалом распределения частиц по размерам. Сами же частицы должны обладать гидрофильными свойствами и слабоокисленной поверхностью.

Перспективным направлением улучшения свойств газообразователей, на основе алюминиевой пудры, является создание высокотехнологичных долго сохраняющих газообразующие свойства паст.

С целью регулирования реакций газовыделения используют различные добавки: NaOH , NaCl , NH_4Cl , K_2CO_3 , Na_2SO_4 и многие другие.

Кроме алюминиевой пудры в качестве газообразователей можно использовать перекись

водорода (пергидроль), карбид кальция или бария, азотсодержащие соединения, ферросилиций, а также тонкодисперсные порошки цинка, магния, бария, лития. Широкого применения в Украине эти вещества не нашли по причине их дефицитности и большой стоимости.

Этап формирования смеси – один из важнейших в технологии производства поризованных легких бетонов. На этом этапе наибольшее внимание уделяется изысканию способов управления процессами порообразования, улучшения качества поровой структуры и повышению однородности смеси.

Рассматривая способы поризации легкобетонной смеси, необходимо выделить из них три основных: химический, механический и комплексный.

При химическом способе поризации смеси процесс образования пор идет за счет химической реакции газообразователя с компонентами смеси.

Поризация газом снижает среднюю плотность бетона за счет регулирования высоты заливки смеси в форму и высокой степени воздухомасштащения (до 25 %).

Нормальное протекание реакции газообразования происходит при температуре смеси 35...45 °С. Разогрев смеси производится с помощью горячей воды затворения (80 °С), электронагрева смеси в бункере, электронагрева смеси в форме. Необходимость разогрева смеси значительно усложняет технологию приготовления керамзитобетона, поэтому постоянно ведется разработка и совершенствование технологий изготовления легких бетонов.

Выводы

Как показывает выполненный аналитический обзор, существует множество направлений, связанных с оптимизацией и совершенствованием технологий производства легких бетонов, однако на наш взгляд более важными являются вопросы исследования системы «цемент-наполнитель» и эффективная поризация цементного камня.

Поскольку значительная часть цемента в некоторых бетонных смесях используется лишь для придания им необходимых технологических свойств. Современные представления о закономерностях физико-химических взаимодействий в системе «цемент-наполнитель» свидетельствуют, что последний, как структурный элемент, способен также участвовать в процессах формирования структуры и физико-технических свойств, как цементного камня, так и легкого бетона. Этим обуславливается

целесообразность замены части клинкера вяжущего дисперсным наполнителем, в частности, мелкодисперсными шлами, песками и другими отходами горнообогатительной промышленности Украины.

Считается, что процесс измельчения горной породы приводит к измельчению его кристаллической структуры, при этом кварцевые частицы становятся частично аморфными, возрастает их реакционная способность. Таким образом, введение в цемент мелкодисперсного шлама в оптимальном количестве и оптимальной дисперсности может способствовать повышению прочности цементного камня и, в конечном итоге, комплексно улучшить конструктивно-технические свойства конструктивно-теплоизоляционного керамзитобетона для малоэтажного строительства. Таким образом, есть возможность значительно повысить экономичность легкого бетона за счет снижения расхода портландцементного вяжущего, использованием в нем мелкодисперсных шламов ГОК с одновременной поризацией цементного камня, что обеспечит существенное улучшение теплозащитных свойств бетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бычков, С. А. Высокоэффективный легкий бетон для малоэтажного строительства [Текст] / С. А. Бычков. – Д., 1997. – 68 с.
2. Скрамтаев, Б. Г. Теория прочности бетона и новые виды бетонов [Текст] / Б. Г. Скрамтаев. – Х.: Гос. науч.-техн. изд-во УССР, 1934. – 217 с.
3. Попов, Н. А. Строительные материалы [Текст] / Н. А. Попов. – М.: Стройиздат, 1941. – 421 с.
4. Киселев, Д. П. Керамзитобетон – эффективный стеновой материал [Текст] / Д. П. Киселев, А. А. Кудрявцев, И. А. Солодухин // Технология легких бетонов на пористых заполнителях и применение их в строительстве. Сб. статей. – М.: Стройиздат, 1966. – С. 63-64.
5. Меркин, А. П. Принципы формирования ячеистой структуры суперлегких строительных материалов [Текст] / А. П. Меркин, А. Н. Филатов // Бетон и железобетон. – 1985. – № 5. – С. 20-21.
6. Оrentлихер, Л. П. Бетоны на пористых заполнителях в сборных железобетонных конструкциях [Текст] / Л. П. Оrentлихер. – М.: Стройиздат, 1983. – 141 с.
7. Ильяшенко, В. А. Опыт производства легкобетонных конструкций [Текст] / В. А. Ильяшенко // Бетон и железобетон. – 1983. – № 6. – С. 3-4.
8. Спивак, Н. Я. Производство крупнопанельных ограждающих конструкций зданий из керамзитобетона [Текст] / Н. Я. Спивак. – М.: Стройиздат, 1961. – 116 с.

Поступила в редколлегию 10.06.2010.

Принята к печати 22.06.2010.

ЛЕГКИЕ БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ ГРАНШЛАКА ЗАВОДА ИМ. ПЕТРОВСКОГО

Представлено результати дослідження впливу складів бетонів на межу міцності при стисненні, в яких в якості основного компонента використано граншлак заводу ім. Петровського, а в якості наповнювача – зола-винесення Придніпровської ГРЕС.

Ключові слова: легкі бетони, межа міцності при стисненні, граншлак, зола-винесення

Представлены результаты исследования влияния составов бетонов на предел прочности при сжатии, в которых в качестве основного компонента использован граншлак завода им. Петровского, а в качестве наполнителя – зола-унос Приднепровской ГРЭС.

Ключевые слова: легкие бетоны, предел прочности при сжатии, граншлак, зола-унос

The research results of influence of compositions of concretes on tensile strength at compression, in which the slag from the Steel Plant named after Petrovskiy was used as a basic component and the ash from the Prydniprovs'ka Heat Power Station as filler, are represented.

Keywords: light concretes, tensile strength at compression, slag, ash

Постановка проблемы

В промышленных и гражданских зданиях используются в значительных объемах бетоны, которые эксплуатируются в благоприятных условиях без переменного замораживания и оттаивания, увлажнения и высушивания, основной требуемой характеристикой которых является прочность. Например, в соответствии с требованиями п. 5.4 СНиП 2.03.13-88 [1] для обеспечения нормированного теплосвоения пола рекомендуется использовать легкий бетон стяжек, предел прочности, при сжатии которого должен соответствовать классу В5. Конструкция пола должна также обеспечивать необходимую звуко- и теплоизоляцию. Поэтому в подстилающих слоях бетона рекомендуется применять керамзитобетон классов от В3,5 до В7,5. Такие бетоны целесообразно получать на основе местных легких вторичных продуктов промышленности, например граншлака. Но при этом важно обеспечить требуемую прочность при минимальном расходе цемента, который является наиболее дорогой и энергоемкой составляющей бетона. Эта актуальная задача может решаться на основе целенаправленных теоретических и экспериментальных исследований.

Анализ последних исследований и определение нерешенных проблем

Проблемам утилизации в бетонах вторичных продуктов промышленности и эффективного использования цемента при их производстве посвящено много работ [2–5]. По сути это

ключевая проблема бетоноведения. Одной из его важнейших проблем является определение необходимого количества каждой составляющей для обеспечения требуемых физико-механических характеристик при минимально необходимом количестве цемента. У исследователей нет единого мнения по решению этой задачи.

Нами предложено решать эту задачу, обеспечивая рациональный зерновой состав компонентов, при реализации которого существенно повышается эффективность использования цемента [6].

Цель проведенных исследований

Используя метод математического планирования эксперимента, определить требуемые составы легких бетонов на основе вторичных продуктов промышленности Днепропетровского региона, которые обеспечивают необходимые прочностные характеристики при минимальном расходе цемента.

Основной материал исследований

Экспериментальные исследования по оптимизации составов и свойств бетонов проводили с применением методов математического планирования экспериментов. Необходимое количество каждого компонента в смеси из условий ее минимальной пустотности определено нами ранее в работе [7]. Все эксперименты проведены по ортогональному плану, представленному в табл. 1, с тремя переменными. В качестве

варьируемых факторов приняты расход применяемого цемента (Ц), воды (В) и добавки ПЛКП (Д). Кодовые и натуральные значения варьируемых факторов приведены в табл. 2.

Таблица 1

Ортогональный план эксперимента

№ опыта	Варьируемые факторы		
	X_1	X_2	X_3
1	-1	-1	-1
2	-1	-1	+1
3	-1	+1	-1
4	-1	+1	+1
5	+1	-1	-1
6	+1	-1	+1
7	+1	+1	-1
8	+1	+1	+1
9	0	0	0
10	-1	0	0
11	+1	0	0
12	0	-1	0
13	0	+1	0
14	0	0	-1
15	0	0	+1

Таблица 2

Кодовые и натуральные значения варьируемых факторов эксперимента

Код	Натуральные значения		
	Ц, кг (X_1)	В, л (X_2)	Д, % (X_3)
-1	150	210	0,5
0	250	230	1,0
+1	350	250	1,5

В качестве вяжущего использовали Криво-рожский портландцемент П/Б-Ш-400, удовлетворяющий требованиям ДСТУ Б В.2.7-46-96. Цемент в отдельных экспериментах использовался активностью 23,2 МПа и 39,8 МПа по ГОСТ 310.4-81.

Нами в отдельных экспериментах специально применялся лежалый цемент, потерявший значительную часть активности, чтобы определить возможность и эффективность его использования в бетонах низкой прочности с компо-

нентами из местных вторичных продуктов промышленности.

Для модификации бетонов, в частности, улучшения удобоукладываемости, применяли комплексные добавки местного производства ПЛКП, выпускаемые в соответствии с требованиями ТУ УВ.2.7-24.6-312244931-001:2005.

В качестве добавки-наполнителя использовали золу-унос Приднестровской ГРЭС. Ее удельная поверхность (зерновой состав) изменяется от 200 до 700 м²/кг по Блейну. Много в этой золе, по сравнению с другими золами, например, по требованиям ГОСТ 25818-91, а также золой-уносом Ладыжинской ГРЭС, несгоревших остатков – от 12 до 20 %. Соответственно от 20 до 40 % изменяется и водопоглощение. Эти характеристики золы-уноса Приднестровской ГРЭС могут существенно влиять на свойства бетонной смеси и физико-механические характеристики затвердевшего бетона.

В качестве заполнителей использовали керамзитовый гравий, насыпной массой 450 кг/м³, состоящий из зерен крупностью от 5 до 20 мм, граншлак завода им. Петровского, насыпная масса которого составляла 880 кг/м³. В качестве мелкого заполнителя использовали песок кварцевый речной средней плотностью породы 2630 кг/м³, насыпной плотностью 1550 кг/м³, пустотностью 41 %, модуль крупности 1,56. Содержание вредных примесей – в пределах нормы.

Расход цемента принят в килограммах, воды в литрах на кубометр бетона, а расход добавки ПЛКП – в процентах от массы цемента. При изменении расхода цемента изменялся и расход золы-уноса Приднестровской ГРЭС, так чтобы сумма этих компонентов оставалась постоянной и равной 550 кг. Таким образом, поддерживался рациональный зерновой состав компонентов бетонной смеси.

В эксперименте приняты постоянными расход на кубометр бетона: керамзитового гравия 200 кг, граншлака 450 кг, песка 300 кг. Составы и результаты испытания полученных из них контрольных образцов в 28-суточном и годовом возрасте представлены в табл. 3 при использовании цемента активностью 23.2 МПа, а в табл. 4 – при использовании цемента активностью 39,8 МПа. Уравнение, которым описывается трехфакторная модель обработки представленных в табл. 3 и 4 данных, имеет вид:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + a_3 \cdot X_3 + a_{11} \cdot X_1^2 + a_{22} \cdot X_2^2 + a_{33} \cdot X_3^2 + a_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + a_{13} \cdot X_1 \cdot X_3 + a_{23} \cdot X_2 \cdot X_3 + a_{123} \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3, \quad (1)$$

где Y – отклик модели (оптимизируемый параметр);

a_0 – свободный член полинома;

a_i – коэффициенты при отдельных членах полинома;

X_i – варьируемые факторы в кодовом виде.

По полученным полиномам третьей степени (1) построены номограммы в виде изолиний зависимости изменения оптимизируемых характеристик от варьируемых параметров, представленные на рис. 1–4.

Анализом представленных на рис. 1–4 результатов определены следующие закономерности. Предел прочности при сжатии контрольных образцов бетона, изготовленных с применением вторичных ресурсов промышленности составов, представленных в табл. 3 и 4, наиболее существенно зависит от расхода цемента. Но бетоны с одинаковой прочностью

можно получить при тем большем расходе цемента низкой активности, чем больше расход воды в смеси и практически при одинаковом расходе используемого пластификатора (см. рис. 1, а). А при использовании цемента активностью около 40 МПа и низких расходах воды количество используемого пластификатора также практически не влияет на прочность бетона (см. рис. 3, а). Но при максимальном количестве воды в составе прочность более существенно зависит от расхода применяемого пластификатора. Бетон равной прочности при максимальных расходах воды и пластификатора можно получить при значительно большем расходе цемента, чем при минимальном расходе пластификатора. А при минимальном расходе пластификатора бетон равной прочности можно получать при минимальных расходах воды (см. рис. 3, а).

Таблица 3

Составы с использованием керамзитового гравия, граншлака завода имени Петровского, золы-уноса Приднепровской ГРЭС, цемента П/Б-Ш-400 активностью 23,2 МПа, добавки местного производства ПЛКП (Д, % от массы цемента) и результаты их испытания

№ состава	Расход материалов на м ³ , кг							Уд.-укл. ОК, см	Плотность, кг/м ³	Предел прочн. $R_{б}^{28}/R_{б}^{год}$, МПа	$\frac{10 R_{б}^{28}/Ц}{10 R_{б}^{год}/Ц}$
	Ц	Кер	Гран-шлак	Зола	П	В	Д, %				
1	350	200	450	200	300	210	1,5	1,0	1,61	15,8/23,3	0,45/0,67
2	150	200	450	400	300	210	1,5	1,0	1,56	4,3/8,4	0,29/0,56
3	250	200	450	300	300	210	1,0	0,5	1,58	10,6/14,5	0,42/0,58
4	350	200	450	200	300	210	0,5	0,5	1,6	14,1/16,6	0,4/0,47
5	150	200	450	400	300	210	0,5	0,5	1,55	5,4/7,8	0,36/0,52
6	250	200	450	300	300	230	1,0	1,0	1,58	8,5/14,4	0,34/0,58
7	350	200	450	200	300	230	1,0	1,0	1,63	11,8/19,4	0,34/0,55
8	150	200	450	400	300	230	1,0	1,5	1,54	3,8/6,7	0,25/0,45
9	250	200	450	300	300	230	1,5	1,5	1,55	6,0/11,4	0,24/0,46
10	250	200	450	300	300	230	0,5	1,5	1,53	6,5/9,5	0,26/0,38
11	350	200	450	200	300	250	1,5	1,0	1,61	10,8/14,1	0,31/0,4
12	150	200	450	400	300	250	1,5	1,5	1,52	4,5/8,2	0,3/0,55
13	250	200	450	300	300	250	1,0	1,5	1,52	7,5/17,2	0,3/0,69
14	350	200	450	200	300	250	0,5	1,0	1,57	10,5/20,5	0,3/0,59
15	150	200	450	400	300	250	0,5	1,5	1,53	3,6/9,8	0,24/0,65

Таблица 4

Составы с использованием керамзитового гравия, граншлака завода имени Петровского, золы-уноса Приднепровской ГРЭС, цемента П/Б-Ш-400 активностью 39.8 МПа, добавки местного производства ПЛКП (Д, % от массы цемента) и результаты их испытаний

№ состава	Расход материалов на м ³ , кг							Уд.-укл. ОК, см	Плотность, кг/м ³	Предел прочн. $R_b^{28}/R_b^{год}$, МПа	$\frac{10 R_b^{28}/Ц}{10 R_b^{год}/Ц}$
	Ц	Кер	Гран-шлак	Зола	П	В	Д, %				
1	350	200	450	200	300	210	1,5	1,5	1,6	22,8/26,3	0,65/0,75
2	150	200	450	400	300	210	1,5	1,0	1,52	10,7/12,3	0,71/0,82
3	250	200	450	300	300	210	1,0	1,0	1,53	17,3/19,7	0,69/0,79
4	350	200	450	200	300	210	0,5	0,5	1,55	21,1/24,6	0,6/0,7
5	150	200	450	400	300	210	0,5	1,5	1,52	10,7/13,5	0,71/0,9
6	250	200	450	300	300	230	1,0	1,0	1,57	15,2/18,9	0,61/0,76
7	350	200	450	200	300	230	1,0	1,5	1,61	19,7/25,8	0,56/0,74
8	150	200	450	400	300	230	1,0	1,0	1,57	9,7/13,5	0,65/0,9
9	250	200	450	300	300	230	1,5	1,0	1,52	15,1/19,7	0,6/0,79
10	250	200	450	300	300	230	0,5	1,5	1,53	16,3/19,3	0,65/0,77
11	350	200	450	200	300	250	1,5	1,5	1,58	17,9/22,3	0,51/0,64
12	150	200	450	400	300	250	1,5	2,0	1,54	9,9/14,1	0,66/0,94
13	250	200	450	300	300	250	1,0	2,0	1,52	15,7/19,6	0,63/0,78
14	350	200	450	200	300	250	0,5	1,5	1,57	18,2/25,5	0,52/0,73
15	150	200	450	400	300	250	0,5	2,5	1,58	8,6/12,7	0,57/0,85

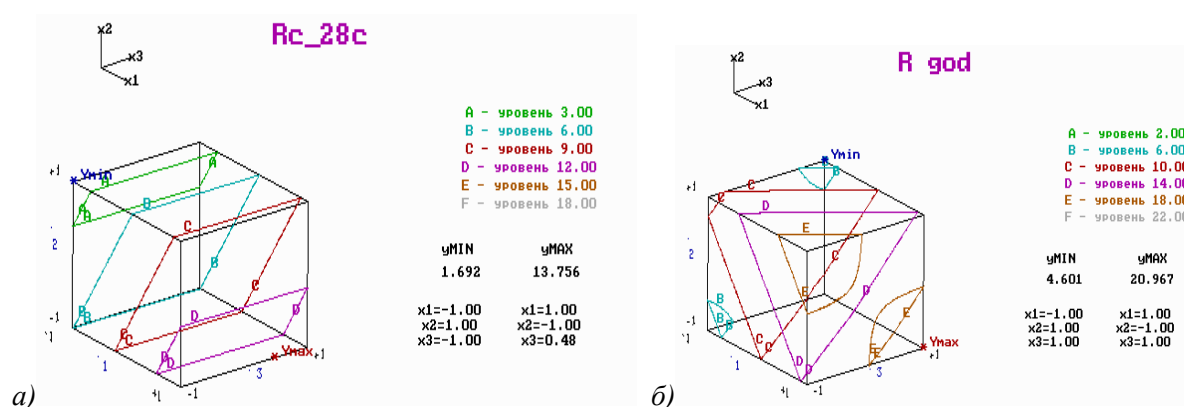


Рис. 1. Номограммы зависимости прочности бетона от варьируемых факторов, представленных в табл. 2, приведенных в табл. 3 составов:

а) в 28-суточном; б) в годичном возрасте

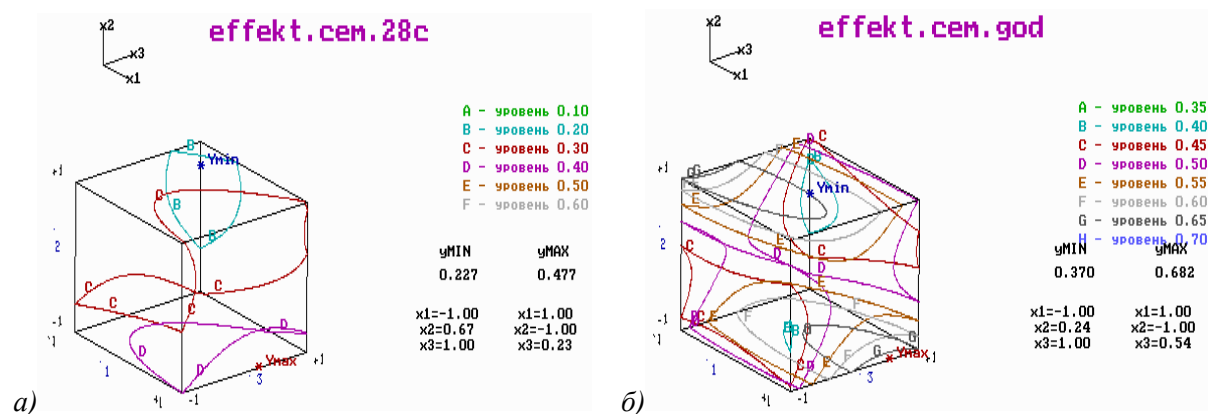


Рис. 2. Номограммы зависимости коэффициента эффективности использования цемента в бетоне от варьируемых факторов, представленных в табл. 2, приведенных в табл. 3 составов:
а) 28-суточного; б) годового возраста

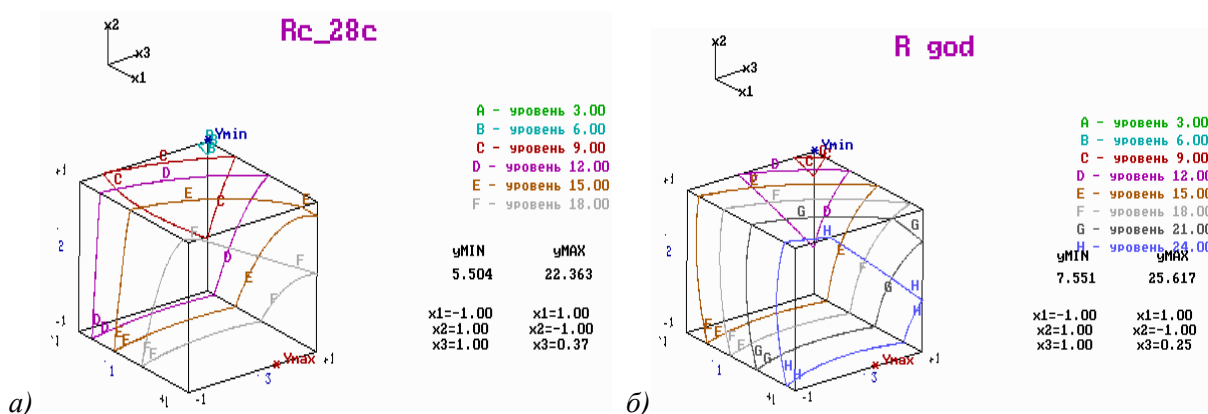


Рис. 3. Номограммы зависимости прочности бетона от варьируемых факторов, представленных в табл. 2, приведенных в табл. 4 составов:
а) в 28-суточном; б) в годовом возрасте

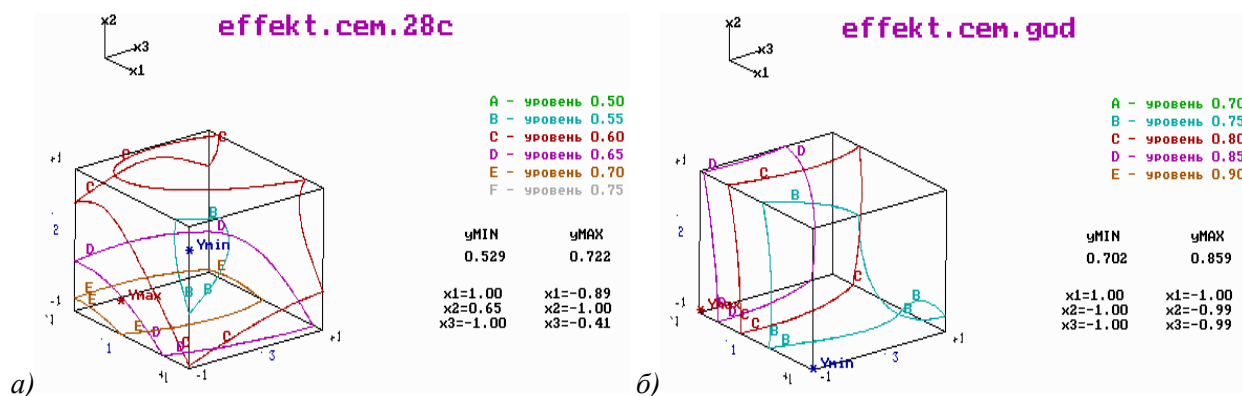


Рис. 4. Номограммы зависимости коэффициента эффективности использования цемента в бетоне от варьируемых факторов, представленных в табл. 2, приведенных в табл. 4 составов:
а) 28-суточного; б) годового возраста

Бетон равной прочности при максимальных расходах воды и пластификатора можно получить при значительно большем расходе цемента, чем при минимальном расходе пластификатора. А при минимальном расходе пластификатора бетон равной прочности можно получить

при минимальных расходах воды (см. рис. 3, а). Аналогичная закономерность изменения прочности бетона от исследуемых факторов остается и для бетонов в годовичном возрасте при использовании цемента активностью около 40 МПа (см. рис. 3, б). Но при использовании

цемента низкой активности эта закономерность существенно отличается (см. рис. 1, б). Чем больший расход воды в смеси, тем при меньших расходах цемента обеспечивается одинаковая прочность бетона в годичном возрасте. Но чем больше расход используемой пластифицирующей добавки в смеси, тем при больших расходах цемента обеспечивается одинаковая прочность (см. рис. 1, б). Вероятно, больший расход воды, отрицательно действующий на рост прочности бетона в 28-суточном возрасте, благоприятно воздействует на длительный набор прочности бетоном, в том числе в годичном возрасте.

Эффективность использования цемента, выражаемая соответствующим коэффициентом, существенно зависит от активности применяемого цемента. Так, при низкой активности цемента максимальный коэффициент эффективности использования цемента наблюдается при наибольшем расходе цемента как в бетонах 28-суточного возраста, так и годичного (см. рис. 2, а и 2, б). При этом по абсолютной величине этот коэффициент изменяется почти в два раза. А при использовании цемента активностью около 40 МПа максимальный коэффициент эффективности использования цемента наблюдается при наименьшем расходе цемента как в бетонах 28-суточного, так и годичного возраста. Но по абсолютной величине этот коэффициент изменяется несущественно, примерно на 20% (см. рис. 4, а и 4, б).

При использовании цемента низкой активности примерно одинаковый и достаточно высокий коэффициент эффективности использования цемента можно обеспечить на используемых компонентах бетона при низких расходах воды (см. рис. 2, а и 2, б). А при использовании цемента активностью около 40 МПа диапазон высокой эффективности использования цемента значительно больше, чем при использовании цемента низкой активности (см. рис. 4, а и 4, б).

Выводы

1. При обеспечении рационального зернового состава компонентов можно получить легкие бетоны заданной прочности, утилизируя в них местные вторичные продукты промышленности и экономно расходуя цемент, в том числе пониженной активности.

2. Необходимо проведение дальнейших исследований по апробации рекомендуемых составов в производственных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 2.03.13-88 Полы [Текст]. – Взамен СНиП II-В.8-71; введ. 01.01.89. – М.: Госстрой СССР, 1989. – 15 с.
2. Волженский, А. В. Применение зол и шлаков в производстве строительных материалов [Текст] / А. В. Волженский, И. Л. Иванов, Б. Н. Виноградов. – М.: Стройиздат, 1984. – 216 с.
3. Иванов, И. А. Легкие бетоны с применением зол электростанций [Текст] / И. А. Иванов. – М.: Стройиздат, 1986. – 136 с.
4. Цементные бетоны с минеральными наполнителями [Текст] / Л. И. Дворкин [и др.] – К.: Будівельник, 1991. – 137 с.
5. Пунагін, В. Н. Проектування складів гідротехнічного бетону [Текст] / В. Н. Пунагін, О. М. Пшінько, Н. М. Руденко. – Д.: Арт-Прес, 1998. – 192 с.
6. Нетеса, Н. И. Проектирование составов бетонов с рациональным зерновым составом компонентов [Текст] / Н. И. Нетеса, Д. В. Паланчук // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 22. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 101-105.
7. Нетеса, Н. И. Проектирование составов легких бетонов со вторичными ресурсами Днепропетровского региона [Текст] / Н. И. Нетеса, Д. В. Паланчук // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 33. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 180-184.

Поступила в редколлегию 07.04.2010.

Принята к печати 22.04.2010.

А. В. РАДКЕВИЧ, Ю. М. ГОРБАТЮК, І. М. ЄВІН, С. О. ЯКОВЛЄВ (ДІПТ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАПРОВАДЖЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО ВИРОБНИЦТВА ГАБІОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Розглядаються сучасні підходи до вирішення проблеми доцільності запровадження комплексного виробництва габіонних конструкцій на базі структурних підрозділів Державної спеціальної служби транспорту.

Ключові слова: габіонна конструкція, комплексне виробництво, техніко-економічне обґрунтування

Рассматриваются современные подходы к решению проблемы целесообразности внедрения комплексного производства габрионных конструкций на базе структурных подразделений Государственной специальной службы транспорта.

Ключевые слова: габрионная конструкция, комплексное производство, технико-экономическое обоснование

The modern approaches to the solution of problem of expedience of introducing the complex production of mesh structures on the base of structural subdivisions of the Government Special Service of Transport are examined.

Keywords: mesh structure, complex production, feasibility study

Вступ

Одним з найбільш складних процесів на залізничному транспорті є організація берегоукріплювальних робіт традиційними засобами по захисту земель, порушених водною ерозією і споруд в гідротехнічному будівництві.

Досить часто для виконання подібних завдань залучаються підрозділи Держспецтрансслужби, так як виходячи з питань ліквідації наслідків стихійного лиха підрозділи Державної спеціальної служби транспорту, відповідно до Положення про Державну спеціальну службу транспорту Міністерства транспорту та зв'язку України, повинні приймати участь в ліквідації наслідків катастроф природного, техногенного та воєнного характеру.

Тому предметом роботи є доцільність запровадження, на базі структурних підрозділів Державної спеціальної служби транспорту, комплексного виробництва габіонних конструкцій. Мета роботи є розробка техніко-економічного обґрунтування комплексного виробництва габіонних конструкцій.

Використання цих конструкцій є економічнішим і надійнішим засобом з ряду причин, серед яких найважливішими є:

- високий опір динамічним і статичним навантаженням, міцність елементів і граней;

- корозійна стійкість до дії води і атмосферних явищ;
- проникність і пористість конструкції, що забезпечує дренажування зворотної засипки і виключає додаткові витрати на влаштування дренажу;
- гнучкість, яка дає можливість габіонній структурі заповнювати невеликі деформації у ґрунті без руйнування споруд;
- простота будівництва і мінімальні обсяги робіт, пов'язаних з підготовкою основи (потрібно просто вирівнювати поверхню);
- низькі експлуатаційні витрати.

Виходячи з місць розташування підрозділів Держспецтрансслужби та завдань з виконання Державної цільової програми комплексного протипаводкового захисту в басейнах річок Дністра, Пруту та Серету, пріоритетне значення у виконанні цих заходів з будівництва нових і реконструкції існуючих дамб, берегоукріплення та регулювання русел річок із використанням габіонних конструкцій, зібраних або виготовлених на базі підрозділів Державної спеціальної служби транспорту, слід надати підрозділам, розташованим у західних регіонах країни.

Підрозділи Державної спеціальної служби транспорту відповідно до Положення про Державну спеціальну службу транспорту Міністерства транспорту та зв'язку України повинні

приймати участь в ліквідації наслідків катастроф природного, техногенного та воєнного характеру.

Тому для скорочення витрат структурними підрозділами Держспецтрансслужби при підготовці, а також у ході виконання завдань по захисту земель, порушених водною ерозією, і споруд в гідротехнічному будівництві потребує дослідження переліку та типів габійних конструкцій, рекомендацій з виготовлення само-

стійно геоблоків та печатного бетону на базі підрозділів Держспецтрансслужби, застосування результатів виробництва самими підрозділами під час виконання навчально-практичних робіт об'єднаними загонами. Це має велику практичну значущість для Держспецтрансслужби. Результати досліджень знайдуть впровадження при успішному входженні в ринок застосування габійних конструкцій.

Таблиця 1

**Прогнозні обсяги та джерела фінансування
(відповідно Державної цільової програми комплексного протипаводкового захисту
в басейнах річок Дністра, Пруту та Серету)**

Джерела фінансування	Обсяг фінансування, млн грн	У тому числі за роками							
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016-2025
Державний бюджет	28888,77	272,99	344,42	374,5	451,58	520,78	576,98	630,08	25717,4
Місцеві бюджети	1542,83	50	80	115	154	180	215	240	508,8
Інші джерела	885,4	9	31,8	52,5	72,9	93	83,1	83,1	460
Усього	31317	331,99	456,22	542	678,48	793,78	875,08	953,18	26686,27

Основна частина

Прикладом стихійного в лиха Україні є щорічні паводки від проливних дощів і ураганів. Таки випадки в Центральній і Східній Європі, які почалися 22 липня 2008 року, привели до різкого збільшення рівня води в річках Дністер і Лозину і руйнівній повені в Україні, Молдові, Румунії, Словаччині і Угорщині. В результаті стихійних лих 42 людини загинули. 34 з них – жителі західних областей України. Де в результаті повені постраждали жителі Львівської, Закарпатської, Івано-франківської, Тернопільської, Чернівецької і Вінницької областей. 25 тис. з них було вимушено покинути свої рідні місця. В цілому вода затопила близько 523 українських населених пунктів і більше 24 тис. гектарів оброблених земель. У Україні зруйновано 360 мостів для автомобілів і 560 пішохідних мостів.

Традиційними засобами захисту земель, порушених водною ерозією, і споруд в гідротехнічному будівництві є покриття з бетонних і

залізобетонних плит і кам'яного накиду. Захист від розмивання у вигляді плиткових покриттів потребує використання дорогого залізобетону, влаштування спеціальних підготовок або зворотних фільтрів та швів. У разі кам'яного накиду значно збільшуються обсяги робіт.

Альтернативою можуть бути габійні конструкції – захисні споруди, виконані з габійов. Габійні конструкції застосовують вже понад сто років для стабілізації ерозійних процесів будь-якого типу та захисту гідротехнічних споруд (ГТС).

Розрахунок габійних споруд незалежно від їхнього функціонального призначення слід здійснювати відповідно до рівня відповідальності споруд, які мають бути захищені. Клас другорядних споруд потрібно приймати на одиницю нижче класу основних споруд, але не вище III класу.

При проектуванні постійних річкових габійних споруд розрахункові максимальні витра-

ти води слід приймати виходячи зі щорічної ймовірності перевищення витрат (забезпеченості), яку встановлюють залежно від класу споруд для двох розрахункових випадків – основного і перевірного згідно з [1]. Розрахункові гідрологічні характеристики слід визначати за [1].

Габіонні споруди слід проектувати з урахуванням мінімального відведення земель. Тип і конструкцію габіонних протиерозійних гідротехнічних споруд слід призначати з урахуванням вимог [1]. Допускається суміщати габіонні споруди різного призначення.

Проектування габіонних споруд, призначених для інженерного захисту територій, а також захисту земель, сільськогосподарських угідь і природних ландшафтів від зсувних і обвальних процесів потрібно здійснювати з урахуванням вимог [1].

Підпірні стіни з габіонів можуть бути масивного обрису (гравітаційні стіни) і тонкого обрису (напівгравітаційні стіни). Вони можуть бути низькі:

$$\frac{H}{b_{\phi}} < 1,5 \quad (1)$$

і високі:

$$\frac{H}{b_{\phi}} > 1,5, \quad (2)$$

де H – видима висота стіни, м;

b_{ϕ} – ефективна ширина фундаменту, м.

Розрахунки стійкості укосів насипів провадяться для з'ясування причин їхніх деформацій і при проектуванні габіонних споруд. Оцінюється стійкість укосів насипів в окремих її перетинах як для повної висоти укосу (загальна стійкість), так і для окремих частин укосів (місцева стійкість).

Відповідно до СТН Ц-01-95 коефіцієнт стійкості $[K]$

$$[K] = \frac{\gamma_n \cdot \gamma_{fc}}{\gamma_c}. \quad (3)$$

Для розрахунків стійкості використовується модель Г. М. Шахунянца, що дозволяє визначати коефіцієнт стійкості як при круглоциліндричній поверхні, так і при будь-якій формі поверхні можливого зсуву:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n (c_i \cdot l_i + N_i \cdot f_i + T_{i-уд}) \cdot \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\beta_i - \varphi_i)}}{\sum_{i=1}^n T_{сдв} \cdot \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\beta_i - \varphi_i)}}, \quad (4)$$

де n – число відсіків, на які ділиться блок можливого зсуву;

$c_i l_i$ – реактивна сила зчеплення по поверхні зсуву в i -му відсіку, кН/м;

C_i – питоме зчеплення ґрунту, кПа;

l_i – довжина поверхні зсуву в межах відсіку, м;

$f_i N_i$ – реактивна сила тертя по поверхні зсуву в i -му відсіку, кН/м;

f_{ji} – коефіцієнт внутрішнього тертя ґрунту:

$$f_{ji} = \operatorname{tg} \alpha_i;$$

α_i – кут внутрішнього тертя ґрунту, град;

N_i – нормальна складова сили ваги i -го відсіку:

$$N_i = Q_i \cdot \cos \alpha_i, \quad (5)$$

де Q_i – вага відсіку, кН/м;

α_i – кут нахилу до горизонту поверхні зсуву в i -му відсіку, град;

T_i – тангенціальна складова сили ваги i -го відсіку (сила вважається зрушуючою, якщо спрямована у бік зсуву блоку, і утримуючою – у протилежному випадку), кН/м:

$$T_i = Q_i \cdot \sin \alpha_i, \quad (6)$$

α_i – кут нахилу відсіку до горизонту, град.

Габіонні стінки працюють на сприйняття зсувних тисків E_n [кН/м] укосів. Тому поряд з визначенням величини K одночасно розраховуються й зсувні сили E_n :

$$E_n = \sum_{i=1}^n ([K] \cdot T_{i-сдв} - N_i f_i - T_{i-уд}) \times \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\beta_i - \varphi_i)}. \quad (7)$$

Габіонні споруди використовують у будь-яких кліматичних умовах при розрахунковій середній швидкості потоку води до 5,5 м/с згідно [1] і хвильовому навантаженні, що визначають розрахунком за [1].

Габіонні споруди слід застосовувати у комплексі з методами біоінженерного протиерозійного захисту земель.

Випуск води з габіонних протиерозійних споруд слід передбачати у відкриті водойми і річки, а також у тальвеги закріплених ярів з дотриманням вимог очищення відповідно до [1] і при здійсненні заходів охорони навколишнього середовища, якщо габіонні конструкції впливають на якість транзитної води.



Рис. 1. Використання покриття з печатного бетону



Рис. 2. Коробчаті габіони



Рис. 3. Підпірна стінка



Рис. 4. Георешітка



Рис. 5. Береги річок, укріплені матрацами Рено



Рис. 6. Зовнішній вигляд улаштованої системи «Зелений Террамеш»



Рис. 7. Укріплені системою «Зелений Террамеш» відкоси

Для проведення порівняльного кошторисного аналізу із застосуванням габійних конструкцій і звичайних матеріалів наведемо лише такі цифри: вартість виконання берегоукріплювальних робіт із використанням кам'яної відсіпки (каменю-негабариту), що розрахована з використанням програмного комплексу із складання кошторисів АВК-3, становить 150 тис. грн на 100 п.м. кріплення (залежно від глибини потоку). Вартість будівництва габійної стінки – біля 107 тис. грн на 100 п.м. кріплення, зрубової стінки традиційної конструкції – 50 тис. грн, полегшеного типу (без зменшення експлуатаційної ефективності і надійності споруди) – 36 тис. грн (кошториси склалися на основі [6], [7]). Цифри говорять самі за себе.

Водночас не зайве згадати, що в більшості випадків будівництво споруд із використанням каменю-негабариту є ускладненим внаслідок відсутності відповідних кар'єрів із видобутку каменю, відсутності під'їзних доріг у гірській місцевості, а бетонні стінки, як можливий заміник, є на порядок дорожчими.

Виходячи з місць розташування підрозділів Державної спеціальної служби транспорту та завдань з виконання Державної цільової програми комплексного протипаводкового захисту в басейнах річок Дністра, Пруту та Сирету пріоритетне значення у виконанні цих заходів слід надати підрозділам, розташованим у західних регіонах країни, по будівництву нових і реконструкції існуючих дамб, берегоукріпленню та регулюванню русел річок із використанням габійних конструкцій, зібраних або виготовлених на базі підрозділів Державної спеціальної служби транспорту.

Порівняльний аналіз кріплення укосів кам'яним накиданням і габіонами показав, що кріплення габіонами економічно вигідніше за витратами праці, термінами робіт, за вартістю, використаними механізмами, кращим товарним виглядом і якістю робіт.

Висновки

Проаналізувавши в ході проведення науково-дослідної роботи можливість та доцільність запровадження на базі структурних підрозділів Державної спеціальної служби транспорту комплексного виробництва габійних конструкцій та порівнявши вартісні показники можна зробити висновки:

- запровадити на базі підрозділів Державної спеціальної служби транспорту виготовлення самостійно геоблоків та печатного бетону, збірку з готової сітки та монтаж габійних конструкцій типу: коробчасті габіони, габійні мати, система «Зелений Террашеш»;
- підрозділам, розташованим у західних регіонах країни, відповідно до [3] та Державної цільової програми комплексного протипаводкового захисту в басейнах річок Дністра, Пруту та Серету підібрати об'єкти по будівництву нових і реконструкції існуючих дамб, берегоукріпленню та регулюванню русел річок з використанням габійних конструкцій, зібраних або виготовлених на базі цих підрозділів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000 «Регулювання русел річок. Норми проектування» [Текст].
2. Вказівки щодо захисту земель, порушених водною ерозією. Габійні конструкції протиерозійних споруд [Текст] : посібник до ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000 «Регулювання русел річок. Норми проектування». – К., 2006.
3. Постанова Кабінету міністрів України № 901 від 3 липня 2006 р. «Про затвердження Комплексної програми захисту сільських населених пунктів і сільськогосподарських угідь від шкідливої дії вод на період до 2010 року та прогноз до 2020 року» [Текст].
4. Инструкция по сборке и установке габионов и матрацев Рено / Материалы компании «ООО Габионы Маккаферри СНГ» [Текст]. – М., 2003.
5. Постанова Кабінету міністрів України № 166 від 5 березня 2009 р. «Про використання у 2009 році коштів, передбачених у державному бюджеті для захисту територій від шкідливої дії вод, ведення державного моніторингу поверхневих вод, державного водного кадастру, паспортизації та управління водними ресурсами» [Текст].
6. Берегоукрепление ручья Бахмутка. Тарутинская ГКС (газопровод Одесса – Броды, Украина) [Текст] / Материалы компании «Престо-Русь».
7. Вироби габійні з сітки дротової звивочної з шестикутними вічками ГВС-10. Технічні умови ТУ У 28.7-33498333-001-2007 [Текст].
8. Временные технические указания по защите земляного полотна сетчатыми конструкциями на скально-обвальных участках [Текст]. – М., 2007.
9. Козлов, Д. В. Габионные конструкции: общие сведения, технические аспекты пользования,

- особенности применения в суровых климатических условиях, актуальные вопросы исследований [Текст] / Д. В. Козлов, А. В. Багин // «Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем» (Материалы межд. науч.-практ. конф.). – М., 2006.
10. Матеріали компанії «ООО Стоун Украина» [Текст]. – К., 2009.
11. Материалы компании «ООО Реконструкция» [Текст]. – М., 2008.
12. Рекомендації із застосування габйонних конструкцій у дорожньому будівництві Р В.2.3-218-02070915-697:2007 [Текст].
13. Сітки дротові звивочні з шестикутними вічками для габйонних конструкцій СДЗ. Технічні умови ТУ У 17.1-33498333-002-2007 [Текст].
14. Тимчасові технічні вказівки із застосування габйонів для підсилення земляного полотна залізниць [Текст].
- Надійшла до редколегії 09.06.2010.
Прийнята до друку 24.06.2010.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ С ЭКСЦЕНТРИСИТЕТОМ РЕЛЬСОВОГО ПУТИ

Запропоновано математичну модель для врахування ексцентриситету рейкової колії на прогонових будовах залізничних мостів. Досліджено вплив ексцентриситету колії на характер коливань прогонових будов при різних швидкостях руху одиночного локомотива.

Ключові слова: залізничний міст, коливання прогонових будов, ексцентриситет рейкової колії, рух одиночного локомотива

Предложена математическая модель для учета эксцентриситета рельсового пути на пролетных строениях железнодорожных мостов. Исследовано влияние эксцентриситета пути на характер колебаний пролетных строений при различных скоростях движения одиночного локомотива.

Ключевые слова: железнодорожный мост, колебания пролетных строений, эксцентриситет рельсового пути, движение одиночного локомотива

The mathematical model of taking the account of eccentricity of a railway track on the span of railway bridges is proposed. The significant effects of the railway track eccentricity on the character of railway spans vibrations at different speeds of moving a locomotive are investigated.

Keywords: railway bridge, vibrations of spans, railway track eccentricity, motion of single locomotive

Во время эксплуатации железобетонные пролетные строения с балластным мостовым полотном подвержены различного рода дефектам, приводящим к возрастанию нагрузки на отдельные несущие элементы конструкции, среди которых одним из наиболее распространенных является смещение оси рельсового пути относительно оси моста (эксцентриситет).

В научной литературе практически отсутствует информация о динамической работе таких пролетных строений, что требует проведения дополнительных исследований. В данной статье приведен алгоритм расчета с использованием метода конечных элементов и уравнений динамики твердого тела, а также отмечены

особенности пространственных колебаний мостов с эксцентриситетом рельсового пути.

Для построения расчетной модели балочного пролетного строения с эксцентриситетом рельсового пути выделим из общей структуры стержень, соединяющий узлы конструкции $i = 1, 2$, в пределах длины которого с заданной постоянной скоростью движется обобщенный сосредоточенный силовой фактор $F_p = \{F_x F_y F_z M_x M_y M_z\}$ (рис. 1).

Траектория движения силового фактора представляет собой прямую линию, которая, в общем случае, не совпадает с осевой линией стержня [2].

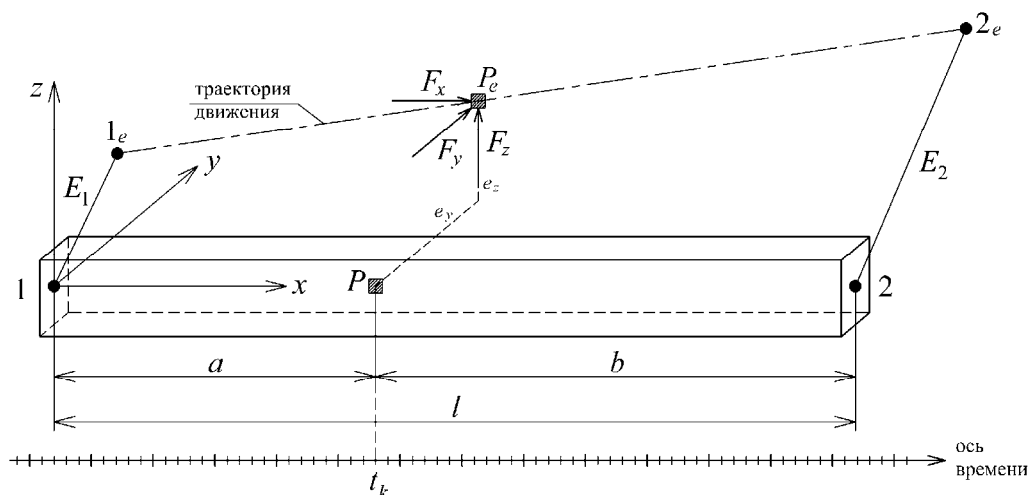


Рис. 1. Нагрузка на стержень с эксцентриситетом

Узловые точки траектории $1_e, 2_e$ смещены от базовых узлов конструкции $i=1, 2$ на расстояния, соответствующие пространственным векторам $\bar{E}_1, \bar{E}_2$. В фиксированный момент времени t_k силовой фактор займет положение в некоторой точке P_e , координаты которой известны из его закона движения. Передачу усилия на стержень в точке P заменим совокупностью эквивалентных силовых факторов с учетом эксцентриситета $\bar{e}$, представленного в координатной форме (1):

$$\begin{cases} F_{x,P} = F_x; \\ F_{y,P} = F_y; \\ F_{z,P} = F_z; \end{cases} \begin{cases} M_{x,P} = M_x + F_z e_y - F_y e_z; \\ M_{y,P} = M_y - F_z e_x + F_x e_z; \\ M_{z,P} = M_z + F_y e_x - F_x e_y. \end{cases} \quad (1)$$

После нахождения точки приложения нагрузки P , расположенной на осевой линии стержня, компоненты силы (1) включаем в состав общего вектора внешних нагрузок F_0 [4]. В качестве примера рассмотрим движение по пролетному строению моста локомотива ВЛ8. С учетом [3] для продольных, поперечных и вертикальных сил контакта между колесными парами локомотива ВЛ8 и пролетным строением, имеем:

$$\begin{cases} F_{x,P} = F_{rf}^{(v)} - F_{tr}^{(v)}; \\ F_{y,P} = 0,5P_{1,y}(1 + \cos(2\pi v_y t + \phi_y)); \\ F_{z,P} = P_{1,z}(1 + A_{1,z} \cos(2\pi v_{1,z} t) + A_{2,z} \cos(2\pi v_{2,z} t)); \\ M_{x,P} = M_x + P_{1,z}(1 + A_{1,z} \cos(2\pi v_{1,z} t) + A_{2,z} \cos(2\pi v_{2,z} t))e_y - 0,5P_{1,y}(1 + \cos(2\pi v_y t + \phi_y))e_z; \\ M_{y,P} = M_y - (P_{1,z}(1 + A_{1,z} \cos(2\pi v_{1,z} t) + A_{2,z} \cos(2\pi v_{2,z} t)))e_x + (F_{rf}^{(v)} - F_{tr}^{(v)})e_z; \\ M_{z,P} = M_z + 0,5P_{1,y}(1 + \cos(2\pi v_y t + \phi_y))e_x - (F_{rf}^{(v)} - F_{tr}^{(v)})e_y. \end{cases} \quad (2)$$

Таким образом, воздействие локомотива на пролетное строение моста моделируется компонентами усилий $F_{1,x}, F_{1,y}, F_{1,z}$. При входе локомотива на пролетное строение (шаг расчета t_k) эти усилия инициируют переход пролетного строения в напряженно-деформированное состояние, параметры которого могут быть определены с помощью метода конечных элементов [4]. Законы пространственного движения узлов пролетного строения установлены на ос-

нове нелинейных дифференциальных уравнений Эйлера-Лагранжа [5].

Расчетную схему железобетонного пролетного строения расчетной длиной 22,9 м принимаем в виде пространственной стержневой системы, состоящей из 13 стержней и 10 узлов (42 степени свободы, 120 дифференциальных уравнений движения), которая может совершать вертикальные, поперечные, продольные и крутильные колебания (рис. 2). Шаг интегрирования 10^{-4} с.

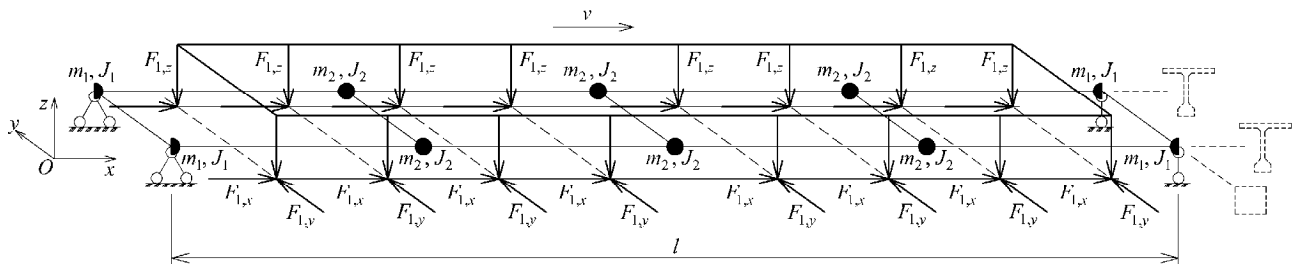


Рис. 2. Пространственная расчетная схема пролетного строения

Жесткостные и инерционные характеристики модели пролетного строения показаны в табл. 1.

Рассмотрим вариант равномерного смещения рельсошпальной решетки в поперечном

направлении. В этом случае горизонтальный эксцентриситет $e_y^{(1)}, e_y^{(2)}$ на балках Б1, Б2 будет одинаковым (рис. 3). Величину эксцентриситета принимаем равной $e_y = 0; 10; 50; 100$ мм [1].

Таблица 1

Жесткостные и инерционные характеристики элементов пролетного строения

№	Характеристика	Ед. изм.	Значение, для элемента	
			балки	диафрагмы
1	2	3	4	5
1	Площадь приведенного сечения A_{red}	м ²	1,3	0,2
2	Момент инерции на кручение $J_{red,x}$	м ⁴	0,07	0,003
3	Момент инерции на изгиб $J_{red,y}$	м ⁴	0,59	0,015
4	Момент инерции на изгиб $J_{red,z}$	м ⁴	0,25	0,0008

1	2	3	4	5
5	Момент инерции массы J_{xx}	кг · м ²	7840	74
6	Момент инерции массы J_{yy}	кг · м ²	20090	319
7	Момент инерции массы J_{zz}	кг · м ²	16660	245

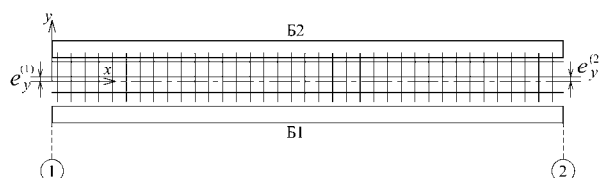


Рис. 3. Схема горизонтального эксцентриситета на пролетном строении моста

С целью определения влияния эксцентриситета пути на характер колебаний пролетного строения каждое значение e_y анализируем при скорости движения нагрузки $v = 10 \dots 400$ км/ч (рис. 4, 5).

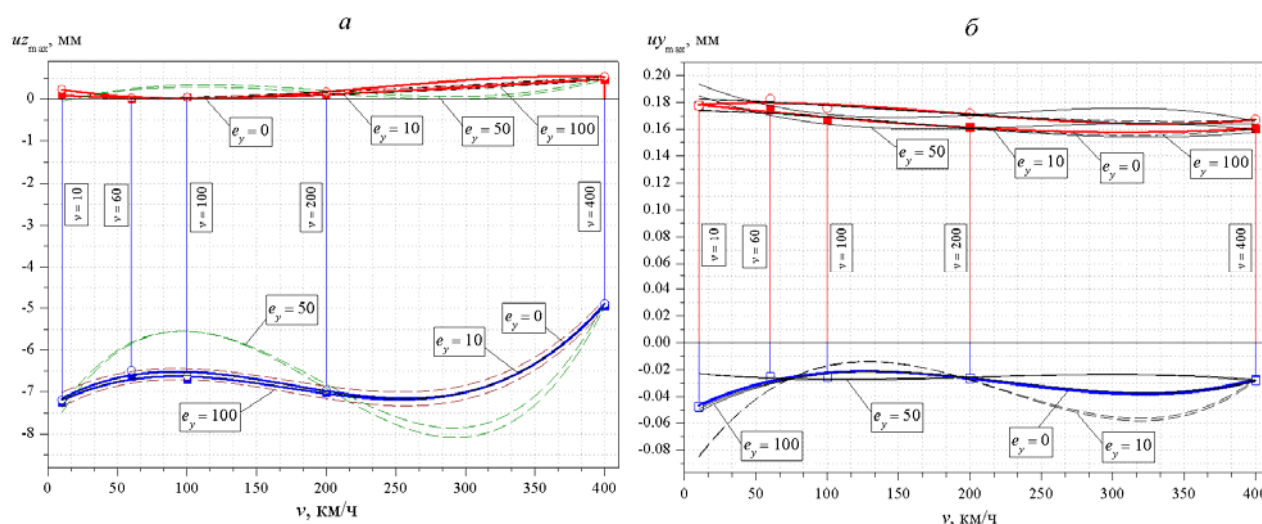


Рис. 4. Экстремумы вертикальных (а) и поперечных (б) перемещений пролетного строения

Полученные результаты свидетельствуют о том, что вертикальные перемещения u_z пролетного строения (прогибы) при одновременном учете пространственной работы конструкции и скорости движения нагрузки нелинейно зависят от величины эксцентриситета рельсового пути (рис. 4, а). Во всех расчетах относительно высокие перемещения получены при скорости движения нагрузки $v = 200$ км/ч. Наибольший размах экстремумов вертикальных перемещений наблюдается при эксцентриситете $e_y = 50$ мм; в остальных случаях колебания

величины u_z имеют сравнительно невысокие амплитуды. Поперечные перемещения u_y пролетного строения максимальны при смещении рельсового пути на величину $e_y = 10$ мм.

Размах максимальных перемещений в продольном направлении при скорости движения нагрузки $v = 10 \dots 100$ км/ч может считаться постоянным. Дальнейшее увеличение скорости (до $v = 260 \dots 270$ км/ч) сопровождается существенным увеличением перемещений u_x и продольными колебаниями конструкции с максимальной амплитудой (рис. 5, а). Порядок пе-

ремещений снижается и достигает первоначальных значений при скорости $v = 400$ км/ч. В целом, величина эксцентриситета пути практи-

чески не влияет на продольные и крутильные колебания пролетного строения балочного моста.

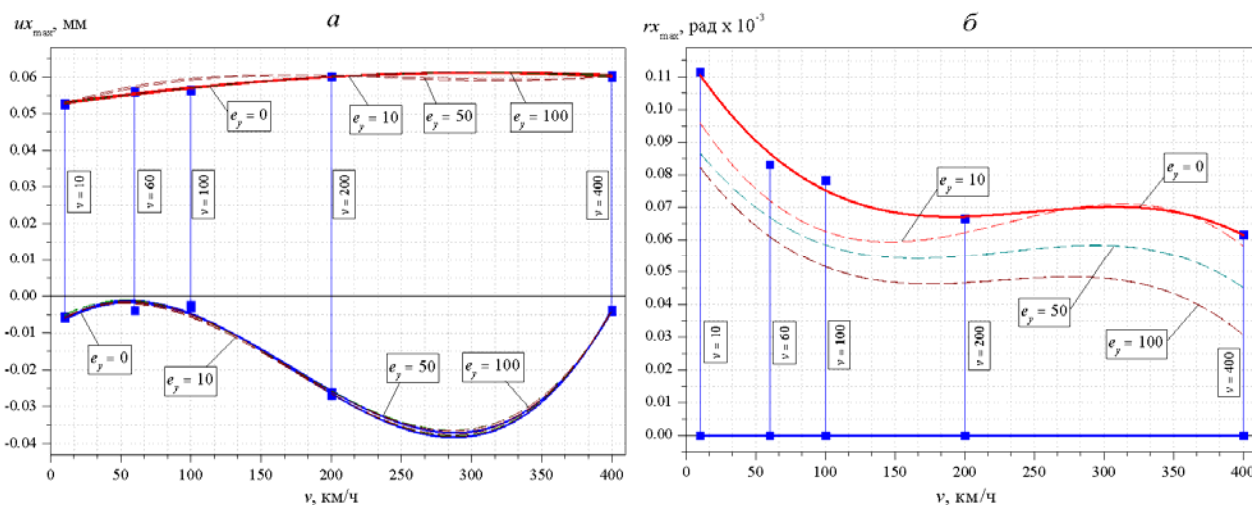


Рис. 5. Экстремумы продольных (а) и крутильных (б) перемещений пролетного строения

Совместное использование в динамических расчетах метода конечных элементов и уравнений динамики твердого тела позволяет оценить влияние эксцентриситета рельсового пути на пространственные колебания железобетонных пролетных строений мостов. Отмеченные особенности проявляются при движении одиночного локомотива со скоростью свыше $v = 200$ км/ч. В дальнейших исследованиях планируется провести анализ динамической работы железобетонных и металлических пролетных строений с эксцентриситетом пути при движении по ним грузового и пассажирского подвижного состава.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Борщов, В. І. Правила визначення вантажопідйомності балкових залізобетонних прогонових будов залізничних мостів [Текст] / В. І. Борщов, К. І. Солдатов, В. П. Тарасенко. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2003. – 404 с.
2. Распопов, А. С. К вопросу компьютерного моделирования движения поезда по мосту [Текст] / А. С. Распопов, С. П. Русу, В. Е. Артемов // Методи розв'язування прикладних задач механіки деформівного твердого тіла : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту. – 2007. – Вип. 8. – С. 133-139.

3. Распопов, А. С. Применение топологических моделей в задаче динамического взаимодействия системы твердых тел [Текст] / А. С. Распопов, С. П. Русу, В. Е. Артемов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 30. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 198-203.
4. Распопов, О. С. Динаміка балкових конструкцій мостів під рухомим навантаженням [Текст] / О. С. Распопов, В. Є. Артьомов, С. П. Русу // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій : зб. наук. статей / за заг. ред. Й. Й. Лучка. – Вип. 8. – Львів: Камінь, 2009. – С. 712-721.
5. Распопов, А. С. Применение уравнений Эйлера-Лагранжа к решению задачи динамики системы «мост-поезд» [Текст] / А. С. Распопов, С. П. Русу, В. Е. Артемов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 16. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007. – С. 109-114.

Поступила в редколлегию 06.04.2010.
Принята к печати 23.04.2010.

РАСЧЕТ АВАРИЙНОГО РАССЕЙВАНИЯ ТОКСИЧНОГО ГАЗА В АТМОСФЕРЕ С УЧЕТОМ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ НА БАЗЕ КОДА *TERRAIN-2I*

Розглянуто 2D чисельна модель для прогнозування забруднення атмосфери з урахуванням рельєфу. Наведено результати розрахунків на базі розробленої моделі.

Ключові слова: розсіювання токсичного газу, прогнозування забруднення атмосфери, врахування рельєфу місцевості, двовимірний чисельний код

Рассмотрена 2D численная модель для прогноза уровня загрязнения атмосферы с учетом рельефа местности. Представлены результаты численного моделирования.

Ключевые слова: рассеивание токсичного газа, прогнозирование загрязнения атмосферы, учет рельефа местности, двумерная численная модель

The 2D numerical model to simulate the pollutant dispersion over complex terrain was proposed. The results of numerical experiment are presented.

Keywords: dispersion of toxic gas, forecasting of air pollution, taking into account the terrain, two-dimensional numerical model

Введение

Особенностью аварий на железной дороге является то, что во многих случаях эти аварии происходят в условиях сложного рельефа – насыпи, выемки и т.д. (рис. 1). Поэтому при прогнозе последствий аварий с химически опасными веществами весьма важно учесть влияние рельефа на процесс переноса загрязнителя, т.к. рельеф местности способен кардинально изменить процесс рассеивания. Как известно, влияние рельефа местности приводит, в первую очередь, к формированию неравномерного воздушного потока. В этом случае нельзя найти аналитическое решение, как гидродинамической задачи, так и задачи транспорта загрязнителя [1, 7, 8]. Поэтому применение на практике аналитических моделей для прогноза загрязнения атмосферы с учетом реального рельефа – исключено. Нормативная (эмпирическая) методика прогноза последствий аварий с химически опасными веществами не учитывает не только влияние рельефа на процесс переноса загрязнителя, но также и изменение скорости ветра с высотой, возможность выброса переменной интенсивности и т.д. [3, 6]. Единственным теоретическим инструментом решения прогнозных задач в данном случае является применение численных моделей (CFD модели) [2, 4, 5, 10 – 12]. Необходимо отметить, что при проведении расчетов по оценке возможных последствий аварий характерной особенностью является требование минимальных затрат ком-

пьютерного времени на получение данных прогноза. По этой причине, применение, в настоящее время, уравнений Навье-Стокса совместно с той или иной моделью турбулентности [9] для каждодневных прогнозов практически не представляется возможным, т.к. применение модели вязких течений связано с достаточно большими (для рассматриваемого класса задач) затратами компьютерного времени. Целью данной работы является разработка 2D численной модели прогноза аварийного загрязнения атмосферы, позволяющей при небольших затратах компьютерного времени решать задачу переноса загрязнителя в атмосфере с учетом основных физических факторов, влияющих на этот процесс. Необходимо отметить, что двухмерные модели продолжают оставаться эффективным инструментом решения сложных задач массопереноса в атмосфере [12].

Математическая модель

Процесс расчета переноса загрязняющих веществ в атмосфере разбивается на два этапа. На *первом* этапе решается задача гидродинамики и определяется поле скорости воздушного потока с учетом его деформации при обтекании рельефа. Для учета отрыва потока будем использовать модель отрывных вихревых течений идеальной несжимаемой жидкости [2]. В этом случае для расчета поля скорости воздушного потока необходимо найти решение нелинейной системы уравнений гидродинамики [2]:

- уравнения переноса завихренности

$$\omega = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}$$
 в воздушном потоке:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial u \omega}{\partial x} + \frac{\partial v \omega}{\partial y} = 0; \quad (1)$$

- уравнения Пуассона для расчета функции тока ψ :

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = -\omega. \quad (2)$$

Значение компонент скорости определяется по следующим зависимостям:

$$u = \frac{\partial \psi}{\partial y}; \quad v = -\frac{\partial \psi}{\partial x}.$$

При использовании рассматриваемой модели будем считать, что отрыв потока происходит в угловых точках рельефа. При отрыве потока образуются вихри, интенсивность которых определяется из суммарной циркуляции скорости по контрольному контуру и физических допущений о «нулевой» относительной толщине пограничного слоя при реальном обтекании. Алгоритм расчета интенсивности вихрей рассмотрен в работе [2].

Решение данных уравнений гидродинамики позволяет рассчитать поле скорости воздушного потока при обтекании рельефа. На *втором* этапе осуществляется решение уравнения переноса загрязнителя в атмосфере [1, 4]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \sigma C = \text{div}(\mu \text{grad} C) + \sum_{i=1}^N Q_i(t) \delta(x - x_i) \delta(y - y_i),$$

где C – концентрация загрязнителя; u, v – компоненты вектора скорости воздушной среды; $\mu = (\mu_x, \mu_y)$ – коэффициент турбулентной диффузии; Q – интенсивность выброса загрязнителя; $\delta(x - x_i) \delta(y - y_i)$ – дельта-функция Дирака; x_i, y_i – координаты источника выброса; σ – коэффициент, учитывающий химический распад загрязнителя, вымывание осадками; t – время.

Постановка краевых условий для данного уравнения рассмотрена в работах [2, 4].

Для рассмотренных выше уравнений гидродинамики осуществляется постановка следую-

щих граничных условий. Так, для уравнения Пуассона на поверхности препятствий (рельеф) ставится граничное условие «непротекания» [2]:

$$\psi = 0.$$

На границе входа воздушного потока в расчетную область задается профиль скорости воздушного потока $u = f(y)$ и соответствующее значения функции тока ψ и завихренности ω :

$$\psi|_{\text{вход}} = \psi(y); \quad \omega|_{\text{вход}} = \omega(y).$$

На верхней границе расчетной области также ставится условие «непротекания»:

$$\psi = \text{const}.$$

На границе выхода воздушного потока из расчетной области ставятся «мягкие» граничные условия, необходимые для замыкания разностных уравнений [2].

Решение стационарной гидродинамической задачи находится методом установления решения по времени t . Для этого в начальный момент $t = 0$ для завихренности ставится начальное условие типа $\omega|_{t=0} = 0$ или $\omega|_{t=0} = \omega_0(x, y)$.

В дискретной модели предусмотрена возможность задавать равномерный профиль ветра на входе в расчетную область или неравномерный.

Для формирования формы рельефа местности используется метод маркирования расчетной области [2]. Расчет выполняется на прямоугольной разностной сетке, а положение твердых границ (поверхность рельефа) задается с помощью маркеров. На базе этого подхода можно быстро изменять форму рельефа, что является важным при проведении серийных расчетов (что характерно при разработке плана ликвидации аварийной ситуации – ПЛАСа).



Рис. 1. Авария на железной дороге (сход состава с насыпи)

Применение метода маркирования (porosity technique) дает возможность пользователю формировать любую форму рельефа, не внося

изменений в расчетный код, делая изменения только в файле исходных данных.

Метод решения

Для численного интегрирования уравнения переноса завихренности применяется попеременно-треугольная неявная разностная схема [2]. Разностные уравнения для расчета завихренности, на каждом шаге расщепления, имеют вид:

- на первом шаге расщепления

$$\frac{\omega_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + \omega_{i,j}^n}{\Delta t} + \frac{u_{i+1,j}^+ \omega_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - u_{i,j}^+ \omega_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta x} + \frac{v_{i,j+1}^+ \omega_{i,j} - v_{i,j}^+ \omega_{i,j-1}}{\Delta y} = 0;$$

- на втором шаге расщепления

$$\frac{\omega_{i,j}^{n+1} - \omega_{i,j}^{n+1}}{\Delta t} + \frac{u_{i+1,j}^- \omega_{i+1,j}^{n+1} - u_{i,j}^- \omega_{i,j}^{n+1}}{\Delta x} + \frac{v_{i,j+1}^- \omega_{i,j+1}^{n+1} - v_{i,j}^- \omega_{i,j}^{n+1}}{\Delta y} = 0,$$

где $u^+ = \frac{u + |u|}{2}$ и т.д.

Неизвестное значение завихренности на каждом шаге расщепления определяется по формуле бегущего счета. Эти уравнения используются для определения завихренности на временном слое t^{n+1} .

Для расчета функции тока применяется разностная схема суммарной аппроксимации [5]. Разностные уравнения на каждом шаге расщепления имеют вид:

- на первом шаге

$$\frac{\psi_{ij}^{n+\frac{1}{4}} - \psi_{ij}^n}{\Delta t} = \frac{\omega_{ij}}{2};$$

- на втором шаге

$$\frac{\psi_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - \psi_{i,j}^n}{\Delta t} = -\frac{\psi_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - \psi_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta x^2} - \frac{\psi_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - \psi_{i,j-1}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta y^2};$$

- на третьем шаге

$$\frac{\psi_{i,j}^{n+\frac{3}{4}} - \psi_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta t} = \frac{\psi_{i+1,j}^{n+\frac{3}{4}} - \psi_{i,j}^{n+\frac{3}{4}}}{\Delta x^2} + \frac{\psi_{i,j+1}^{n+\frac{3}{4}} - \psi_{i,j}^{n+\frac{3}{4}}}{\Delta y^2};$$

- на четвертом шаге

$$\frac{\psi_{ij}^{n+1} - \psi_{ij}^{n+\frac{3}{4}}}{\Delta t} = \frac{\overline{\omega_{ij}}}{2},$$

где $\overline{\omega_{ij}} = \frac{1}{4}(\omega_{i,j} + \omega_{i-1,j+1} + \omega_{i+1,j-1} + \omega_{i,j-1})$.

В угловых точках, где допускается отрыв потока, располагается источник завихренности. Алгоритм расчета интенсивности завихренности в угловой точке рассмотрен в работе [2]. В дискретной модели это реализуется с помощью маркеров.

Численное интегрирование уравнения переноса примеси проводится с помощью неявной разностной схемы расщепления [2, 10]. Все применяемые в численной модели разностные схемы позволяют рассчитать неизвестную функцию по методу бегущего счета (явная формула расчета), что позволяет, в сочетании с методом маркирования, построить эффективный численный алгоритм расчета рассеивания загрязнителя в условиях сложного рельефа.

Практическая реализация модели

На основе рассмотренной численной модели разработан код *TERRAIN-2I* на алгоритмическом языке *FORTRAN*. Данный код был применен для решения следующей задачи – затекание загрязненного воздуха в каверну, расположенную на подветренной стороне насыпи (рис. 2) в случае аварийного выброса токсичного газа. Полагалось, что на месте аварии возле насыпи произошел выброс аммиака, и образовалось облако сложной формы: максимальная высота «гриба» – 12 м; максимальная ширина «шляпки» – 80 м; ширина «ножки» – 20 м. При моделировании учитывался неравномерный профиль ветра на входе в расчетную область и изменение вертикального коэффициента диффузии с высотой:

$$u = u_1 \left(\frac{Z}{Z_1} \right)^n;$$

$$\mu_y = 0,11 z;$$

где $Z_1 = 10$ м, $n = 0,15$.

Моделирование рассеивания загрязнителя выполнено при таких параметрах: размеры расчетной области 250 м × 21 м; $V_{10} = 6,1$ м/с; $\mu_x = 4$ м²/с. Максимальная высота «гриба» – 12 м; максимальная ширина «шляпки» – 80 м; ширина «ножки» – 20 м; средняя концентрация токсичного газа в облаке 13 г/м³. Внутри насыпи располагается каверна (выемка), имеющая

сложную «Г-образную» форму. Верхняя часть этой выемки отмечена буквой «В» (рис. 2).

Рассмотрим результаты вычислительного эксперимента. На рис. 2–4 показана динамика загрязнения атмосферы для различных моментов времени.

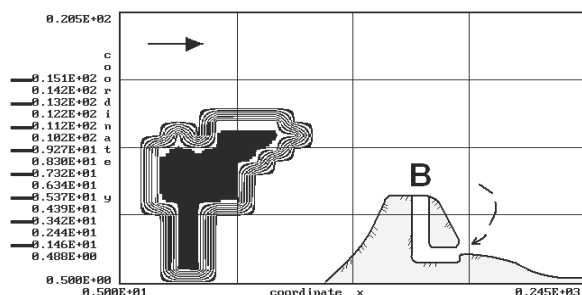


Рис. 2. Зона загрязнения атмосферы, $t = 0,01$ с

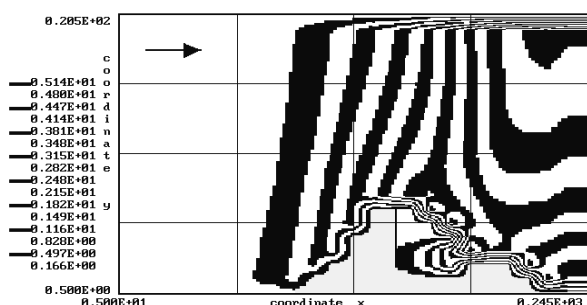


Рис. 3. Зона загрязнения атмосферы, $t = 35$ с

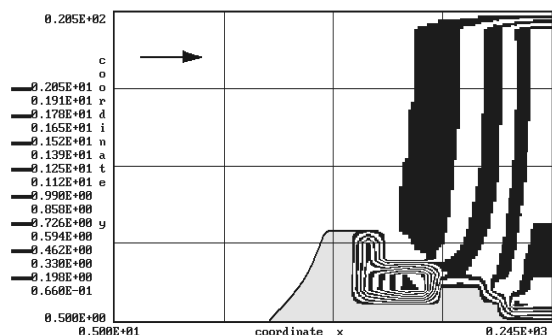


Рис. 4. Зона загрязнения атмосферы, $t = 65$ с

Видно, что к моменту времени $t = 35$ с уже большая часть каверны заполнена токсичным газом. К моменту времени $t = 65$ с загрязненный воздух заполнил всю каверну. К этому моменту времени дифракция облака на насыпи практически закончилась и наветренная сторона насыпи находится вне зоны загрязнения.

Для оценки риска поражения людей, которые спрятались в выемке, был выполнен расчет величины токсодозы

$$TD = \int_0^t C(x, y, z, t) dt,$$

где t – время экспозиции; C – концентрация токсичного вещества в точке расположения рецептора.

В табл. 1 представлены данные о динамике изменения величины токсодозы в выемке (точка $x = 145$ м; $y = 3,5$ м). В табл. 2 представлены данные о динамике изменения концентрации токсичного газа у подножия насыпи, с её подветренной стороны (точка $x = 205$ м; $y = 3,5$ м). Это место также можно рассматривать как естественное укрытие.

Таблица 1

Динамика изменения величины токсодозы

t, c	44	55	64
$TD, \text{г/м}^3 \cdot \text{мин}$	0,043	0,139	0,275

Таблица 2

Динамика изменения величины концентрации токсичного газа за холмом

t, c	33	44	55
$C, \text{г/м}^3$	3,45	2,76	1,30

Анализ данных, представленных в таблицах, показывает, что значение токсодозы, при которой могут появиться начальные симптомы поражения ($TD = 0,25 \text{ г/м}^3 \cdot \text{мин}$), будет достигнуто к моменту времени $t = 64$ с. За холмом будет формироваться опасная зона загрязнения, с риском тяжелого токсичного поражения людей (ПДК для аммиака, в рабочей зоне, составляет 20 мг/м^3).

Результаты данной задачи иллюстрируют возможность применения построенной численной модели для решения задач с крайне сложным рельефом местности, который включает в себя комбинацию таких элементов как «холм», «впадина», «выемка».

На расчет задачи потребовалось 10 с компьютерного времени.

Выводы

Рассмотрена эффективная численная модель переноса токсичных газов в атмосфере с учетом сложного рельефа местности. Модель может быть реализована на компьютерах малой и средней мощности. Дальнейшее совершенствование модели следует проводить в направлении ее адаптации к расчету рассеивания тяжелых газов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бруцкий, Е. В. Теория атмосферной диффузии радиоактивных выбросов [Текст] / Е. В. Бруцкий. – К. Ин-т гидромеханики НАН Украины, 2000. – 443 с.
2. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде [Текст] / М. З. Згуровский [и др.]. – К.: Наук. думка, 1997. – 368 с.
3. Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті [Текст]. – К., 2001. – 33 с.
4. Марчук, Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды [Текст] / Г. И. Марчук. – М.: Наука, 1982. – 316 с.
5. Самарский, А. А. Теория разностных схем [Текст] / А. А. Самарский. – М.: Наука, 1983. – 616 с.
6. Хміль, Г. А. Концептуально-методичний апарат аналізу й оцінки техногенних та природних ризиків [Текст] / Г. А. Хміль // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2007. – № 5. – С. 47-55.
7. Шаталов, А. А. Методика расчета распространения аварийных выбросов, основанная на модели рассеивания тяжелого газа [Текст] / А. А. Шаталов, М. В. Лисанов // Безопасность труда в промышленности. – 2004. – № 9. – С. 46-52.
8. Hanna, S. Air Quality Modeling Over Short Distances [Text] / S. Hanna // College on Atmospheric Boundary Layer and Air Pollution Modeling: 16 May – 3 June 1994. № SMR/760-2. – P. 712-743.
9. Murakami, S. Comparison of “k-ε” model, ASM and LES with wind tunnel test for flow field around cubic model [Text] / S. Murakami, A. Mochida, H. Yoshihiko // 8th Int'l. Conf. on Wind Engineering (Western Ontario, July 8-11, 1991). – № 12 - 3.
10. Belyaev, M. Air Pollution Modelling of Technogenic Catastrophes Caused by Terrorist Attacks on Rail Transport of Chemical Substances [Text] / M. Belyaev // Simulation and Assessment of Chemical Processes in a Multiphase Environment. NATO Science for Peace and Security Series. – C.: Environmental Security. – Springer, 2007. – P. 327-336.
11. Biliaiev, M. M. Numerical simulation of indoor air pollution and atmosphere pollution for regions having complex topography [Text] / M. M. Biliaiev, M. M. Kharytonov // Conf. Abstracts of 31st NATO / SPS Int'l Technical Meeting on Air Pollution Modelling and Its Application (27 September – 01 October, Torino, Italy, 2010). – P. 1.7.
12. Tedeschi, G. Study of vertical transport of marine aerosol using an unsteady 2D model [Text] / G. Tedeschi // Conf. Abstracts of 31st NATO / SPS Int'l Technical Meeting on Air Pollution Modelling and Its Application (27 September – 01 October, Torino, Italy, 2010). – P. 4.9.

Поступила в редколлегию 16.06.2010.

Принята к печати 25.06.2010.

РОЗРОБКА ПРИНЦИПІВ І МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Розглянуто основні аспекти формування екологічних ризиків в умовах екологізації транспортних процесів. Запропоновано методи оцінки імовірності та принципи управління екологічними ризиками на залізничному транспорті.

Ключові слова: залізничний транспорт, принципи управління екологічними ризиками, надзвичайні ситуації, екологізація транспортних процесів

Рассмотрены основные аспекты формирования экологических рисков в условиях экологизации транспортных процессов. Предложены методы оценки вероятностей и принципы управления экологическими рисками на железнодорожном транспорте.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, принципы управления экологическими рисками, чрезвычайные ситуации, экологизация транспортных процессов

The basic aspects of forming of ecological risks in the conditions of ecologization of transport processes are considered. The methods of probabilities estimation and management principles of ecological risks on a railway transport are offered.

Keywords: railway transport, management principles of ecological risks, emergency situations, ecologization of transport processes

Оцінка ступеня небезпеки процесів і уразливості територій та об'єктів здійснюється на основі експериментальних і теоретичних досліджень та з урахуванням бази даних з рецептивного статусу територій і об'єктів під час подій [1, 2].

Таким чином, для апіорної оцінки економічного збитку від випадкових процесів при перевезенні нафтопродуктів залізничним транспортом слід оцінити дві імовірнісні характеристики: ступінь небезпеки (інтенсивності) і рецептивний статус (уразливості) об'єкту небезпеки. Послідовна оцінка небезпеки, залежна від природних і техногенних умов, та уразливості об'єкту небезпеки дає можливість оцінити ризик від негативних процесів і далі використовувати вже розроблений апарат управління ризиковими ситуаціями, який використовується у багатьох сферах економіки з метою зниження економічного збитку від екологічних порушень.

Адекватна оцінка реальних величин еколого-економічних збитків необхідна не тільки для забезпечення оптимального функціонування транспорту, але й в усіх сферах економіки: для оцінки загальної економічної ефективності регіональної економіки, для відбору інвестиційних проектів усіх видів, зокрема проектів природоохоронного призначення, для впровадження ринкових методів господарювання, для реалізації принципів екологічного страхування і так далі.

лізації принципів екологічного страхування і так далі.

Специфіка оцінки еколого-економічної ефективності природозахисних заходів і споруд визначається особливим характером результату їх проведення та функціонування. Ці споруди призначені для запобігання або зменшення збитку, що викликається небезпечними процесами. У зв'язку з цим стає необхідним доповнення їх рекомендаціями щодо обліку та оцінки попередженого збитку. Збиток, що наноситься окремим реципієнтам, підсумовується по всіх реципієнтах негативної дії, що враховуються у даному регіоні, і що вимагає особливої уваги для чіткої об'єктивної оцінки.

Результати захисних заходів, залежні від невизначеності ситуації, оцінюються з урахуванням вірогідності небезпечних процесів, що складає другу особливість оцінки ефективності захисних заходів при відборі інвестиційних проектів.

Ризик, як вірогідність появи небезпечної події, можна класифікувати за різними ознаками: за джерелами виникнення ризиків і за характером викликаних ризиком наслідків. Джерелами ризиків можуть бути геологічні процеси, сейсмічні явища, людський фактор, фінансова нестабільність, технічні нововведення та, навіть, політичні події. Відповідно до цих джерел ризик називають геологічним, сейсмічним, фінан-

совим, інноваційним, політичним. Можуть бути й інші джерела ризиків. Кожен з цих видів ризиків може мати різні наслідки: геологічні, сейсмічні, екологічні ризики, пов'язані як з людськими втратами, так і з економічними, матеріальними втратами; людський фактор може нести як екологічні ризики, так і людські, економічні та матеріальні втрати; фінансові, інноваційні ризики, мабуть, тільки з економічними втратами, що мають грошове вимірювання; політичні ризики, окрім економічного виразу, можуть мати ще й соціальні (моральні) наслідки. За цією ознакою ризики називають індивідуальними, які вимірюються людськими втратами; економічними, вимірюваними у грошових одиницях; інженерними, вимірюваними числом зруйнованих будівель; екологічними, вимірюваними, наприклад, площею розливу нафти та ін.

Якщо об'єднати дві розглянуті класифікаційні ознаки, то виникають такі терміни як, наприклад, індивідуальний сейсмічний ризик, інженерний сейсмічний ризик, економічний сейсмічний ризик. Відзначимо, що останній термін допускає двозначне його тлумачення: економічний ризик можна розуміти як ризик, викликаний нестабільністю в економіці, і як будь-який (за джерелами виникнення) ризик, зміряний грошовими одиницями.

Для зв'язку між ризиком і економікою, але не з боку економічних можливостей для зниження ризиків, а з боку економічних вигод від пов'язаної з ризиком діяльності, використовується гранично допустимий рівень ризиків, який не повинен перевищуватися, незалежно навіть від тих або інших можливих економічних і соціальних переваг.

У разі законодавчого затвердження допустимого значення природного і техногенного ризиків, його забезпечення здійснюватиметься за рахунок інвесторів, зацікавлених у створенні об'єктів. Це дасть можливість державі направляти засоби на захисні заходи у вже існуючі, старі об'єкти у послідовності, відповідній ступеню відхилення ризиків від допустимого значення.

Таким чином, критерієм безпеки і є допустимий рівень ризиків.

При оцінюванні ризиків важливо якомога більш повно охопити усе коло чинників ризиків з урахуванням усіх ланцюгів розвитку подій.

Одним із пріоритетних напрямів існуючих і тих, що створюються, теорій ризиків є розробка принципів управління ризиками.

Управління ризиком – це розробка та реалізація заходів щодо зниження рівня ризиків [3 – 5]. Мета управління ризиком – зменшення можливих негативних наслідків небажаного розвитку подій у ході реалізації ухвалених рішень до допустимого рівня. Сам рівень допустимих економічних ризиків визначається за допомогою математичних моделей або експертним шляхом.

Схема алгоритму управління ризиком у системі управління виробничим підприємством приведена у роботах багатьох авторів (Качалов, Клейнер та ін.). На її основі можна побудувати схему, що описує процедуру пошуку прийнятного рівня ризиків, пов'язаних із небезпечними природно-техногенними процесами. Така схема представлена на рис. 1. У цій схемі оцінка допустимих ризиків передбачається у блоці прийняття рішень.

Для первинного рівня ризиків розробляється система заходів, направлених на його зниження. Інформація про залишковий (кінцевий) ризик і про необхідні витрати на його забезпечення обробляється за формалізованими або неформалізованими критеріями. У результаті особою, що ухвалює рішення у блоці прийняття рішень, дається відповідь – чи є кінцевим, фінальним допустимим ризиком чи ні.

Показано, що наукова база визначення основних кількісних показників ризиків будується на основі статистичної моделі безпеки перевезень залізничним транспортом та статистичного обґрунтування типу потоку випадкових подій. Це дозволяє вибрати конкретну модель, що описує стан безпеки руху за допомогою отримання кількісних оцінок показників ризиків.

У першу чергу, необхідно сформулювати та визначити усі типи ризиків, які властиві підприємствам та підрозділам залізниці, яка функціонує у стабільному режимі.

Для залізниці ризик експлуатації R_z у найпершому наближенні може бути кількісно оцінений математичним очікуванням збитку $Z_{оч}$ при функціонуванні залізниці:

$$R_z = M[Z_{оч}]. \quad (1)$$

Визначимо і позначимо також наступні події, вірогідні при транспортуванні, зберіганні та використанні нафтопродуктів на залізничному транспорті:

- подія A – аварія на залізниці з раптовою емісією нафтопродуктів;

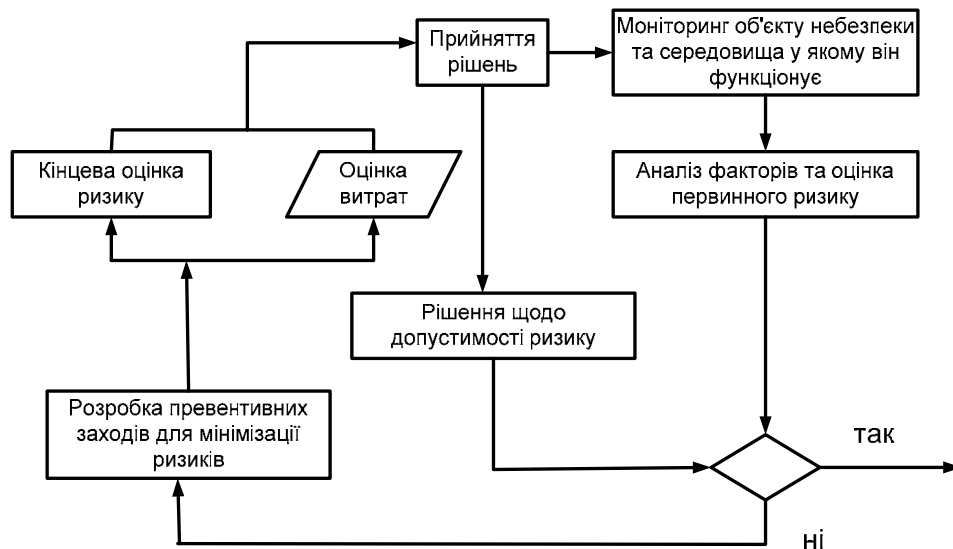


Рис. 1. Блок-схема управління ризиками

- подія G_i – реалізація аварії за i -тим сценарієм;
- подія F_i – спричинення збитку $З_i$ залізниці і/або стороннім об'єктам.

Таким чином, формулу (1) можна представити наступним чином:

$$R_z = M[З_{оч}] = \sum_{i=1}^n P(F_i) \cdot З_i, \quad (2)$$

де $P(F_i)$ – ймовірність спричинення збитку $З_i$ при експлуатації залізниці.

Для більш детального аналізу чинників, що впливають на ризики, розділимо формулу (2) на два доданки – ризик виникнення аварії R_{zA} та експлуатаційні втрати R_{zE} при штатному поводженні з нафтопродуктами:

$$R_z = R_{zA} + R_{zE}. \quad (2)$$

Враховуючи вірогідності спричинення збитків при аварійній ситуації за i -тим сценарієм та вірогідності збитків при штатному поводженні з нафтопродуктами у процесі експлуатації залізниць отримаємо наступну формулу:

$$R_z = R_{zA} + R_{zE} = \sum_{i=1}^{n-1} P(F_i) \cdot З_i + [P(G_n)] \cdot \sum_{j=1}^m З_{co}, \quad (3)$$

де $З_{co}$ – розмір середніх збитків, заподіяних самому об'єкту та стороннім об'єктам при штатному транспортуванні, зберіганні та використанні нафтопродуктів на залізниці.

Треба відзначити, що до експлуатаційних екологічних збитків відносяться збитки від господарської діяльності $З_{гд}$ і плати за забруднення навколишнього природного середовища

$$П_3 = П_{3а} + П_{3вс} + П_{рв}, \text{ тобто}$$

$$З_{co} = З_{гд} + П_{3а} + П_{3вс} + П_{рв}.$$

На підставі аналізу інформації про експлуатацію, власних досліджень та експертних оцінок отримані висновки про постійне зростання кількості технологічних та аварійних проливів і відповідно зростання витрат на ліквідацію відмов та їх наслідків [5 – 7].

Оцінка ризиків перевезення нафтопродуктів по заданих маршрутах високої інтенсивності:

$$R_{3м} = R_{нс} + R_{км} + R_{ам}, \quad (4)$$

де $R_{нс}$ – ризик збитку від аварій з причини ненормативного стану елементів інфраструктури;

$R_{км}$ – ризик збитку, пов'язаний із збоями у роботі комунікаційних мереж і продуктопроводів з можливим утворенням чинників вражаючої дії;

$R_{ам}$ – ризик збитку, пов'язаний з наявністю перетинів з автомагістралями з можливим порушенням правил дорожньо-транспортного руху.

Ризик матеріального збитку, пов'язаний із збоями у роботі залізничного транспорту:

$$R_{нс} = r \frac{N_{пр}}{l} \cdot \int_l \Omega_{3м}(u) dl, \quad (5)$$

де r – ризик аварії для одного поїзда;

$N_{пр}$ – річна кількість відправок складів з нафтопродуктами за маршрутом;

l – довжина маршруту;

$\Omega_{3м}(u)$ – функція розподілу збитку за маршрутом.

Ризик збитку, пов'язаний зі збоями у роботі комунікаційних мереж і продуктопроводів із можливим утворенням чинників вражаючої дії:

$$R_{\text{км}} = \sum_j r_{\text{км}} \cdot P_N \cdot \Omega_{\text{зк}}(\kappa), \quad (6)$$

де $r_{\text{км}}$ – ризик аварії на комунікаційних мережах і продуктопроводах із виникненням джерела спалаху або детонації;

P_N – вірогідність знаходження складу з нафтопродуктами у зоні детонації або спалаху продуктів, що витекли з продуктопроводу;

$\Omega_{\text{зк}}(\kappa)$ – функція розподілу збитку, пов'язана з аваріями на комунікаціях і продуктопроводах у точках перетину із залізничним полотном, що визначається об'ємом нафтопродукту, що витік або зайнявся (вибухнув) у зоні аварії.

Ризик збитку, пов'язаний із проходженням перетинів з автомагістралями:

$$R_{\text{ам}} = \sum_j r_{\text{ам}} \cdot \Omega_{\text{зп}}(\pi), \quad (7)$$

де $r_{\text{ам}}$ – вірогідність аварії на переїзді за участю складу з нафтопродуктами;

$\Omega_{\text{зп}}(\pi)$ – функція розподілу збитку при ДТП на переїзді.

Для зниження збитків від виникнення вірогідних пожеж при розливі нафтопродуктів, при витоках і пошкодженні нафтоналивних цистерн, необхідною є розробка систем підтримки ухвалення управлінських рішень, що пропонують заходи щодо ліквідації наслідків аварій.

З цією метою розроблено і запропоновано матрицю щодо вибору найбільш раціональної технології ведення ліквідаційних та відновлюваних робіт за окремими сценаріями для різних регіонів з урахуванням наявної матеріально-технічної ліквідаційної бази.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Кодина, Л. А. Геохимическая диагностика нефтяного загрязнения почвы [Текст] / Л. А. Кодина // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М.: Наука, 1988. – С. 112-122.
2. Основы изучения загрязнения геологической среды легкими нефтепродуктами [Текст] / Н. С. Огняник [и др.]. – К.: [А. П. Н.], 2006. – 278 с.
3. Управление риском [Текст] / В. А. Владимиров [и др.]. – М.: Наука, 2000. – 431 с.
4. Мартынюк, И. В. Результаты применения методологии оценки рисков возникновения чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте [Текст] / И. В. Мартынюк, О. Н. Попов, Н. С. Флегонтов // Тр. Третьей науч.-практ. конф. «Безопасность движения поездов». – М., 2002. – С. II-20.
5. Мартынюк, И. В. Выбор критериев сравнения оценок риска по различным маршрутам перевозки опасных грузов [Текст] / И. В. Мартынюк // Сб. науч. тр. молодых учёных, аспирантов и докторантов «Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта». – Ростов н/Д: РГУПС, 2005. – С. 64-66.
6. Зеленько, Ю. В. Розробка принципів оцінки екологічного збитку і екологічного ризику при аваріях з нафтопродуктами на залізничному транспорті [Текст] / Ю. В. Зеленько // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 32. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 198-203.
7. Зеленько, Ю. В. Принципы рационального природопользования в ликвидационных мероприятиях во время транспортных аварий с нефтепродуктами [Текст] / Ю. В. Зеленько // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 27. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 134-137.

Надійшла до редколегії 09.06.2010.

Прийнята до друку 24.06.2010.

А. Н. ПШИНЬКО, Л. В. АМЕЛИНА, Н. Н. БЕЛЯЕВ (ДИИТ)

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АКВАТОРИИ р. ДНЕПР ПРИ АВАРИЙНОЙ УТЕЧКЕ АММИАКА ИЗ АММИАКОПРОВОДА «ТОЛЬЯТТИ – ОДЕССА»

На базі розробленої 2D чисельної моделі виконано розрахунок забруднення акваторії р. Дніпро при аварійному витокі аміаку. Модель базується на чисельному інтегруванні рівняння конвективно-дифузійного переносу домішки та моделі потенційного руху. Наводяться результати обчислювального експерименту.

Ключові слова: аварійний витік аміаку, забруднення акваторії, аміакопровід, конвективно-дифузійний перенос домішки, двовимірний чисельний моделювання

На базе построенной 2D численной модели выполнен расчет загрязнения р. Днепр при аварийной утечке аммиака. Модель основывается на численном интегрировании уравнения конвективно-диффузионного переноса примеси и модели потенциального течения. Приводятся результаты вычислительного эксперимента.

Ключевые слова: аварийная утечка аммиака, загрязнение акватории, аммиакопровод, конвективно-диффузионный перенос примеси, двумерная численная модель

The 2D numerical model was developed and used to simulate river pollution after accident on the ammonia pipe over Dnipro River. The model is based on the numerical integration of the K -gradient transport model and potential flow. The results of numerical experiment are presented.

Keywords: ammonia emergency leakage, water pollution, ammonia pipe, convection-diffusion transfer of impurity, two-dimensional numerical model

Введение

В настоящее время одной из актуальных экологических проблем является прогноз последствий аварий на крупных химически опасных объектах. Одним из таких объектов на территории Днепропетровской области есть аммиакопровод (АП) «Тольятти – Одесса». Эта транспортная система открыто пересекает р. Днепр ниже г. Днепропетровска (рис. 1). Очевидно, что в случае аварии на этом участке АП произойдет масштабное загрязнение окружающей среды.



Рис. 1. Вид аммиакопровода «Тольятти – Одесса» при пересечении р. Днепр

Одной из важных задач при оценке последствий такой аварии является прогноз уровня загрязнения акватории р. Днепр. Данный про-

гноз может быть выполнен только на основе метода математического моделирования. Учитывая, что в настоящее время предъявляются высокие требования к качеству прогнозной информации, что проявляется в первую очередь в необходимости наиболее полного учета в прогнозной модели факторов, влияющих на процесс переноса загрязнителя, применение для рассматриваемого прогноза эмпирических или аналитических моделей – является нецелесообразным [1, 8]. *Цель данной работы* – разработка численной модели загрязнения акватории реки при попадании в нее сжиженного аммиака из АП. Основным интересом при моделировании на базе построенной модели представляет оценка глубины проникновения струи аммиака в воду. Для прогноза в работе используется 2D модель. Как известно двумерные модели продолжают оставаться эффективным инструментом исследования многопараметрического процесса массопереноса [10].

Математическая модель процесса

Будем считать, что в случае аварии на АП образовалось отверстие в трубопроводе и струя сжиженного аммиака начала поступать в акваторию (рис. 2).

Для расчета распространения загрязнителя в акватории реки используется подход, примененный ранее в ГИАПе [6], когда тепловые

процессы при моделировании загрязнения водной среды в случае попадания в нее аммиака не рассматривались. В данной работе для описания процесса транспорта загрязнителя в акватории (профильная задача) используется осредненное по ширине загрязненной струи уравнение переноса, выражающее в дифференциальном виде закон сохранения массы для загрязнителя [4, 2, 8]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} = \text{div}(\mu \text{grad} C), \quad (1)$$

где C – концентрация загрязнителя в воде; u , v , – компоненты вектора скорости потока; $\mu = (\mu_x, \mu_y)$ – коэффициент турбулентной диффузии; t – время; x , y – декартовы координаты. Ось « y » направлена вертикально вверх, ось « x » – вдоль потока.

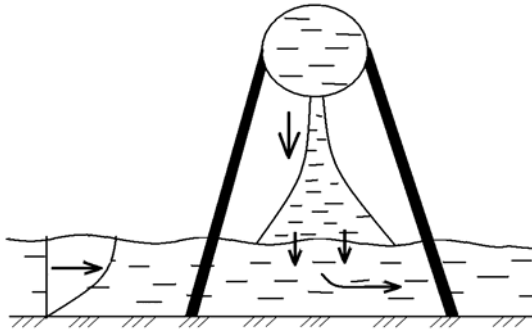


Рис. 2. Расчетная схема аварийной утечки аммиака из аммиакопровода «Тольятти – Одесса»

Постановка краевых условий для данного уравнения рассмотрена в работах [2, 4]. Отметим, что дно реки и свободная поверхность являются граничными линиями тока. В построенной численной модели на этих границах реализуется граничное условие вида

$$\frac{\partial C}{\partial n} = 0,$$

где n – единичный вектор внешней нормали к твердой поверхности. Данное условие реализуется в численной модели путем использования фиктивных разностных ячеек.

На входной границе полагается, что концентрация загрязнителя равна нулю. На том участке верхней границы, где в акваторию поступает загрязнитель – струя аммиака (рис. 2) ставится граничное условие вида:

$$C|_{\text{граница}} = C_E,$$

где C_E – известное значение концентрации загрязнителя.

На выходной границе расчетной области, в дискретной модели ставится «циклическое» (мягкое) граничное условие вида

$$C(i+1, j) = C(i, j),$$

где i, j – номер соответствующей разностной ячейки.

В построенной численной модели учитывается неравномерный профиль скорости течения воды в реке. Расчет профиля скорости водного потока осуществлялся по следующей зависимости [1, с. 80-81]:

$$u = u_0 \cdot \sqrt{1 - Pz^2}$$

где u_0 – скорость течения у поверхности;

$$z = \frac{(H - y)}{H} \text{ – относительная глубина;}$$

H – глубина потока по вертикали;

y – текущая координата (начало координат у дна);

P – параметр.

Величина P рассчитывалась по формуле

$$P = 0,0222C - 0,000197C^2,$$

где C – коэффициент Шези.

Данная зависимость рекомендуется при $60 \leq C \leq 90$.

Для расчета скорости течения у поверхности используется зависимость [8]

$$V_0 \approx 1,11 \cdot \frac{C}{C-1} \cdot V_{\text{ср}},$$

где $V_{\text{ср}}$ – средняя скорость течения.

Коэффициенты диффузии аппроксимировались следующими зависимостями

$$\mu_x = 1,5 \cdot B \cdot V_x;$$

$$\mu_z = \frac{g \cdot H \cdot V_x}{48 \cdot C},$$

где B – ширина реки.

Из поврежденного АП струя аммиака выходит из отверстия с определенной скоростью, изменяющейся со временем в связи с падением давления в поврежденном АП. В первые секунды истечения эта скорость будет максимальной, и ее значение будем использовать для прогноза глубины проникновения струи аммиака в акваторию. Скорость истечения аммиака из поврежденной трубы (полагаем, что с такой скоростью или меньшей струя аммиака взаимодействует со свободной поверхностью) рассчитывается по зависимости [7]:

$$V_{ex} = \varphi \cdot \sqrt{2g \cdot H},$$

где φ – коэффициент скорости;
 H – напор.

Особая сложность состоит в задании величины коэффициента скорости, т.к. форма отверстия (и его размеры) в поврежденном АП заранее неизвестны. Однако очевидно, что это будет отверстие неправильной формы, возможно – щель, а значит, для такого случая коэффициент скорости будет минимальной величиной.

Отметим, что в работе [7] скорость истечения поврежденного АП составляла величину порядка 42 м/с (при среднем давлении в аммиакпроводе 70 ати), а коэффициент скорости был равен 0,59. Учитывая, что за переходом АП через р. Днепр находится станция подкачки, можно считать, что давление в АП на открытом участке через р. Днепр ниже этой средней величины. Поэтому в данной работе расчет выполнен для минимального давления в АП – 15 ати.

Для применения модели (1) необходимо рассчитать поле скорости потока, формирующееся при взаимодействии входящей струи аммиака и течения в р. Днепр. Для расчета поля скорости при таком взаимодействии применяется модель невязкой жидкости, и моделирующим уравнением является уравнение для потенциала скорости [3]:

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} = 0. \quad (2)$$

Для данного уравнения ставятся следующие граничные условия [2, 3]:

- на дне и свободной поверхности $\frac{\partial P}{\partial n} = 0$, где n – единичный вектор внешней нормали к границе;
- на входной границе (и на участке верхней границы, где имеет место втекание аммиака в акваторию) $\frac{\partial P}{\partial n} = V_n$, где V_n – известное значение скорости потока (скорости втекания);
- на выходной границе расчетной области $P = P^*(x = \text{const}, y) + \text{const}$ (условие Дирихле).

В рамках рассмотренной модели компоненты вектора скорости рассчитываются по зависимостям [3]:

$$u = \frac{\partial P}{\partial x}, \quad v = \frac{\partial P}{\partial y}.$$

Метод решения

Для численного интегрирования уравнения переноса используется попеременно-треугольная разностная схема [2]. Разностные соотношения в операторном виде записываются так [2]:

- на первом шаге расщепления $k = n + \frac{1}{4}$:

$$\begin{aligned} \frac{C_{ij}^k - C_{ij}^n}{\Delta t} + \frac{1}{2}(L_x^+ C^k + L_y^+ C^k) = \\ = \frac{1}{4}(M_{xx}^+ C^k + M_{xx}^- C^k + M_{yy}^+ C^n + M_{yy}^- C^n); \end{aligned}$$

- на втором шаге расщепления $k = n + \frac{1}{2}$:

$$c = n + \frac{1}{4}:$$

$$\begin{aligned} \frac{C_{ij}^k - C_{ij}^c}{\Delta t} + \frac{1}{2}(L_x^- C^k + L_y^- C^k) = \\ = \frac{1}{4}(M_{xx}^- C^k + M_{xx}^+ C^c + M_{yy}^- C^k + M_{yy}^+ C^c); \end{aligned}$$

- на третьем шаге расщепления $k = n + \frac{3}{4}$:

$$c = n + \frac{1}{2}:$$

$$\begin{aligned} \frac{C_{ij}^k - C_{ij}^c}{\Delta t} + \frac{1}{2}(L_x^+ C^k + L_y^- C^k) = \\ = \frac{1}{4}(M_{xx}^- C^c + M_{xx}^+ C^k + M_{yy}^- C^k + M_{yy}^+ C^c); \end{aligned}$$

- на четвертом шаге расщепления $k = n + 1$:

$$c = n + \frac{3}{4}:$$

$$\begin{aligned} \frac{C_{ij}^k - C_{ij}^c}{\Delta t} + \frac{1}{2}(L_x^- C^k + L_y^+ C^k) = \\ = \frac{1}{4}(M_{xx}^- C^k + M_{xx}^+ C^c + M_{yy}^- C^c + M_{yy}^+ C^k). \end{aligned}$$

В данных выражениях использованы следующие обозначения разностных операторов:

$$\frac{\partial u^+ C}{\partial x} \approx \frac{u_{i+1,j}^+ C_{ij}^{n+1} - u_{ij}^+ C_{i-1,j}^{n+1}}{\Delta x} = L_x^+ C^{n+1};$$

$$\frac{\partial u^- C}{\partial x} \approx \frac{u_{i+1,j}^- C_{i+1,j}^{n+1} - u_{ij}^- C_{ij}^{n+1}}{\Delta x} = L_x^- C^{n+1};$$

$$\frac{\partial v^+ C}{\partial y} \approx \frac{v_{i,j+1}^+ C_{ij}^{n+1} - v_{ij}^+ C_{i,j-1}^{n+1}}{\Delta y} = L_y^+ C^{n+1};$$

$$\frac{\partial v^- C}{\partial y} \approx \frac{v_{i,j+1}^- C_{i,j+1}^{n+1} - v_{ij}^- C_{ij}^{n+1}}{\Delta y} = L_y^- C^{n+1};$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) &\approx \tilde{\mu}_x \frac{C_{i+1,j} - C_{ij}}{\Delta x^2} - \\ &- \tilde{\mu}_x \frac{C_{ij} - C_{i-1,j}}{\Delta x^2} = M_{xx}^- C + M_{xx}^+ C; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) &\approx \tilde{\mu}_y \frac{C_{i,j+1} - C_{ij}}{\Delta y^2} - \\ &- \tilde{\mu}_y \frac{C_{ij} - C_{i,j-1}}{\Delta y^2} = M_{yy}^- C + M_{yy}^+ C. \end{aligned}$$

На каждом шаге расщепления расчетное значение концентрации загрязнителя осуществляется по явной формуле бегущего счета.

Для численного интегрирования уравнения (2) используется метод установления решения по времени. Поэтому численно интегрируется уравнение эволюционного вида

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2}, \quad (3)$$

где t – фиктивное время.

При $t \rightarrow \infty$ решение уравнения (3) будет стремиться к «установлению», т.е. к решению уравнения (2).

Для численного интегрирования уравнения (3) используется неявная схема суммарной аппроксимации [9]. В этом случае разностные уравнения на каждом дробном шаге имеют вид:

$$\begin{aligned} \frac{P_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - P_{i,j}^n}{\Delta t} &= \left[\frac{-P_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + P_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta x^2} \right] + \left[\frac{-P_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + P_{i,j-1}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta y^2} \right]; \\ \frac{P_{i,j}^{n+1} - P_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta t} &= \left[\frac{P_{i+1,j}^{n+1} - P_{i,j}^{n+1}}{\Delta x^2} \right] + \left[\frac{P_{i,j+1}^{n+1} - P_{i,j}^{n+1}}{\Delta y^2} \right]. \end{aligned}$$

Данная схема является неявной, но расчет значения потенциала скорости $P_{i,j}$ в каждой разностной ячейке на каждом шаге расщепления

осуществляется по явной формуле – методу бегущего счета [9].

После определения величины потенциала скорости компоненты вектора скорости на границах ячеек рассчитываются по соотношениям:

$$u_{ij} = \frac{P_{i,j} - P_{i-1,j}}{\Delta x};$$

$$v_{ij} = \frac{P_{i,j} - P_{i,j-1}}{\Delta y}.$$

Т.к. компоненты вектора скорости водной среды рассчитываются на границах разностных ячеек, то это позволяет построить консервативную разностную схему для уравнения переноса загрязнителя.

Практическая реализация модели

На основе построенной численной модели создан код на алгоритмическом языке FORTRAN. Разработанный код построен на модульном принципе, что позволяет легко настроить его на решение широкого круга задач данного класса. Данный код был использован для расчета загрязнения акватории р. Днепр и, в первую очередь, для прогноза глубины проникновения струи аммиака в реку. При проведении вычислительного эксперимента использовались данные, предоставленные проектно-изыскательским институтом «Днепрогипроводхоз» (г. Днепропетровск), а также данные литературных источников – разработок ГИАПа [7]. Расчет выполнен при таких параметрах: средняя скорость течения в р. Днепр на рассматриваемом участке 0,07 м/с; коэффициент скорости 0,5; скорость входа струи аммиака в воду – 10 м/с, давление в АП – 15 ати; глубина реки 29 м; ширина реки – 900 м; концентрация загрязнителя в струе 611 кг/м³; температура аммиака в АП 20 °С; длина расчетной области 85 м. Т.к. АП располагается на высоте 16 м от уровня воды, то за счет торможения воздухом произойдет уменьшение скорости входящей струи. Поэтому расчет также выполнен для меньшей скорости входящей в воду р. Днепр струи аммиака – 7 м/с.

Результаты вычислительного эксперимента показаны на рис. 3 – 7. На данных рисунках представлены изолинии концентрации аммиака в реке для различных моментов времени (здесь представлено распределение концентрации в процентах от концентрации во входящем потоке). Представленные рисунки позволяют выявить динамику формирования зоны загрязне-

ния в акватории в первые секунды после аварии на АП. Отчетливо видно, что формирующаяся в акватории реки зона загрязнения разворачивается за счет взаимодействия двух потоков по аналогии сноса ветром факела загрязнителя, выходящего из устья трубы. На представленных рисунках хорошо видно, что в силу неравномерного течения в реке зона загрязнения существенно вытягивается в сторону течения вблизи поверхности. Уменьшение скорости входящей струи аммиака на 30 % (с 10 м/с до 7 м/с) не привело к существенному уменьшению размеров зоны загрязнения. Так, например, для момента времени $t = 10$ с глубина зоны загрязнения для скорости входа струи 10 м/с составляет величину порядка 22 м, а при скорости входа 7 м/с – порядка 18 м. Формирование данной зоны связано с достаточно большой кинетической энергией входящего в акваторию реки потока аммиака. Таким образом, при аварии произойдет загрязнение акватории р. Днепр практически на большую часть ее глубины (подчеркнем, что расчет сделан для минимального давления в аммиакопроводе на момент аварии).

В заключение отметим, что для расчета задачи потребовалось 10 с компьютерного времени, что позволяет применять построенную модель для проведения серийных прогнозных расчетов.

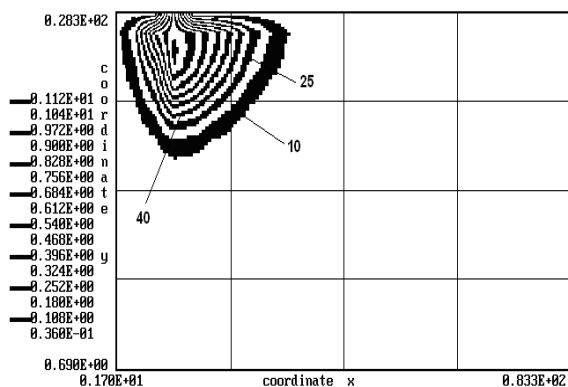


Рис. 3. Зона загрязнения акватории реки, $t = 2$ с (скорость струи аммиака 10 м/с)

Выводы

На основе построенной численной модели проведен вычислительный эксперимент по оценке уровня загрязнения акватории р. Днепр в случае аварийной утечки аммиака при повреждении открытого участка аммиакопровода «Тольятти – Одесса», расположенного над рекой. Основной интерес при моделировании представлял вопрос прогноза глубины проник-

новения загрязнителя в реку. Расчеты показали, что глубина проникновения загрязнителя составит порядка 22 м. Учитывая, что средняя глубина реки на рассматриваемом участке акватории составляет порядка 29...30 м, очевидно, что в случае аварийного повреждения аммиакопровода произойдет интенсивное загрязнение акватории.

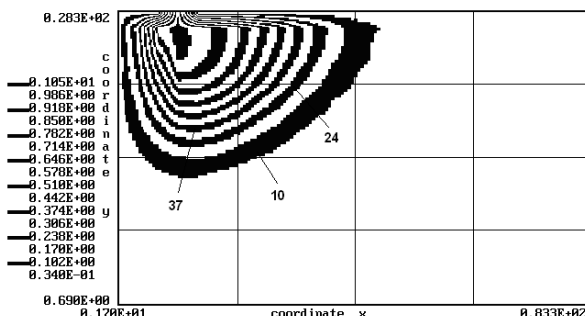


Рис. 4. Зона загрязнения акватории реки, $t = 5$ с (скорость струи аммиака 10 м/с)

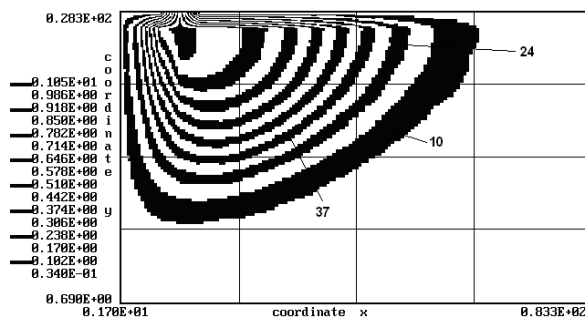


Рис. 5. Зона загрязнения акватории реки, $t = 10$ с (скорость струи аммиака 10 м/с)

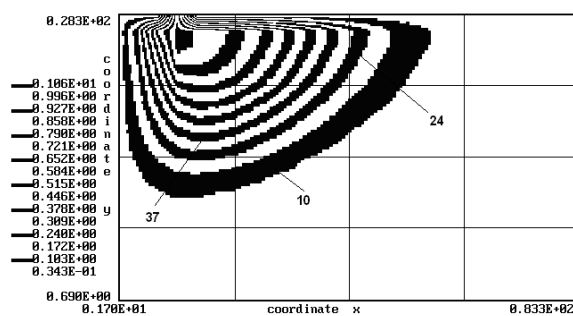


Рис. 6. Зона загрязнения акватории реки, $t = 10$ с (скорость струи аммиака 7 м/с)

Дальнейшее развитие рассмотренного в работе направления необходимо проводить в направлении создания плановой модели рассеивания загрязнителя в русле совместно с моделью рассеивания загрязнителя в атмосфере для комплексной прогнознй оценки последствий аварии на аммиакопроводе «Тольятти – Одесса».

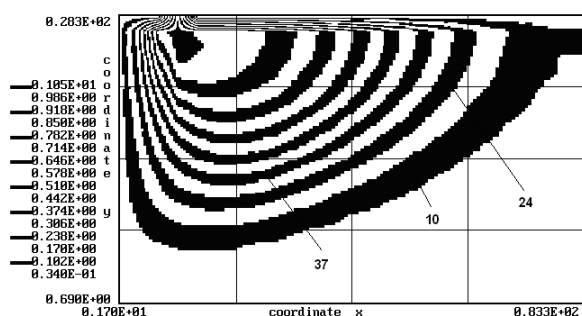


Рис. 7. Зона загрязнения акватории реки,
 $t = 15$ с (скорость струи аммиака 10 м/с)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Караушев, А. В. Сборник задач по гидравлике [Текст]. – Ч. 2 / А. В. Караушев, Н. А. Панчурин. – Л.: Речной транспорт, 1957. – 196 с.
2. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде [Текст] / М. З. Згуровский [и др.] – К.: Наук. думка, 1997. – 368 с.
3. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа [Текст] / Л. Г. Лойцянский. – М.: Наука, 1978. – 735 с.
4. Марчук, Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды [Текст] / Г. И. Марчук. – М.: Наука, 1982. – 320 с.

5. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод [Текст] / под ред. А. В. Караушева. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 285 с.
6. Проникновение аммиака в грунт и его распространение в грунтовых водах [Текст] / С. В. Нерпин [и др.] // Магистральные трубопроводы: Труды ГИАП. – Вып. 51. – М., 1978. – С.43-66.
7. Несвижский, Ф. А. Расчет длины зоны поражения [Текст] / Ф. А. Несвижский, А. П. Потанин, Н. С. Эвенчик // Магистральные аммиакопроводы: Труды ГИАП. – Вып. 51. – М., 1978. – С. 34-43.
8. Основы прогнозирования качества поверхностных вод [Текст]. – М.: Наука, 1982. – 181 с.
9. Самарский, А. А. Теория разностных схем [Текст] / А. А. Самарский. – М.: Наука, 1983. – 616 с.
10. Tedeschi, G. Study of vertical transport of marine aerosol using an unsteady 2D model [Text] / G. Tedeschi // Conf. Abstracts of 31st NATO/SPS Int'l Techn. Meeting on Air Pollution Modelling and Its Application (27 Sept. – 01 Oct. 2010, Torino, Italy). – 2010. – P. 4.9.

Поступила в редколлегию 18.06.2010.

Принята к печати 25.06.2010.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ТОНАЛЬНОЙ РЕЛЬСОВОЙ ЦЕПИ ПЕРЕГОНА

В даній статті проведено порівняльний аналіз методик розрахунків тонального рейкового кола перегону з використанням двох існуючих методик та однієї вдосконаленої.

Ключові слова: тональне рейкове коло перегону, еквівалентний опір, ізоляція баласту, порівняльний аналіз методик розрахунків

В данной статье проведен сравнительный анализ методов расчетов тональной рельсовой цепи перегона с использованием двух существующих и одной усовершенствованной методики.

Ключевые слова: тональная рельсовая цепь перегона, эквивалентное сопротивление, изоляция балласта, сравнительный анализ методов расчетов

In this paper a comparative analysis of computation methods of railway track circuit of tonal frequency on trackside, using two current and one advanced techniques, is made.

Keywords: track circuit of tonal frequency on trackside, equivalent resistance, insulation of ballast, comparative analysis of computation methods

Введение

Рельсовая цепь является основным путевым датчиком систем, с помощью которых регулируется движение на железнодорожных магистралях и обеспечивают при этом высокий уровень безопасности. Работа каждой рельсовой цепи характеризуется определенными строго заданными критериями, которые получают в результате электрического расчета каждого из режимов работы.

В настоящее время тональные рельсовые цепи (ТРЦ) активно эксплуатируются при отсутствии изолирующих стыков (ИС), вследствие чего повышаются их эксплуатационно-экономические характеристики. Для определения критериев работы рельсовой цепи с ИС используют общие, а также основные схемы замещения [1 – 3]. В бесстыковых рельсовых цепях (БРЦ) проблема усугубляется из-за необходимости учета влияния смежных рельсовых цепей (РЦ).

В литературе предложены различные методики, компенсирующие отсутствие стыков [1, 3], при котором необходимо провести перерасчет параметров четырехполюсника рельсовой линии РЦ [1] либо использовать измененную основную схему замещения [2] для расчета.

Анализ проблемы

Одним из вопросов при расчете тональной рельсовой цепи является близость математической модели к ее реально эксплуатируемому

условиям, таким как параметры кабельных и рельсовых линий смежных ТРЦ, выходные сопротивления фильтров ФПУ или ФПМ [4] и др.

Для тональных рельсовых цепей, содержащих один или два ИС, расчеты критериев режимов работы (коэффициенты перегрузки, шунтовой чувствительности, тока локомотивной сигнализации, чувствительности к поврежденному рельсу [5]) значительно упрощаются. Однако, в реальных условиях на перегоне без ИС эксплуатируются все ТРЦ кроме двух, граничащих со станцией. Кроме этого, при наличии короткой смежной рельсовой линии ее аппаратура может вносить изменения в цепь протекания тока утечки, увеличивая его, особенно при несущих частотах 420 и 480 Гц. В данном случае изменяются электрические параметры сигналов на релейных концах даже в ТРЦ с равными плечами, что необходимо учитывать. Таким образом, анализ методов замещения ИС в расчетах является актуальным.

Целью работы является определение оптимальной методики замещения ИС в расчетах ТРЦ, включая существующие методы и метод с наибольшим приближением к реальным условиям эксплуатации.

Расчет по эквивалентным формулам

Методика расчета непосредственно рельсовых цепей тональной частоты без ИС, описанная в [1], предусматривает отсутствие ИС изменением параметров рельсовой линии (РЛ), которые определяются по табл. 1.

Таблица 1

**Расчетные параметры рельсовой линии
нормального режима**

Параметры рельсовой линии	РЛ с ИС	РЛ без ИС
A	$\text{ch}(\gamma l)$	$\text{ch}(\gamma l) + \text{sh}(\gamma l)$
B	$Z_b \text{sh}(\gamma l)$	$Z_b \text{sh}(\gamma l)$
C	$\text{sh}(\gamma l) / Z_b$	$2(\text{ch}(\gamma l) + \text{sh}(\gamma l)) / Z_b$
D	$\text{ch}(\gamma l)$	$\text{ch}(\gamma l) + \text{sh}(\gamma l)$

В табл. 1 приведены такие параметры:

A, B, C, D – параметры РЛ как четырехполюсника;

γ – коэффициент волнового распространения РЛ;

l – длина рельсовой линии;

Z_b – волновое сопротивление РЛ.

Как видно из табл. 1, при отсутствии ИС не учитываются параметры подключения смеж-

ных рельсовых цепей, в том числе расстояние к месту подключения не только рядом находящегося приемника, но и генераторов остальных рельсовых цепей. В данном расчете принимается, что к электрически длинной линии подключается аппаратура питающего и релейного конца. Дополнительно, в этом же источнике приводятся формулы расчета параметров РЛ с учетом ИС либо на питающем (ПК), либо на релейном (РК) конце. Это дает возможность провести расчет шунтового, контрольного режима, режима короткого замыкания и АЛС.

Недостатком методики, использующей вышеприведенные формулы, является отсутствие привязки к конкретным путевым условиям, что в расчете приводит к искажению полученных результатов.

Расчет по измененной схеме

Кроме вышеуказанного способа замещения ИС при эксплуатации бесстыковой ТРЦ, существует методика расчета ТРЦ, основная схема замещения которой приведена в [3] и показана на рис. 1.

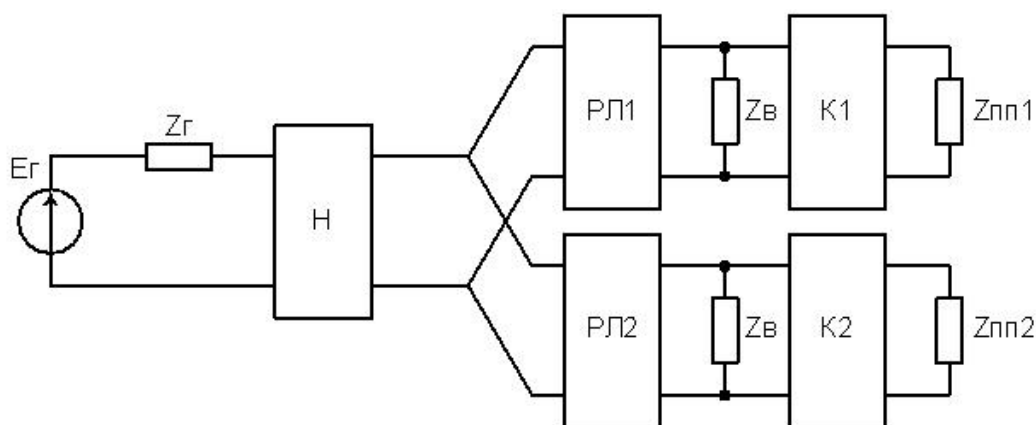


Рис. 1. Схема замещения тональной рельсовой цепи

В данной схеме приняты такие обозначения:

- ЭДС генератора E_G ;
- сопротивление генератора Z_G ;
- четырехполюсник аппаратуры начала рельсовой цепи (питающего конца) H ;
- четырехполюсники рельсовых линий РЛ (параметры из табл. 1, 2-й столбец);
- четырехполюсники аппаратуры конца рельсовой цепи (релейного конца) K ;
- волновое сопротивление Z_b ;
- входное сопротивление путевого приемника $Z_{пп}$.

В 4-полюснике H учтены параметры фильтра, конденсатора АЛС, кабельного сопротивле-

ния, кабеля питающего конца, путевого ящика питающего конца. 4-полюсник РЛ учитывает параметры рельсовой линии как электрического элемента рельсовой цепи. В 4-полюснике K предусмотрены параметры путевого ящика релейного конца, кабельной линии релейного конца, кабельного сопротивления, конденсатора АЛС. Представленная измененная схема замещения дополнительно учитывает отсутствие изолирующих стыков включением волнового сопротивления Z_b параллельно релейному концу расчетной рельсовой цепи, а также включением эквивалентного сопротивления от смежной РЦ с дополнительным волновым сопротивлением.

Аналогично предыдущему методу, не учитывается полностью наличие эквивалентных сопротивлений от подключения ПК и РК аппаратуры смежных и близлежащих ТРЦ, особенно при коротких длинах смежных ТРЦ и длинных расчетных рельсовых цепях, в том числе на низких несущих частотах.

Расчет по реальным условиям

Т.к. ИС относится к системе рельсовой цепи, то для наибольшего приближения к реально существующим условиям эксплуатации при расчете ТРЦ предлагаю использовать основную схему замещения, изображенную на рис. 2:

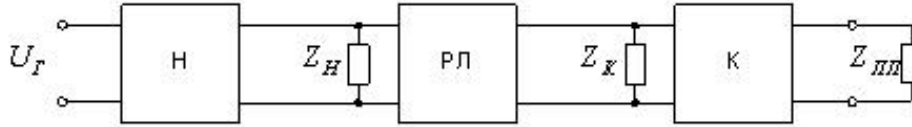


Рис. 2. Основная схема замещения для расчета ТРЦ

На основной схеме замещения (см. рис. 2) Z_H и Z_K – эквивалентные сопротивления (ЭС), которые учитывают включение аппаратуры близлежащих ТРЦ перегона со стороны ПК и РК соответственно. Отличие от существующих методик состоит в оптимальном определении значений ЭС. При этом необходимо учитывать

реальные условия эксплуатации, например, длины рельсовых и кабельных линий и др.

Достаточно важно провести точный расчет Z_H и Z_K для каждого значения сопротивления балласта Z_B , не только при 1 Ом·км и 50 Ом·км (крайние значения для расчета нормального и шунтового режимов). Схема замещения сопротивлений изображена на рис. 3:

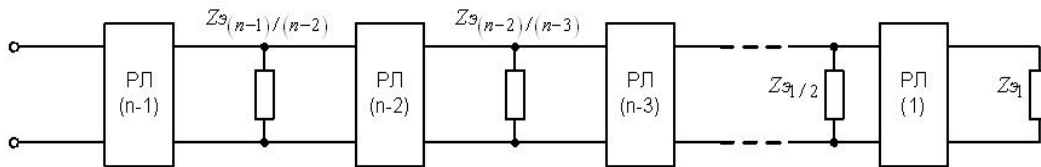


Рис. 3. Схема замещения ЭС Z_H и Z_K

На схеме замещения ИС показано: РЛ($n-1$), РЛ($n-2$), РЛ($n-3$), РЛ(1) – рельсовые цепи со стороны релейного либо релейного конца; $Z_{Э1}$, $Z_{Э1/2}$, $Z_{Э(n-1)/(n-2)}$, $Z_{Э(n-2)/(n-3)}$ – эквивалентные сопротивления от аппаратуры ПК или РК рельсовых цепей перегона.

Определение эквивалентных сопротивлений

Сопротивления Z_H и Z_K , исходя из рис. 3, определяются следующим образом: сначала вычисляется сопротивление, замещающее РЛ(1) с нагрузкой $Z_{Э1}$:

$$\underline{Z}_{\{1\}} = \frac{A_{РЛ(1)} \cdot Z_{Э1} + B_{РЛ(1)}}{C_{РЛ(1)} \cdot Z_{Э1} + D_{РЛ(1)}}. \quad (1)$$

Далее производится вычисление сопротивления, вносимого РЛ(1) и РЛ(2):

$$\underline{Z}_{\{1-2\}} = \frac{A_{РЛ(2)} \cdot \frac{Z_{Э1/2} \cdot \underline{Z}_{\{1\}}}{Z_{Э1/2} + \underline{Z}_{\{1\}}} + B_{РЛ(2)}}{C_{РЛ(2)} \cdot \frac{Z_{Э1/2} \cdot \underline{Z}_{\{1\}}}{Z_{Э1/2} + \underline{Z}_{\{1\}}} + D_{РЛ(2)}}. \quad (2)$$

По формуле (2) производится свертка сопротивлений до значения $\underline{Z}_{\{1-(n-1)\}}$, которое представляет собой Z_K или Z_H и определяется по формуле (3):

$$\underline{Z}_{\{1-(n-1)\}} = \frac{A_{РЛ(n-1)} \cdot \frac{Z_{Э(n-1)/(n-2)} \cdot \underline{Z}_{\{1-(n-2)\}}}{Z_{Э(n-1)/(n-2)} + \underline{Z}_{\{1-(n-2)\}}} + B_{РЛ(n-1)}}{C_{РЛ(n-1)} \cdot \frac{Z_{Э(n-1)/(n-2)} \cdot \underline{Z}_{\{1-(n-2)\}}}{Z_{Э(n-1)/(n-2)} + \underline{Z}_{\{1-(n-2)\}}} + D_{РЛ(n-1)}}, \quad (3)$$

где n – порядковый номер рассчитываемой ТРЦ; в скобках $\{ \}$ указываются номера рельсовых линий, которые учитываются данным сопротивлением (с ЭС от ПК и РК рельсовой цепи).

Оптимизация определения эквивалентных сопротивлений

При наличии на перегоне большого количества ТРЦ усложняется процесс вычисления и значительно увеличивается его громоздкость при отсутствии средств автоматического вычисления. Учитывая вышесказанное, предлагается пошагово изменять количество учитываемых ТРЦ и контролировать изменение определяемой величины ЭС по их соотношению. При превышении заданного соотношения (назовем его ошибкой расчета) необходимо рассчитать эквивалентное сопротивление с учетом большего количества смежных рельсовых цепей. Для сопротивлений Z_H и Z_K , например, первое

приближение $Z_{H[1]}$ и $Z_{K[1]}$ можно описать схемой, показанной на рис. 4.

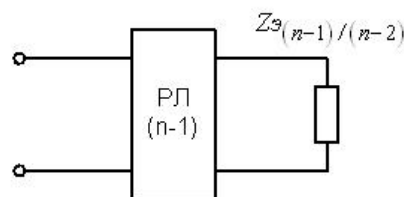


Рис. 4. Первое приближение при расчете сопротивлений, эквивалентное отсутствию ИС

Второе и третье приближения при расчете Z_H описываются схемами, показанными на рис. 5, и рассчитываются по формуле (3).

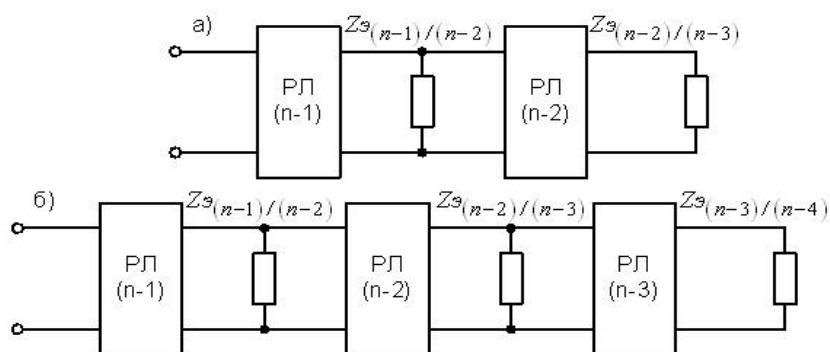


Рис. 5. Второе (а) и третье (б) приближения при расчете Z_H

Во время вычисления приближенных значений строится график амплитудного изменения данных сопротивлений и определяется пошаговая ошибка:

$$\delta_i = \frac{Z_{[i+1]} - Z_{[i]}}{Z_{[i+1]}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где δ_i – ошибка i -го шага расчета; $Z_{[i+1]}, Z_{[i]}$ – i -е и $(i + 1)$ -е приближение ЭС.

Количество приближений в расчете сопро-

тивлений Z_H и Z_K будет минимально необходимым в том случае, когда ошибка i -го шага расчета будет меньше заданного порогового значения и дополнительно проделано не менее 3-х приближений для исключения недостоверности полученных данных.

Значения $Z_{Э}$ (все, кроме $Z_{Э1}$), которые представляют собой эквивалент подключения аппаратуры РК или ПК, определяются из структурной схемы на рис. 6 и вычисляются по формуле (5).

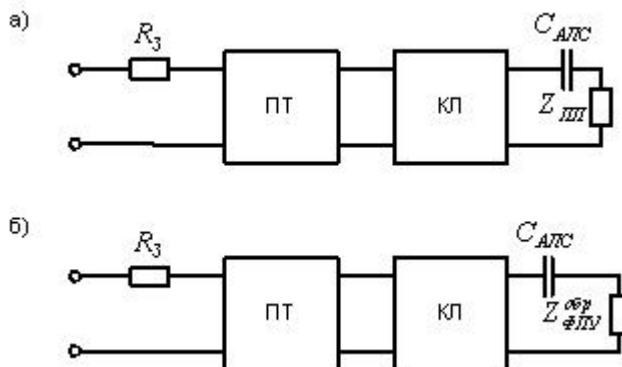


Рис. 6. Структурная схема для определения $Z_{Э}$ РК (а) и ПК (б)

На структурной схеме эквивалентного сопротивления Z_{Σ} (рис. 6) показаны следующие сокращения: ПТ – путевой трансформатор; КЛ – кабельная линия; R_3 – защитное сопротивление; $C_{АЛС}$ – конденсатор автоматической локомотивной сигнализации (АЛС); $Z_{ПТ}$ – сопротивление путевого приемника (составляет 140 Ом при совпадении несущей и модулирующей частоты и 0 Ом в остальных случаях [1, 5]); $Z_{ФПУ}^{обр}$ – обратное входное сопротивление фильтра ФПУ (определяется из [3]). При вы-

числении значений $Z_{\Sigma 1}$ и $Z_{\Sigma (n+k)}$ вместо ПТ и R_3 присутствует дроссель-трансформатор.

$$Z_{\Sigma} = \frac{A_{АП} \cdot Z_{нагр} + B_{АП}}{C_{АП} \cdot Z_{нагр} + D_{АП}}, \quad (5)$$

где $A_{АП}$, $B_{АП}$, $C_{АП}$, $D_{АП}$ – параметры общего 4-полюсника аппаратуры R_3 , ПТ, КЛ, $C_{АЛС}$ и определяются по формуле (6); $Z_{нагр}$ – сопротивление $Z_{ПТ}$ или $Z_{ФПУ}^{обр}$ (в зависимости от подключения ПК или РК).

$$\begin{pmatrix} A_{АП} & B_{АП} \\ C_{АП} & D_{АП} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & R_3 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} A_{ПТ} & B_{ПТ} \\ C_{ПТ} & D_{ПТ} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} A_{КЛ} & B_{КЛ} \\ C_{КЛ} & D_{КЛ} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & -\frac{j}{\omega \cdot C_{АЛС}} \\ 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Сравнительные результаты методик

Ниже в качестве примера приведены расчеты вышеуказанными методами. Исходные данные: количество ТРЦ на перегоне – 27, несущая частота – 420 Гц, модулирующая частота – 8 Гц, длина РЦ – 600 м, количество ТРЦ со сто-

роны ПК и РК – по 13 (использованы данные реального перегона с ТРЦ).

На рис. 7 и 8 показаны графики изменения сопротивлений, эквивалентных отсутствию ИС при крайних значениях изоляции балласта для приближения Z_H и Z_K , соответственно.

В табл. 1 сведены результаты расчетов ТРЦ различными методами.

Таблица 1

Результаты расчетов

	Метод формул источника [1]	Метод схемы замещения из [3]	Метод максимальных приближений
Напряжение генератора, В	3,633	3,712	4,004
Коэффициент перегрузки	1,704	1,844	1,642
Мощность при КЗ, В·А	1,513	1,58	1,519
Коэффициент шунтовой чувствительности на питающем конце	5,801	5,692	5,793
Коэффициент шунтовой чувствительности на релейном конце	4,582	4,584	4,588
Абсолютная шунтовая чувствительность на питающем конце, Ом	0,69	0,406	0,694
Абсолютная шунтовая чувствительность на релейном конце, Ом	0,53	0,193	0,534
Коэффициент чувствительности к поврежденному рельсу	7,8	7,877	7,766

Выводы по работе

Проанализировав расчеты ТРЦ по различным методам замещения ИС можно сказать, что методом максимального приближения к реальным условиям работы в нормальном режиме получено значение напряжения генератора, необходимое для работы рельсовой цепи тональной частоты выше, чем при расчетах другими методами. В результате этого при за-

ниженном напряжении на путевом приемнике может не корректно выполняться работа при низком сопротивлении балласта за счет уменьшения фактического коэффициента запаса на срабатывание. Либо при низком значении сопротивлении изоляции балласта и пониженном напряжении сети питания рельсовая цепь не будет выполнять своей основной функции по определению свободы участка пути. В остальном, все коэффициенты в пределах нормы.

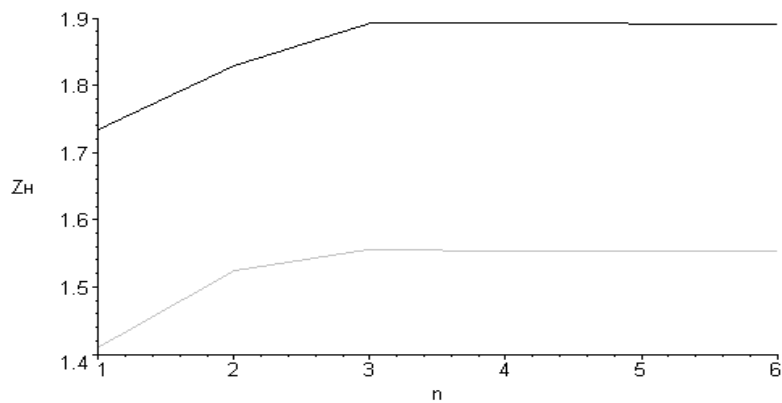


Рис. 7. Зависимость амплитуды сопротивления Z_H от количества приближений при сопротивлении изоляции балласта 1 Ом·км (серый) и 50 Ом·км (черный)

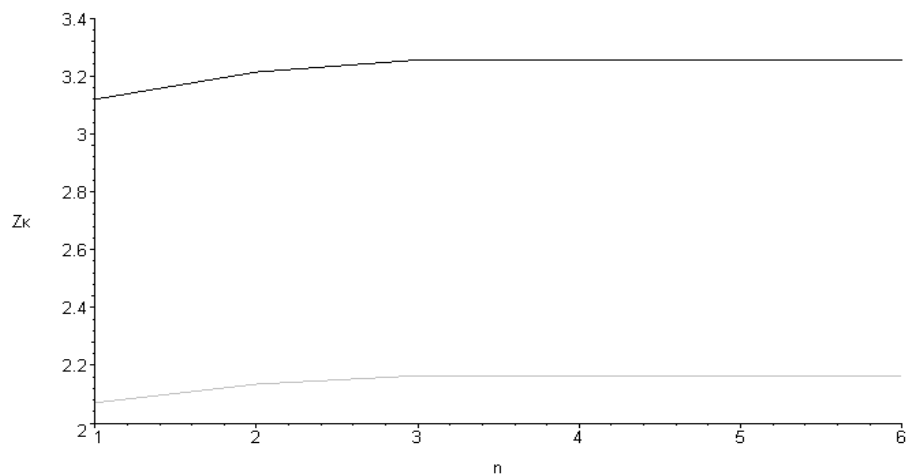


Рис. 8. Зависимость амплитуды сопротивления Z_K от количества приближений при сопротивлении изоляции балласта 1 Ом·км (серый) и 50 Ом·км (черный)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аркатов, В. С. Рельсовые цепи. Анализ работы и техническое обслуживание [Текст] / В. С. Аркатов, Ю. А. Кравцов, Б. М. Степенский. – М.: Транспорт, 1990. – 295 с.
2. Путевая блокировка и авторегулировка [Текст] : учебник для вузов / Н. Ф. Котляренко [и др.]; под ред. Н. Ф. Котляренко. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1983. – 408 с.
3. Кулик, П. Д. Тональные рельсовые цепи в системах ЖАТ [Текст] / П. Д. Кулик, Н. С. Иванкин, А. А. Удовиков. – К.: Изд. дом «Мануфактура», 2004. – 288 с.
4. Практичний посібник з технічного утримання апаратури тональних кіл ЦШ-0041 [Текст]. – К., 2006. – 236 с.
5. Методичні вказівки з експлуатації тональних рейкових кіл ЦЦ-0034 [Текст] / Гол. управління автоматики, телемеханіки та зв'язку. – К.: Вид. дім «Мануфактура». 2004. – 48 с.

Поступила в редколлегию 26.05.2010.

Принята к печати 15.06.2010.

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЇ ВАГОНО-ГОДИН НАКОПИЧЕННЯ ПРИ ВИКОНАННІ ОБМІНУ ГРУП ВАГОНІВ У ДВОГРУПНОМУ ПОЇЗДІ

Запропоновано вирішення задачі визначення економії вагоно-годин простою вагонів у сортувальному парку при застосуванні можливих варіантів технології роботи з двогрупним поїздом на станції обміну груп. Отримано формули для визначення скорочення простою вагонів під накопиченням при застосуванні кожного з варіантів виконання обміну груп вагонів у двогрупному поїзді.

Ключові слова: двогрупний поїзд, сортувальний парк, економія вагоно-годин простою вагонів, обмін груп вагонів

Предложено решение задачи определения экономии вагоно-часов простоя вагонов в сортировочном парке при использовании возможных вариантов технологии работы с двогруппным поездом на станции обмена групп. Получены формулы для определения сокращения простоя вагонов под накоплением при использовании каждого из вариантов выполнения обмена групп вагонов в двогруппном поезде.

Ключевые слова: двогруппный поезд, сортировочный парк, экономия вагоно-часов простоя вагонов, обмен групп вагонов

The solution for a problem of determination of reducing the idle time wagon-hours for wagons in marshalling tracks, using the possible variants of work technology with the double-block train at a station of exchange groups, is proposed. The formulas for determination of reducing the idle time of wagons under accumulation, using each variants of implementing the exchange of wagon groups in the double-block train are obtained.

Keywords: double-block train, marshalling tracks, reducing idle time wagon-hours for wagons, exchange of wagon groups

Вступ

Сучасні умови функціонування залізничного транспорту України спонукають шукати резерви для зменшення витрат на організацію перевізного процесу. Значну роль в організації перевізного процесу займає організація вагонопотоків та технологія обслуговування поїздів. В роботах [1 – 3] значна увага приділяється оперативному формуванню двогрупних поїздів як одному з можливих резервів для зменшення витрат залізниць. Згідно [4] та [5], формування групових поїздів, за певних умов, може призводити до зменшення вагоно-годин накопичення на станції формування. Але, як зазначається в [6], необхідно враховувати інтереси не тільки головної станції, а й станції обміну груп вагонів.

Постановка задачі

Діюча «Інструкція з організації вантажних вагонопотоків ...» [7] передбачає можливість формування багатогрупних поїздів. На рис. 1 наведено графічну формалізацію організації вагонопотоків при формуванні двогрупних поїздів на умовному напрямку з трьома технічними станціями і наступними параметрами:

N_{AB} , N_{BC} , N_{AC} – розміри вагонопотоків відповідних призначень;

K_{BC1} – кількість одногрупних поїздів;

K_{ABC} – кількість двогрупних поїздів.

Відповідно до [7], у сформованому двогрупному поїзді розрізняють «ядро» та відчипну групу вагонів (**ВГВ**). «Ядром» двогрупного поїзда є вагони призначення C , а відчипною групою – вагони призначення B .

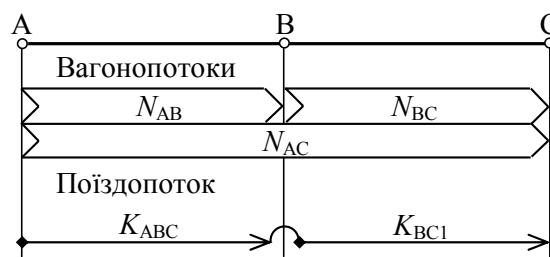


Рис. 1. Графічна формалізація організації вагонопотоків на напрямку

У процесі слідування поїзда на одній зі станцій залізничного напрямку (станція B на рис. 1) виникає необхідність обміну груп вагонів. Технологія виконання обміну груп вагонів розроблена в [8] і передбачає наявність заздалегідь підготовленої причіпної групи вагонів (**ПГВ**) на колії приймально-відправного парку станції. Але на практиці досить часто забезпечити наявність **ПГВ** в приймально-відправному парку до прибуття поїзда неможливо, що при-

зводить до збільшення простою транзитних вагонів. Для уникнення таких ситуацій на станції *B*, при відсутності ПГВ, двогрупний поїзд приймають в парк прийому і розформовують.

При застосуванні кожної з можливих технологій обміну груп вагонів виникають певні зміни у тривалості простою під накопиченням вагонів призначення *C*. Звідси постає задача визначення економії вагоно-годин при виконанні обміну груп вагонів у двогрупному поїзді для кожної з можливих технологій.

Основний матеріал дослідження

Для вирішення поставленої задачі розглянемо процес накопичення на станції *B* вагонів призначення *C* (рис. 2) у випадку їх рівномірного надходження з інтенсивністю λ вагонів/годину.

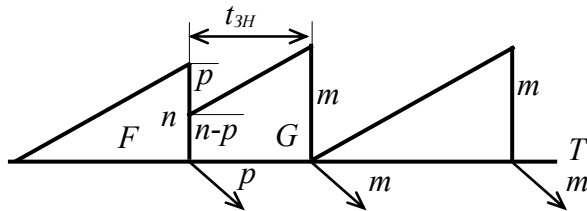


Рис. 2. Процес накопичення на станції *B* вагонів призначення *C*

При формуванні одногрупних поїздів призначення *C* середня тривалість простою під накопиченням одного вагона становить

$$t_H = \frac{m}{2\lambda},$$

а вагоно-години накопичення потоку з N вагонів дорівнюють

$$W_1 = \frac{Nm}{2\lambda}. \quad (1)$$

Стан призначення в деякий поточний момент T_0 можна характеризувати кількістю вагонів n та витратою вагоно-годин їх накопичення F , яка складає

$$F = \frac{n^2}{2\lambda}.$$

Розглянемо технологію, яка передбачає виконання обміну груп вагонів у двогрупному поїзді в прийнятно-відправному парку.

При прибутті двогрупного поїзда, до складу якого включається p вагонів призначення *C* (за умов: $p \leq n$; $p = m_{ПГВ}$; $m_{ВГВ} = m_{ПГВ}$), на сортувальній колії залишається $(n - p)$ вагонів, які вхо-

дять до складу наступного одногрупного поїзда. Тривалість завершення накопичення цього поїзда у середньому дорівнює

$$t_{3H} = \frac{m - (n - p)}{\lambda},$$

а вагоно-години накопичення становлять

$$G = \frac{(m + n - p)(m - n + p)}{2\lambda}.$$

Решта потоку у кількості $(N - p - m)$ вагонів відправляється в наступних одногрупних поїздах і має таку кількість вагоно-годин накопичення

$$W_p = \frac{(N - p - m)m}{2\lambda}.$$

Таким чином, при виконанні обміну груп у двогрупному поїзді і включенні до його складу p вагонів, загальний простій вагонів призначення *C* під накопиченням складає

$$W_2 = F + G + W_p = \frac{n^2 + (m + n - p)(m - n + p) + (N - p - m)m}{2\lambda}. \quad (2)$$

Економія вагоно-годин накопичення призначення *C* внаслідок виконання обміну груп у двогрупному поїзді (у подальшому економія простою) становить

$$E_w = W_1 - W_2. \quad (3)$$

Після підстановки в останнє складових (1) та (2) і алгебраїчних перетворень отримаємо:

$$E_w = \frac{p(m - 2n + p)}{2\lambda}. \quad (4)$$

Величина $z = (m - 2n + p)$ в (4) являє собою деяку розрахункову кількість вагонів, а відношення

$$t_z = \frac{z}{\lambda} \quad (6)$$

відповідає тривалості їх накопичення. Тоді економія простою вагонів може бути розрахована як

$$E_w = \frac{pt_z}{2}. \quad (7)$$

Розглянемо приклад визначення E_w . Якщо до складу двогрупного поїзда ($m = 50$ ваг.) необхідно включити $p = 20$ вагонів, а на колії призначення *C* знаходиться $n = 30$ вагонів, то,

згідно з (5), розрахункова кількість вагонів дорівнює $z = 50 - 2 \cdot 30 + 20 = 10$. Тривалість їх накопичення, при $\lambda = 8$ ваг./год, становить

$$t_z = \frac{10}{8} = 1,25 \text{ год.}$$

Економія простою згідно з (7) дорівнює

$$E_w = \frac{20 \cdot 1,25}{2} = 12,5 \text{ вагоно-год.}$$

З метою аналізу аналогічним чином викона- ні розрахунки E_w для інших величин p та n (за умови $p \leq n$), результати яких наведені в табл. 1 і в графічному вигляді на рис. 3.

Таблиця 1

n	$E_w = f(p, n)$								
	p								
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
5	14,1	—	—	—	—	—	—	—	—
10	10,9	25	—	—	—	—	—	—	—
15	7,8	18,8	32,8	—	—	—	—	—	—
20	4,7	12,5	23,4	37,5	—	—	—	—	—
25	1,6	6,3	14,1	25	39,1	—	—	—	—
30	-1,6	0	4,7	12,5	23,4	37,5	—	—	—
35	-4,7	-6,3	-4,7	0	7,8	18,8	32,8	—	—
40	-7,8	-12,5	-14,1	-12,5	-7,8	0	10,9	25	—
45	-10,9	-18,8	-23,4	-25	-23,4	-18,8	-10,9	0	14,1

Отримані результати показують, що вико- нання обміну груп у двогрупних поїздах через приймально-відправний парк може приводити як до зменшення, так і до збільшення простою вагонів певного призначення під накопичен- ням. Наявність економії залежить від величини ПГВ та «ядра» двогрупного поїзда, стану при- значення та інтенсивності надходження ваго- нів. Найбільша економія простою може бути отримана, коли до складу двогрупного поїзда включаються усі наявні вагони призначення, тобто при $p = n$, а максимальна економія дося- гається при $p = n = m/2$. Зменшення p відносно n , тобто зростання залишку вагонів у кількості $(n - p)$, зменшує економію простою, а у випад- ках, коли $z < 0$ може приводити до зростання простою порівняно з відсутністю на станції двогрупного поїзда.

Розглянемо технологію, яка передбачає прийом двогрупного поїзду в парк прийому для розформування. Після розпуску состава на при- значення C надходить «ядро» двогрупного по- їзда у кількості m_y вагонів. Надходження додат-

кової кількості вагонів переводить призначення C в один з можливих станів:

- стан 1 – кількість вагонів дорівнює або бі- льша ніж склад поїзда, тобто $n + m_y \geq m$. Це дозволяє формувати черговий состав;
- стан 2 – кількість вагонів менша ніж склад поїзда, тобто $n + m_y < m$. Процес накопи- чення повинен продовжуватися.

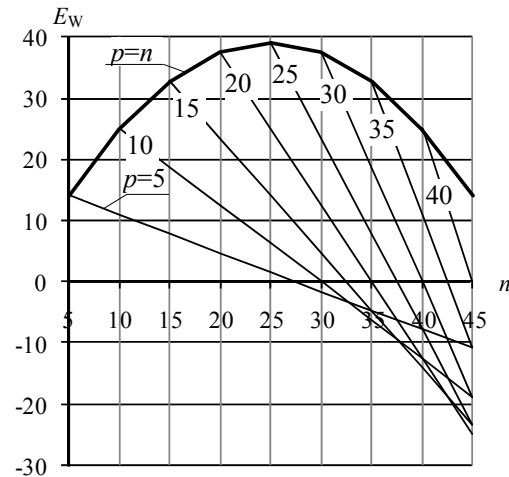


Рис. 3. Залежність економії простою від факторів, що впливають

Розглянемо процес накопичення вагонів призначення C для стану 1, який у графічному вигляді наведено на рис. 2 (за умови $p = m - m_y$).

У випадку, коли $n + m_y \geq m$, на колії сорту- вального парку достатньо вагонів для форму- вання состава, до складу якого включається $p = m - m_y$ вагонів. Оскільки $p = m - m_y = m_{ПГВ}$, то формули та розрахунки з визначення еконо- мії простою вагонів аналогічні тим, які отрима- ні для технології обміну груп вагонів через приймально-відправний парк.

Розглянемо процес накопичення вагонів призначення C для стану 2, який у графічному вигляді наведено на рис. 4 (за умови $p = m_y$).

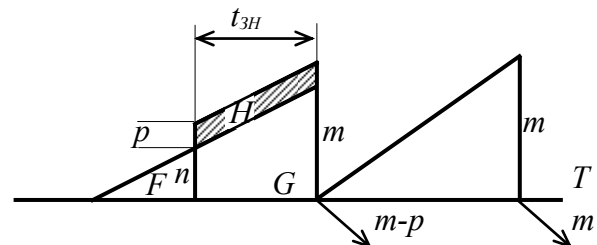


Рис. 4. Процес накопичення на станції B вагонів призначення C за умови $n + m_y < m$

У випадку, коли $n + m_y < m$, тривалість заве- ршення накопичення даного поїзда у середньо- му дорівнює

$$t_{3H} = \frac{m - p - n}{\lambda},$$

а вагоно-години простою під накопиченням вагонів «ядра» становлять

$$H = \frac{p(m - p - n)}{\lambda}. \quad (8)$$

Вагони, які надходять за період t_{3H} , будуть мати наступні вагоно-години простою під накопиченням:

$$G = \frac{(m - p + n)(m - p - n)}{2\lambda}.$$

Решта потоку у кількості $(N - (m - p))$ вагонів відправляється в наступних поїздах і має таку кількість вагоно-годин накопичення:

$$W_p = \frac{(N - (m - p))m}{2\lambda}.$$

Таким чином, загальний простій вагонів призначення C під накопиченням, без урахування вагонів «ядра» двогрупного поїзда, складає

$$W_2 = F + G + W_p = \frac{p^2 - m \cdot p + N \cdot m}{2\lambda}. \quad (9)$$

Отже економія простою для призначення C , після підстановки в формулу (3) складових (1) та (9) і алгебраїчних перетворень, визначається:

$$E_w = \frac{p(m - p)}{2\lambda}. \quad (10)$$

Величина $z = (m - p)$ в (10) являє собою деяку розрахункову кількість вагонів. Тривалість накопичення z вагонів та економія їх простою E_w можуть бути визначені за формулами (6) та (7).

Загальна економія простою для призначення C в цілому зменшується за рахунок додаткової простою вагонів «ядра» двогрупного поїзда і може бути визначена як

$$E_w^{\text{заг}} = E_w - H. \quad (11)$$

Підставивши в (11) відповідні складові (8) та (10) і алгебраїчних перетворень отримаємо

$$E_w^{\text{заг}} = \frac{p(p + 2n - m)}{2\lambda}.$$

Розглянемо приклад визначення $E_w^{\text{заг}}$ за умови $n + m_j < m$. Якщо на колії призначення C знаходиться $n = 20$ вагонів, а після розформу-

вання двогрупного поїзда надійшло $m_j = 25$ вагонів, то економія простою складе

$$E_w^{\text{заг}} = \frac{25(25 + 2 \cdot 20 - 50)}{2 \cdot 8} = 23,4 \text{ вагоно-год.}$$

З метою аналізу аналогічним чином виконані розрахунки $E_w^{\text{заг}}$ для інших величин m_j та n , результати яких наведені в табл. 2 і в графічному вигляді на рис. 5.

Отримані результати показують, що надходження додаткової групи вагонів на окреме призначення може приводити як до зменшення, так і до збільшення простою вагонів під накопиченням.

Наявність економії залежить від величини «ядра» двогрупного поїзда, стану призначення та інтенсивності надходження вагонів. Найбільша економія простою може бути отримана за умови $m_j = n$.

Таблиця 2

n	$E_w^{\text{заг}} = f(p, n)$								
	p								
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
5	-10,9	-18,8	-23,4	-25	-23,4	-18,8	-10,9	0	—
10	-7,8	-12,5	-14,1	-12,5	-7,8	0	10,9	—	—
15	-4,7	-6,3	-4,7	0	7,8	18,8	—	—	—
20	-1,6	0	4,7	12,5	23,4	—	—	—	—
25	1,6	6,3	14,1	25	—	—	—	—	—
30	4,7	12,5	23,4	—	—	—	—	—	—
35	7,8	18,8	—	—	—	—	—	—	—
40	10,9	—	—	—	—	—	—	—	—
45	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Зменшення m_j відносно n зменшує економію простою, а у випадках, коли $z < 0$ може приводити до зростання простою порівняно з відсутністю на станції двогрупного поїзда.

Виконані дослідження показують вплив величини «ядра» двогрупного поїзда на тривалість простою вагонів призначення C під накопиченням. Для вибору раціональної технології обслуговування двогрупного поїзда на станції обміну груп необхідно враховувати загальний простій вагонів «ядра», тобто від моменту прибуття до моменту відправлення зі станції, але дана задача потребує окремого дослідження.

Висновки

1. Необхідність виконання операцій з обміну груп вагонів на технічних станціях за певних

умов скорочує вагоно-години простою вагонів під накопиченням незалежно від технології виконання обміну груп.

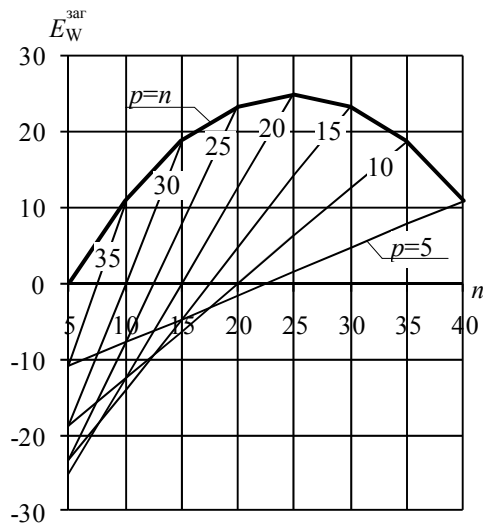


Рис. 6. Залежність економії простою від впливаючих факторів за умови $n + m_a < m$

2. Економія вагоно-годин накопичення внаслідок виконання обміну груп вагонів у двогрупному поїзді залежить від стану призначення, складу двогрупного поїзда та характеру надходження вагонів.

3. Для розрахунку величини економії вагоно-годин накопичення при застосуванні кожної з можливих технологій виконання обміну груп вагонів отримано відповідні формули.

4. Отримані формули можуть бути застосовані для дослідження та визначення умов використання кожного з варіантів при оперативній технології обслуговування двогрупних поїздів на станції обміну груп.

БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бородин, А. Ф. Об управлении вагонопотоками с учетом условий их подхода [Текст] / А. Ф. Бородин // Вестник ВНИИЖТ. – 1984. – № 7. – С. 4-9.
2. Бородин, А. Ф. Управление вагонопотоками в современных условиях [Текст] / А. Ф. Бородин // Ж.д. трансп. – 1996. – № 5. – С. 10-15.
3. Окипный, Л. Д. Эффективность оперативной организации вагонопотоков [Текст] / Л. Д. Окипный, В. А. Покавкин // Ж.д. трансп. – 1985. – № 11. – С. 13-16.
4. Божко, М. П. Розрахунок економії вагоно-годин накопичення вагонів при формуванні двогрупних поїздів [Текст] / М. П. Божко, О. О. Мазуренко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 21. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 219-222.
5. Кривошей, Б. О. Дослідження процесу накопичення вагонів при переміщенні дільничного потоку збірними поїздами [Текст] / Б. О. Кривошей, П. О. Яновський // Заліз. трансп. України. – 2010. – № 6. – С. 46-49.
6. Божко, М. П. Аналіз впливу оперативного формування двогрупних поїздів на окремі показники експлуатаційної роботи [Текст] / М. П. Божко, О. О. Мазуренко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 32. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 230-236.
7. Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України [Текст] : Затв.: Наказ Мінтрансу та зв'язку України 29.12.04 № 1028-ЦЗ / Мін-во трансп. та зв'язку України. – К., 2005. – 100 с.
8. Типовой технологический процесс работы сортировочной станции [Текст] : Утв.: Мин-во путей сообщения СССР 13.06.86 / Мин-во путей сообщения СССР. – М., 1988. – 240 с.

Поступила в редколлегию 12.04.2010.

Принята к печати 28.04.2010.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ С ПОМОЩЬЮ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЯДОВ

Пропонується алгоритм моделювання істотно нелінійних процесів – «чорних ящиків» – за допомогою функціональних рядів. Алгоритм описаний на прикладі моделювання складних коливань, що зустрічаються в акустичній дефектоскопії.

Ключові слова: нелінійний процес, функціональний ряд, акустична дефектоскопія

Предлагается алгоритм моделирования существенно нелинейных процессов – «черных ящиков» – с помощью функциональных рядов. Алгоритм описан на примере моделирования сложных колебаний, встречаемых в акустической дефектоскопии.

Ключевые слова: нелинейный процесс, функциональный ряд, акустическая дефектоскопия

The algorithm of modeling the significantly nonlinear processes – «black boxes» – is offered. It uses functional series. The algorithm is described on the example of modeling of complex oscillations, which occur in acoustic flaw detection.

Keywords: nonlinear process, functional series, acoustic flaw detection

Многим функционирующим системам характерно свойство нелинейного преобразования входных воздействий. Линеаризация нелинейностей приводит обычно к удовлетворительным результатам только в узком диапазоне изменения входных сигналов, а линейная модель часто не отражает существенных свойств исследуемого объекта. При формализации закономерностей функционирования нелинейных систем можно использовать, как и в случае линейных систем, два основных типа математических моделей – модели «вход – выход» и модели в пространстве состояний. Напомним, что уравнения, показывающие взаимосвязь между значениями входных и выходных сигналов, образуют модель «вход – выход» – модель «черного ящика». Когда поведение системы описывается через обобщенные (фазовые) координаты в фазовом пространстве, то соответствующие уравнения представляют модель в пространстве состояний.

Многообразие видов нелинейностей и их структурных представлений (или отсутствие таких представлений) значительно затрудняет получение моделей нелинейных систем в пространстве состояний. Существует широкий класс объектов, для которых построение линеаризованной модели или модели в пространстве состояний не имеет смысла по причине отсутствия информации об их структуре. Такие объекты должны анализироваться как существенно нелинейные.

Для наглядности рассмотрим достаточно сложный и существенно нелинейный колеба-

тельный процесс, который возникает при дефектоскопии слоистых материалов с помощью акустического метода. Данный метод основан на возбуждении свободно затухающих упругих колебаний в контролируемом изделии. Следовательно, вся информация о состоянии контролируемой структуры заложена в импульсной переходной характеристике, рассматриваемой как реакция на однократный механический ударный импульс. Данная характеристика включает в себе комбинацию колебаний точки приложения импульса и окружающей среды (например, в условиях проведения экспериментов, описанных в работе [1]). Поэтому представляет собой характеристикой существенно нелинейного колебательного процесса с неизвестной структурой. Справедливость такого вывода подтвердили многочисленные апробации известных способов моделирования в пространстве состояний по результатам натурных экспериментов на образце «резина – сталь».

Для получения информации о качестве контролируемого изделия нужно анализировать экспериментально полученную импульсно переходную характеристику. Наиболее распространенным является метод частотного анализа [1], который дает примерно 60 % надежности.

В данной работе для получения дополнительной информации о качестве контролируемого изделия предлагается использовать метод математического моделирования. По выше приведенной причине, для этого наиболее подходящими являются модели типа «вход – выход» – модели «черного ящика». Эти модели

описывают взаимосвязь между непосредственными значениями входных и выходных сигналов и не претендуют на раскрытие глубоких механизмов описываемых процессов. В нашем случае входным сигналом является удар, который приближенно можно считать импульсным сигналом. Так как однократный механический удар отличается от идеального импульсного сигнала, то реакцию объекта нельзя рассматривать как импульсную переходную функцию. В таком случае самой простой и в то же время достаточно общей является модель «черного ящика» в виде функционального ряда Вольтерра, которая часто применяется для моделирования достаточно сложных технологических процессов [2, 3].

Пусть $u(t)$ – входной сигнал (функция, описывающая удар), а $x(t)$ – выходной сигнал (реакция исследуемого образца на удар). Тогда процесс колебания можно описать функциональным рядом Вольтерра (модель Вольтерра)

$$\begin{aligned} x(t) = & \omega_0 + \int_0^\infty \omega_1(\tau_1)u(t-\tau_1)d\tau_1 + \\ & + \int_0^\infty \int_0^\infty \omega_2(\tau_1, \tau_2)u(t-\tau_1)u(t-\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 + \dots + \\ & + \int_0^\infty \dots \int_0^\infty \omega_k(\tau_1 \dots \tau_k) \prod_{i=1}^k u(t-\tau_i) \prod_{j=1}^k d\tau_j \dots, \end{aligned} \quad (1)$$

где ω_0 – составляющая выходного сигнала, не обусловленного входным воздействием; $\omega_1(\tau_1), \omega_2(\tau_1, \tau_2), \dots, \omega_k(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k)$ – обобщенные весовые функции, которые обладают свойствами весовой функции $\omega(t)$ в линейной модели

$$x(t) = \int_0^\infty \omega(\tau)u(t-\tau)d\tau. \quad (2)$$

Именно:

- а) $\omega_k(\tau_1 \dots \tau_k) = 0$, если $\tau_j < 0$, $j \in \{1, \dots, k\}$,
 $i = 1, \dots, k, \dots$;
- б) $\lim_{\tau_j \rightarrow \infty} \omega_i(\tau_1 \dots \tau_i) = 0$, где $j \in \{1, \dots, i\}$,
 $i = 1, \dots, k, \dots$.

Таким образом, модель (1) можно рассмотреть как обобщение модели (2) линейного объекта. Начиная с третьего все последующие слагаемые в формуле (1) несут информацию о нелинейности объекта. В прикладных задачах обычно используются первые три члена ряда

(1) [2, 4], т.е. нелинейная составляющая объекта выражается весовой функцией $\omega_2(\tau_1, \tau_2)$:

$$\begin{aligned} x(t) = & \omega_0 + \int_0^\infty \omega_1(\tau_1)u(t-\tau_1)d\tau_1 + \\ & + \int_0^\infty \int_0^\infty \omega_2(\tau_1, \tau_2)u(t-\tau_1)u(t-\tau_2)d\tau_1 d\tau_2. \end{aligned} \quad (3)$$

Требуется по результатам измерений входного и выходного сигналов ($u^3(t)$, $x^3(t)$) определить (идентифицировать) параметр ω_0 и весовые функции $\omega_1(\tau_1)$, $\omega_2(\tau_1, \tau_2)$.

Отметим, что непосредственное решение этой задачи с точки зрения математических методов является громоздким и как следствие, приводит к относительно не точным результатам. Поэтому предлагается параметризовать функции $\omega_1(\tau_1)$, $\omega_2(\tau_1, \tau_2)$. Для этого достаточно их представить в виде разложения по заданной системе опорных весовых функций. Учитывая свойства а), б) функций $\omega_1(\tau_1)$, $\omega_2(\tau_1, \tau_2)$, систему опорных весовых функций можно составить из функций, обладающих такими же свойствами.

Обозначим через $\varphi_1(t)$, $\varphi_2(t)$, ..., $\varphi_n(t)$ систему опорных весовых функций. Тогда функции $\omega_1(\tau_1)$, $\omega_2(\tau_1, \tau_2)$ можно представить в виде:

$$\omega(\tau_1) = \sum_{i=1}^n c_i \varphi_i(\tau_1),$$

$$\omega(\tau_1, \tau_2) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} \varphi_i(\tau_1) \varphi_j(\tau_2). \quad (4)$$

Тогда модель (3) получает вид:

$$x(t) = \omega_0 + \sum_{i=1}^n c_i y_i(t) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} y_i(t) y_j(t), \quad (5)$$

где

$$y_i(t) = \int_0^\infty \varphi_i(\tau)u(t-\tau)d\tau \quad (6)$$

– реакция линейного составляющего объекта с весовой функцией $\varphi_i(t)$ на входной сигнал $u(t)$. Отметим, что из-за симметрии в двойных суммах (см. формулы (4), (5)) можно взять $i \geq j = 1, \dots, n$. Это существенно уменьшит число идентифицируемых параметров ω_0 , c_i , c_{ij} , которое теперь равно

$$1 + n + \frac{1}{2}n(n+1).$$

Таким образом, задача определения функций $\omega_1(\tau_1), \omega_2(\tau_1, \tau_2)$ сводится к задаче параметрической идентификации.

В качестве критерия идентификации можно взять интегральную невязку

$$V(\omega_0, c_i, c_{ij}) = \int_0^T [x(t) - x^3(t)]^2 dt = \int_0^T [\omega_0 + \sum_{i=1}^n c_i y_i^3(t) + \sum_{i \geq j=1}^n c_{ij} y_i^3(t) y_j^3(t) - x^3(t)]^2 dt,$$

где (см. (6))

$$y_i^3(t) = \int_0^T \varphi_i(t) u^3(t - \tau) d\tau,$$

а T – время наблюдения за процессом колебания.

Для определения параметров ω_0, c_i, c_{ij} нужно решить задачу безусловной оптимизации

$$V(\omega_0, c_i, c_{ij}) \rightarrow \min.$$

Т.к. функция $V(\omega_0, c_i, c_{ij})$ квадратичная, минимальное значение она достигает в стационарной точке, определяемой из условий

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial \omega_0} V(\omega_0, c_i, c_{ij}) = 0, \\ \frac{\partial}{\partial c_i} V(\omega_0, c_i, c_{ij}) = 0, i = 1, \dots, n, \\ \frac{\partial}{\partial c_{ij}} V(\omega_0, c_i, c_{ij}) = 0, i \geq j = 1, \dots, n. \end{cases}$$

Отсюда, для определения параметров ω_0, c_i, c_{ij} получаем систему линейных алгебраических уравнений

$$\begin{cases} \omega_0 T + \sum_{i=1}^n r_i c_i + \sum_{i \geq j=1}^n r_{ij} c_{ij} = d_0, \\ \omega_0 r_{km} + \sum_{i=1}^n r_{ikm} c_i + \sum_{i \geq j=1}^n r_{ijkm} c_{ij} = d_{km}, \\ k \geq m = 1, \dots, n, \\ \omega_0 r_m + \sum_{i=1}^n r_{im} c_i + \sum_{i \geq j=1}^n r_{ijm} c_{ij} = d_m, m = 1, \dots, n, \end{cases} \quad (7)$$

где

$$r_i = \int_0^T y_i^3(t) dt, i = 1, \dots, n,$$

$$r_{ij} = \int_0^T y_i^3(t) y_j^3(t) dt, i \geq j = 1, \dots, n,$$

$$r_{ijk} = \int_0^T y_i(t) y_j(t) y_k(t) dt,$$

$$i \geq j = 1, \dots, n, k = 1, \dots, n,$$

$$r_{ijkm} = \int_0^T y_i(t) y_j(t) y_k(t) y_m(t) dt,$$

$$i \geq j = 1, \dots, n, k \geq m = 1, \dots, n,$$

$$d_0 = \int_0^T x^3(t) dt, d_k = \int_0^T y_k(t) x^3(t) dt, k = 1, \dots, n,$$

$$d_{km} = \int_0^T y_k(t) y_m(t) x^3(t) dt, k \geq m = 1, \dots, n.$$

Если $\omega_0^0, c_i^0, c_{ij}^0$ – решение системы (7), то

$$\begin{aligned} V_{\min} &= (\omega_0^0)^2 T + \sum_{i \geq j=1}^n c_i^0 c_j^0 r_{ij} + \int_0^T (x^3(t))^2 dt + \\ &+ \sum_{i \geq j=1}^n \sum_{k \geq m=1}^n c_{ij}^0 c_{km}^0 r_{ijkm} + 2\omega_0^0 \sum_{i \geq j=1}^n c_i^0 r_i + \\ &+ 2(\omega_0^0)^2 \sum_{i \geq j=1}^n c_{ij}^0 r_{ij} - 2\omega_0^0 d_0 + \\ &+ 2 \sum_{i \geq j=1}^n \sum_{m=1}^n c_{ij}^0 c_m^0 r_{ijm} - 2 \sum_{i=1}^n c_i^0 d_i - 2 \sum_{i \geq j=1}^n c_{ij}^0 d_{ij}. \end{aligned}$$

При практической реализации приведенной процедуры моделирования точность конечного результата существенно зависит от нескольких факторов:

- Во-первых, это удачная аппроксимация входного импульсного сигнала (удара)

$$u(t) = N\delta(t),$$

где $\delta(t)$ – функция Дирака, N – интенсивность сигнала. Тогда

$$y_i^3(t) = \varphi_i(t), i = 1, \dots, n.$$

На практике часто используются другие способы аппроксимации импульсного сигнала. Приведем некоторые из них:

$$a) \quad u(t) = \frac{N\alpha}{\sqrt{\pi}} e^{-\alpha^2 t^2}. \quad (8)$$

где α – достаточно большое число. Тогда

$$y_i^3(t) = \frac{N\alpha}{\sqrt{\pi}} \int_0^T \varphi_i(\tau) e^{-\alpha^2(t-\tau)^2} d\tau, i=1, \dots, n;$$

$$\text{б) } u(t) = \frac{N\alpha}{\pi(\alpha^2 t^2 + 1)},$$

где α – достаточно большое число. Тогда

$$y_i^3(t) = \frac{N\alpha}{\pi} \int_0^T \varphi_i(\tau) \frac{1}{\alpha^2(t-\tau)^2 + 1} d\tau, i=1, \dots, n;$$

$$\text{в) } u(t) = \begin{cases} \frac{4Nt}{h^2} & \text{при } 0 \leq t \leq \frac{h}{2}, \\ \frac{4N(h-t)}{h^2} & \text{при } \frac{h}{2} \leq t \leq h, \end{cases}$$

где h – достаточно малое число. Тогда

$$y_i^3(t, h) = \int_{t-\frac{h}{2}}^t \varphi_i(\tau) \frac{4N(t-\tau)}{h^2} d\tau + \int_{t-h}^{t-\frac{h}{2}} \varphi_i(\tau) \frac{4N(h-t+\tau)}{h^2} d\tau, i=1, \dots, n.$$

- Во-вторых, это удачный выбор системы опорных весовых функций $\varphi_1(t), \varphi_2(t), \dots, \varphi_n(t)$. Их можно выбрать в зависимости от природы и свойств моделируемых процессов.

Для численных расчетов были использованы результаты экспериментов на образце «резина – сталь», представленные одним из авторов работы [1] и аппроксимация (8). Опорные весовые функции выбирались двумя способами. Сначала, при $n=5$ в качестве функций $\varphi_1(t), \varphi_2(t), \dots, \varphi_n(t)$ выбирались экспериментально полученные реакции заведомо бездефектных участков на входной импульсный сигнал. В этом случае были получены следующие результаты:

$0,23 \cdot 10^{-4} \leq V_{\min} \leq 0,84 \cdot 10^{-4}$ – для бездефектных участков;

$0,42 \cdot 10^{-3} \leq V_{\min} \leq 0,45 \cdot 10^{-3}$ – для дефектных участков.

Как видно из этих результатов, значения невязки моделирования $V_{\min}$ для бездефектных участков существенно (примерно на порядок меньше) отличается от ее значений для дефектных участков.

Примерно такой же результат получен в случае, когда в качестве опорных весовых

функций $\varphi_1(t), \varphi_2(t), \dots, \varphi_n(t)$ были применены импульсные переходные характеристики колебательного процесса второго порядка при различных значениях коэффициента затухания

$$\xi_1 = 0,01; \xi_2 = 0,02; \xi_3 = 0,03; \xi_4 = 0,04; \\ \xi_5 = 0,05;$$

$$\varphi_i(t) = \frac{N\omega}{\sqrt{1-\xi_i^2}} e^{\xi_i \omega t} \sin(\omega t \sqrt{1-\xi_i^2}),$$

где ω – частота собственного колебания. В этом случае были получены следующие результаты:

$V_{\min} \cong 0,35 \cdot 10^{-4}$ – для бездефектных участков;

$V_{\min} \cong 0,46 \cdot 10^{-3}$ – для дефектных участков.

Результаты численных расчетов в обоих случаях получены при аппроксимации (8). Таким образом, модель (3) достаточно точно описывает процесс акустического колебания в композитном изделии в смысле малости невязки $V_{\min}$.

Кроме того, невязка $V_{\min}$ может быть использована как информативный параметр при дефектоскопии узлов промышленных объектов акустическим методом. На железнодорожном транспорте данный метод дефектоскопии применяется, например, при диагностике рельсов для обнаружения трещин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мозговой, А. Г. Фазочастотный акустический метод дефектоскопии слоистых изделий из полимерного материала [Текст] / А. Г. Мозговой, А. М. Ахметшин, Д. А. Рапопорт // Дефектоскопия. – 1988. – № 4.
2. Каминскас, В. Идентификация динамических систем по дискретным наблюдениям [Текст] / В. Каминскас. – Вильнюс: Мокслас, 1985. – 152 с.
3. Растринин, Л. А. Введение в идентификацию объектов управления [Текст] / Л. А. Растринин, Н. Е. Маджаров. – М.: Энергия, 1977. – С. 214.
4. Александровский, Н. М. Адаптивные системы автоматического управления сложными технологическими процессами [Текст] / Н. М. Александровский, С. В. Егоров, Р. Е. Кузин. – М.: Энергия, 1973. – 272 с.

Поступила в редколлегию 11.03.2010.

Принята к печати 23.03.2010.

СТРУКТУРНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПРИ ВІДПУСКУ ХОЛОДНОДЕФОРМОВАНОЇ ВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ

У статті розглянуто питання стосовно впливу ступеню пластичної деформації та наступного відпуску на структуру та напруження течії в області мікротекучості попередньо покращених вуглецевих сталей. Проведено оцінку зміцнення сталей від впливу розміру зерна фериту та часток другої фази.

Ключові слова: холоднодеформована вуглецева сталь, пластична деформація, відпуск, структура, напруження течії, зерно фериту, друга фаза

В статье рассмотрены вопросы относительно влияния величины пластической деформации и последующего отпуска на структуру и напряжение течения в области микротекучести предварительно улучшенных углеродистых сталей. Проведена оценка упрочнения сталей от влияния размера зерна феррита и частиц второй фазы.

Ключевые слова: холоднодеформированная углеродистая сталь, пластическая деформация, отпуск, структура, напряжение течения, зерно феррита, вторая фаза

The influence of parameters of degree of plastic deformation for 30...80 % and subsequent temper on the structure and yielding stress in the microyield region of pre-improved carbon steels has been studied. The classification of dispersed phase of ferrite into two types containing the high angle boundaries and substructure boundaries respectively in relation to steels has been discussed.

Keywords: cold-deformed carbon steel, plastic deformation, temper, structure, yielding stress, ferrite grain, second phase

В процесі експлуатації залізничні колеса та бандажі піддаються достатньо складним температурно-деформаційним навантаженням [1]. В місцях контакту залізничних коліс та бандажів з рейками метал піддається значним пластичним деформаціям з визначеним градієнтом у глиб ободу. Одночасно з цим, в процесі гальмування рухомого складу, холоднодеформований метал піддається розігріву. При чому, ступінь розігріву прошарків металу коліс та бандажів, незалежно від інших впливів (режим гальмування, навколишнє середовище та ін.), в значній мірі визначається відстанню від поверхні кочення. На підставі цього, розвиток процесів структурних перетворень в металі залізничних коліс, бандажів та рейок має достатньо вагомий вплив на зміну їх комплексу властивостей, особливо в об'ємах поблизу поверхні кочення. Таким чином, аналіз процесів структурних перетворень в вуглецевих сталях в залежності від ступеню холодної пластичної деформації та температури нагріву має визначене значення [2].

Метою роботи явилися дослідження впливу величини пластичної деформації та температури відпуску на розвиток процесів структурних перетворень в вуглецевих сталях, які використовують для виготовлення залізничних коліс, бандажів та рейок.

Матеріалом для дослідження були обрані вуглецеві сталі з кількістю вуглецю 0,6 і 0,8 %, після прискореного охолодження, холодної пластичної деформації 30...80 % та відпуску при температурах 400...680 °С, терміном 1 год. Характеристики міцності визначали при розтяганні з записом кривої навантаження. Розмір структурного елементу сталей визначали з використанням методик кількісної металографії [3], ступінь накопичення дефектів кристалічної будови визначали по ширині лінії рентгенівської інтерференції (211) (B_{211}).

В процесі пластичного деформування підвищення опору металу (σ) від ступеню деформації (ϵ) підпорядковується залежності:

$$\sigma = \sigma_0 + K \cdot \epsilon^n, \quad (1)$$

де K і n – постійні параметри рівняння, σ_0 – напруження не оберненого переміщення дислокацій [4]. З урахуванням того, що величина σ_0 характеризує процеси зародження та початкові етапи розповсюдження пластичної деформації [2, 4], використання наведеної характеристики дозволить дати обґрунтовані пояснення що до розвитку структурних змін в металі залізничних коліс, бандажів і рейок під час експлуатації.

Нагрівання холоднодеформованих вуглецевих сталей після попереднього термічного змі-

цнення супроводжується зменшенням густини накопичених, під час деформування, дефектів кристалічної будови, що підтверджується закономірною зміною ширини рентгенівської інтерференції (211) (рис. 1). Аналіз наведеної залежності показує, що при відпуску холоднодеформованої сталі величина зниження густини накопичених дефектів буде тим більшою чим вище був їх початковий рівень [2]. Таким чином, незалежно від вмісту вуглецю в сталі, низької сумарної накопиченої деформації відповідає більш високий кінцевий рівень густини дефектів кристалічної будови після відпуску.

Наведене положення, як відомо, має відношення до напружень, які за абсолютними значеннями значно перебільшують межу плинності [2, 4].

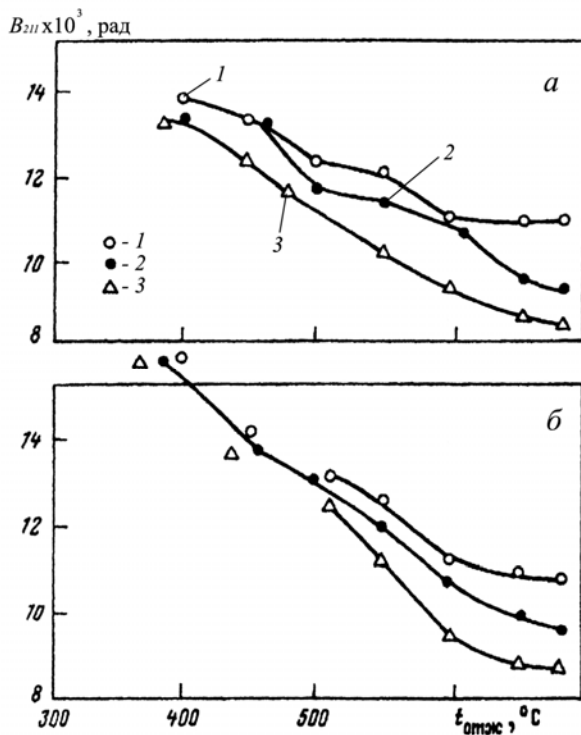


Рис. 1. Залежність ширини лінії рентгенівської інтерференції (211) від вмісту вуглецю (а – 0,6; б – 0,8 % С) та температури відпуску після холодної пластичної деформації (1 – 30, 2 – 60, 3 – 80 %)

Однак, як показали дослідження, залежність величини σ_0 вуглецевих сталей після холодної деформації (30...80 %) та послідуного відпуску, хоча і має подібний вигляд, але є свої особливості (рис. 2).

Це стосується характеру залежності σ_0 для різних температурних інтервалів відпуску. Незважаючи на незначні наведені розбіжності в залежностях σ_0 і B_{211} від температури відпус-

ку, можна вважати що розвиток процесів структурних перетворень при деформаційному зміцненні після значних пластичних деформацій і послідуного відпуску можуть бути використані для аналізу поведінки металу при малих деформаціях, наприклад для області мікротекучості [4].

З урахуванням того, що підвищення кількості дефектів кристалічної будови сприяє зростанню швидкості дифузії атомів вуглецю [2], формування полігональних сіток з дислокацій неодмінно буде супроводжуватися затримкою атомів на вузлах цих сіток, що в свою чергу приведе до зниження рухомості дислокацій. Розвиток наведених процесів в першому наближенні може розглядатися як основна причина зниження темпу зменшення величини σ_0 при відпуску деформованої вуглецевої сталі.

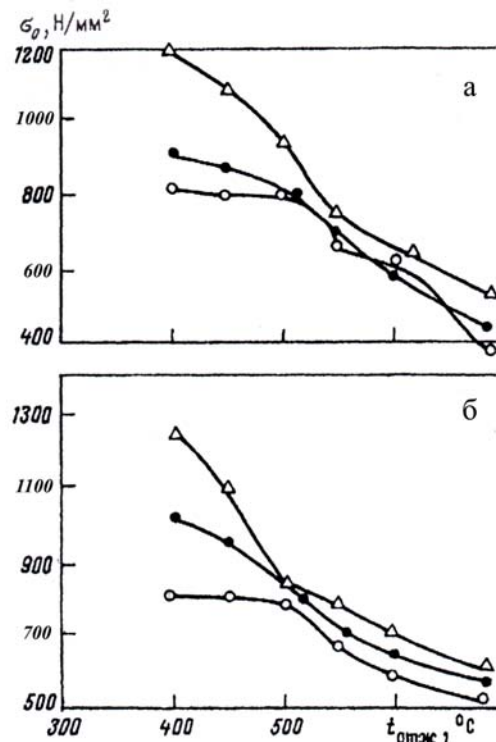


Рис. 2. Залежність σ_0 від вмісту вуглецю (а – 0,6, б – 0,8 % С) та температури відпуску після холодної пластичної деформації (1 – 30, 2 – 60, 3 – 80 %)

З іншого боку, при подальшому підвищенні температури відпуску, коли в значній ступені зростає швидкість коалесценції карбідних часток з одночасним розвитком рекристалізації феритної матриці, спостерігається зміна не тільки форми але і розміру зерна фериту (d). Як показали дослідження [5], одночасна зміна форми та розміру феритних зерен може бути обумовлена зміною механізму масо переносу. Так в результаті рекристалізації, переміщення

границь зерен з великими кутами розорієнтації супроводжується циклічною зміною етапів зростання і розчинення глобулярних часток цементиту. Наведене явище приводить в цілому по об'єму металу до незмінності середнього значення діаметру часток карбідної фази і, як наслідок цього, до практично незмінного розміру зерна фериту при тривалих витримках при цих температурах [4]. Таким чином, експериментально визначене уповільнення темпу зниження характеристик міцності, в першому наближенні пов'язане з незмінністю розміру зерна фериту. З іншого боку, приблизно еквідистантний хід кривих (рис. 1, 2) може розглядатися як доказ наявності впливу об'ємної частки карбідної фази (f) на комплекс властивостей сталі.

Сумісний аналіз зміни σ_0 і B_{211} від ступеня деформації та температури відпуску дозволяє припустити існування зв'язку між ними. Так, після нанесення парних значень однієї характеристики проти іншої, можна з достатньою впевненістю говорити про існування однозначного зв'язку між ними (рис. 3).

На підставі аналізу ходу кривих можна вважати, що підвищеній кількості дефектів кристалічної будови в металі відповідають більш високі значення напруження не оберненого руху дислокацій, при цьому вплив на величину σ_0 від розміру зерна фериту та об'ємної частки цементиту має адитивний характер. При більш детальному аналізі виявляється, що при зниженні величини B_{211} ступінь приросту σ_0 від f також стає меншою. Наведена залежність обумовлена якісними розбіжностями в структурному стані феритної матриці сталей. Так, для інтервалу значень B_{211} від 15 до 13 мрад відповідають температури відпуску 400...500 °C, при яких вже завершені процеси полігонізації, а зерна фериту достатньо дисперсні та нерівноважні. Для інтервалу 10...8 мрад і температури 550...680 °C відповідає вже практично повністю рекристалізована структура з низькою густиною дислокацій та окремими залишками субграниць [4]. На підставі наведеного стає зрозумілим, що пояснення причин впливу на напруження необерненого переміщення дислокацій при навантаженні досліджуваних вуглецевих сталей необхідно шукати в напрямку визначення структурних змін при відпуску холоднодеформованого металу.

Аналіз залежності величини σ_0 від розміру зерна фериту (рис. 4) показує, що вона підпорядковується співвідношенню типу Холла-Петча [2, 4]:

$$\sigma_0 = \sigma_i + k_y \cdot d^{-\frac{1}{2}}, \quad (2)$$

де σ_i – напруження необерненого переміщення дислокацій для необмежено великого розміру зерна; k_y – величина, що характеризує проникливість границь зерен розповсюдженню пластичної деформації [2].

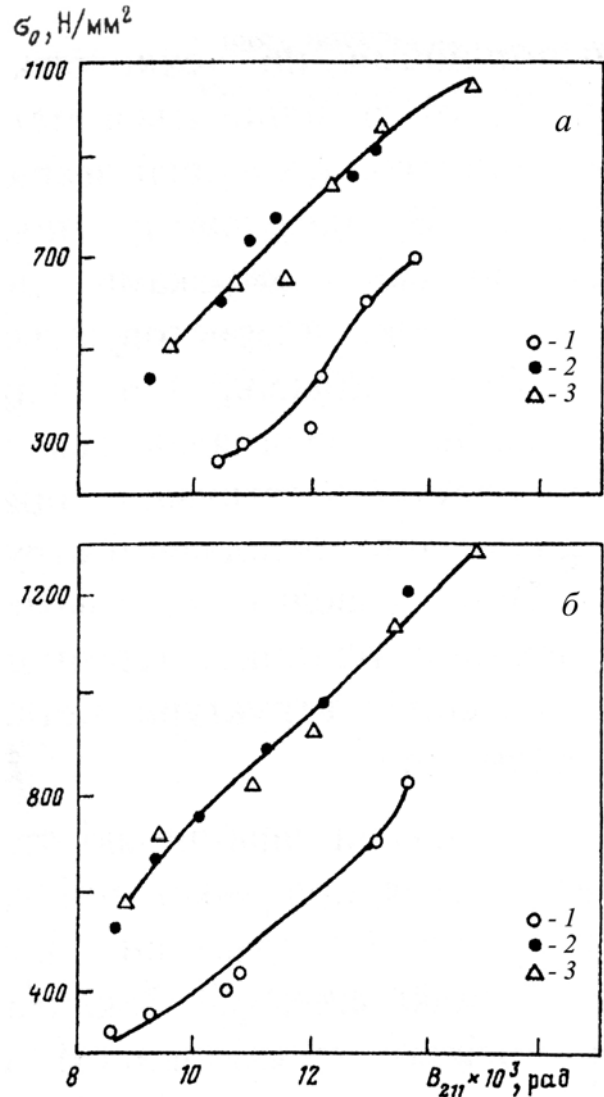


Рис. 3. Взаємний зв'язок між величинами σ_0 і B_{211} від вмісту вуглецю (а – 0,6; б – 0,8 % C) та температури відпуску після холодної пластичної деформації (1 – 30, 2 – 60, 3 – 80 %)

Графічне рішення наведених залежностей показало, що для різних температур відпуску досягаються різні значення параметрів рівняння (2). Так, для відпуску при 680 °C $\sigma_i = 15$ МПа, а $k_y = 25$ Н/мм^{3/2}, що співпадає з відомими даними [2, 4, 5]. Для температур 550...600 °C отримано декілька неочікуваних результатів: величина k_y зросла до 34 Н/мм^{3/2}, а σ_i взагалі

має негативне значення. Одне із пояснень наведеної зміни параметрів рівняння – різне співвідношення між розвитком процесів структуроутворення, таких як полігонізація та рекристалізація феритної матриці при відпуску холоднодеформованих сталей. Формування границь зерен фериту з великими кутами розорієнтації при температурах відпуску 500...550 °С при низькій густині дислокацій (низькі значення B_{211}), як показано в [2], супроводжується виникненням сегрегацій з атомів вуглецю на них. Наведені сегрегації приводять не тільки до підвищення опору границь зерен розповсюдженню деформації (збільшення k_y), але і ускладнюють зародження нових дислокацій [2, 4]. При цьому внутрішні об'єми зерен фериту значною мірою очищуються від незв'язаних дислокацій та залишків полігональних границь, які розсипаються, що зрештою веде до зниження опору руху дислокацій (величини σ_i). Наведений характер зміни величин σ_i і k_y найвірогідніше обумовлений різною швидкістю процесів структурних перетворень при формуванні границі зерна з великими кутами розорієнтації. Порівняльний аналіз показує, що проникливість границі для розповсюдження деформації значно повільніше зростає порівняно з розчиненням сегрегацій усередині зерна. Внаслідок цього отримуємо занадто високі значення k_y та низькі для σ_i . Підтверджуються наведені положення аналізом із залученням співвідношення для σ_0 у вигляді:

$$\sigma_0 = \sigma_i + \Delta + \frac{\sqrt{2} \cdot k_y}{2\sqrt{d}} + \alpha \mu \sqrt{\frac{b \cdot \varepsilon_l}{d}} \quad (3)$$

де Δ – зміцнення твердого розчину від присутності атомів вуглецю (за умови відсутності впливу від субструктурних угруповань); α – коефіцієнт, що приблизно дорівнює одиниці; μ – модуль зсуву, b – вектор Бюргеса, ε_l – деформація Людерса. Після підстановки експериментальних даних в рівняння (3), в тому числі й негативних значень для σ_i (-240 МПа), $k_y = 59 \text{ Н/мм}^{3/2}$, $\alpha \approx 1$, $\mu = 82260 \text{ МПа}$, $b = 2,48 \cdot 10^{-7} \text{ мм}$ та заміною Δ на внесок від дисперсійного зміцнення ($\Delta = f(\sqrt{C^3})$) де C – кількість вуглецю в сталі [6], для сталі з 0,6 % С величина Δ складала значення приблизно 200 МПа [7]), отримали розраховану величину σ_0 , яка з помилкою до 10 % співпадає з експериментальними значеннями. Формальне

виконання співвідношення (3) вказує на достатньо широкий діапазон його використання, хоча раніше воно мало призначення тільки для опису поведінки вуглецевих сталей із достатньо рівноваговими структурами.

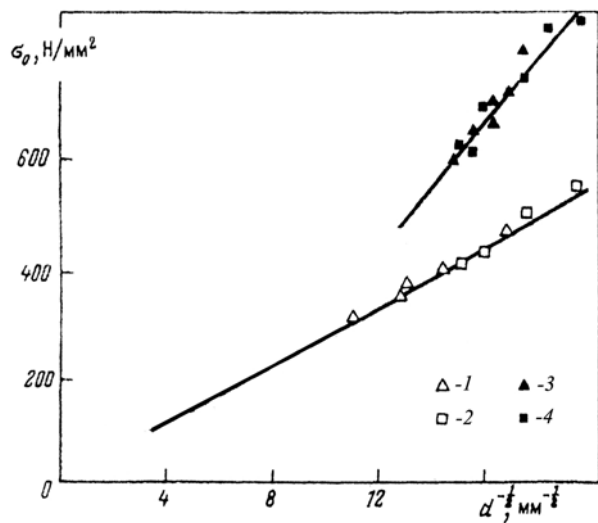


Рис. 4. Вплив розміру зерна фериту на σ_0 залежно від температури відпуску (1, 2 – 680; 3, 4 – 550...600 °С) та кількості вуглецю в сталі (1, 3 – 0,6; 2, 4 – 0,8 %)

При температурах відпуску 500...600 °С, коли ще відчувається вплив від частково збереженої субструктури, урахування її приведе до зменшення довжини вільного пробігу дислокацій. На підставі цього для діаграми, яка наведена на рис. 4, положення точок по вісі абсцис повинно бути зсунуте в сторону більш дрібних величин структурного елементу (збільшення значень $d^{-1/2}$). В результаті такої перебудови отримаємо зниження величини кутового коефіцієнта (k_y) та зростання σ_i до реальних позитивних значень. Однак, провести наведене уточнення структурного елементу (окрім якісної оцінки) достатньо складно за рахунок нерівномірного протікання структурних перетворень не тільки в окремих зернах феритної матриці, але й в об'ємах самих зерен.

Таким чином, при відпуску холоднодеформованих, покращених середньо- та високовуглецевих сталей часткове збереження полігональних границь та виникнення нових, з великими кутами розорієнтації на початку розвитку рекристалізаційних процесів, з одночасною абсорбцією атомів вуглецю на них являються причиною підвищення опору малим пластичним деформаціям. Наведений вплив може розглядатися як свого роду зниження запасу пластичних властивостей металу на початкових

етапах пластичного деформування. Підтверджується можливість розвитку структурних перетворень в металі залізничних коліс та бандажів під час експлуатації, формуванням тріщин на визначеній відстані від поверхні кочення в об'ємах металу без відхилень стосовно вимог нормативно-технічної документації [1].

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Дефекти залізничних коліс [Текст] / І. О. Вакуленко [та ін.] – Д.: Маковецький, 2009. – 112 с.
2. Бабич, В. К. Деформаційне старіння сталі [Текст] / В. К. Бабич, Ю. П. Гуль, І. Е. Долженков. – М.: Металлургия, 1972. – 320 с.
3. Панченко, Е. В. Лабораторія металлографії [Текст] / Е. В. Панченко, Ю. А. Скаков, Б. І. Кример. – М.: Металлургия, 1963. – 439 с.
4. Вакуленко, І. А. Морфологія структури і деформаційне упрочнення сталі [Текст] / І. А. Вакуленко, В. І. Большаков. – Д.: Маковецький, 2008. – 196 с.
5. Вакуленко, І. А. Коалесценція цементита в низкоуглеродистій сталі [Текст] / І. А. Вакуленко // Изв. АН СССР. Металлы. – 1991. – № 3. – С. 73-76.
6. Бокштейн, С. З. Стрoение и свойства металлических сплавов [Текст] / С. З. Бокштейн. – М.: Металлургия, 1971. – 496 с.
7. Бабич, В. К. Влияние размера зерна феррита и содержания углерода на свойства конструкционной стали [Текст] / В. К. Бабич, В. А. Пиров, І. А. Вакуленко. – В кн.: Термическая обработка металлов. – М.: Металлургия, 1980. – № 9. – С. 91-92.

Надійшла до редколегії 02.06.2010.

Прийнята до друку 24.06.2010.

Н. Ю. ФИЛОНЕНКО (УДХТУ, Днепропетровск), С. Б. ПИЛЯЕВА (ДНУ им. О. Гончара, Днепропетровск), С.И. КУЛИКОВ (УДХТУ, Днепропетровск)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХОЛОДНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ПРОЦЕСС ДИФфуЗИОННОГО НАСЫЩЕНИЯ ОДНОВРЕМЕННО УГЛЕРОДОМ И БОРОМ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ И БОРСОДЕРЖАЩИХ СПЛАВОВ

Роботу присвячено вивченню впливу попередньої холодної пластичної деформації зі ступенем деформації 0...40 % на процес дифузійного насичення бором і вуглецем низьковуглецевих та бормістячих сплавів на залізній основі. Встановлено, що попередня холодна пластична деформація низьковуглецевого сплаву зі ступенем деформації 20 % при температурі 750 °С сприяє збільшенню глибини дифузійної зони на 25 % та збільшенню мікротвердості перлітного шару на 20 %.

Ключові слова: низьковуглецеві та бормістячі сплави на залізній основі, попередня холодна пластична деформація, глибина дифузійної зони, мікротвердість перлітного шару, дифузійне насичення

Работа посвящена изучению влияния предварительной холодной пластической деформации со степенью деформации 0...40 % на процесс диффузионного насыщения бором и углеродом низкоуглеродистых и борсодержащих сплавов на железной основе. Установлено, что предварительная холодная пластическая деформация низкоуглеродистого сплава со степенью деформации 20 % при температуре 750 °С способствует увеличению глубины диффузионной зоны на 25 % и увеличению микротвердости перлитного слоя на 20 %.

Ключевые слова: низкоуглеродистые и борсодержащие сплавы на железной основе, предварительная холодная пластическая деформация, глубина диффузионной зоны, микротвердость перлитного слоя, диффузионное насыщение

This work is devoted to the study of influence of cold prestrain with degree of deformation within the range 0...40 % on diffusion saturation with boron and carbon for low-carbon and boron steels. It is determined that the plastic prestrain with degree of deformation 20 % at temperature 750 °C for the low-carbon steel promote increasing of boron-cementation layer thickness by 25 % and microhardness of perlite layer by 20 %.

Keywords: low-carbon and boron steels, plastic prestrain, boron-cementation layer thickness, microhardness of perlite layer, diffusion saturation

Диффузионні процеси в сплавах, що передішли попередню деформацію, представляють інтерес, оскільки вони описують процеси в умовах, при яких сплав знаходиться в неравновесному стані. Вплив ступеня попередньої холодної пластичної деформації на процес дифузійного насичення сталей досліджено в роботах [1, 2]. Показано, що холодна пластична деформація прискорює масоперенос вуглецю. Крім того, що присутність бору в сталях і в середовищах для цементації сприяє прискоренню процесів науглероживання [3, 4].

В даній роботі вивчали вплив ступеня попередньої холодної пластичної деформації в низкоуглеродистих і борсодержащих сплавах на процес дифузійного насичення поверхні одночасно вуглеродом і бором.

Дослідження проводили на зразках залізистоуглеродистого сплаву з масовою долей вугле-

рода 0,25 % і залізоборуглеродистом сплаві з масовою долей вуглецю 0,25 % і бору 0,035 %.

Досліджувані сплави попередньо обробляли за наступними режимами: віджигали при температурі 900 °С в течение 5 годин; підвергали попередньої холодної пластичної деформації при температурі 25 °С і ступенях деформації 0...40 %.

Після попередньої обробки здійснювали: насичення поверхні зразків вуглеродом і бором при температурі 950 °С в середовищі з деревноугольного карбюризатора, карбіда бору і фтористого активатора в течение 4 годин.

Мікроструктуру сплавів досліджували на скануючому електронному мікроскопі з мікроаналізатором JSM-6490 series і на мікроскопі «Неофот-21». Мікромеханічні характеристики сплавів вимірювали на мікротвердометрі ПМТ-3. Фазовий склад сплавів, щіль-

ность дислокаций определяли с помощью рентгеноструктурного анализа на установке ДРОН-3 в $\text{Fe}_{\text{K}\alpha}$ -излучении. Послойный спектральный анализ проводили по методике [5].

Микроструктура исходного состояния представляла ферритно-перлитную смесь. В результате холодной пластической деформации со степенью 20 % в низкоуглеродистом сплаве происходит незначительное дробление перлитных пластин. В борсодержащем сплаве перлитная область с разной степенью дисперсности.

Проведено определение плотности дислокаций низкоуглеродистого и борсодержащего сплавов для определения их на последующее диффузионное насыщение в зависимости от степени предварительной деформации.

Исследование плотности дислокаций низкоуглеродистого и борсодержащего сплавов показало, что в борсодержащем сплаве плотность дислокаций в феррите увеличивается менее интенсивно, чем в низкоуглеродистом (рис. 1) с увеличением степени пластической деформации.

На рис. 2 представлена зависимость глубины диффузионной зоны от степени предварительной холодной пластической деформации. Как видно из рис. 2, а, предварительная холодная пластическая деформация низкоуглероди-

стого сплава способствует диффузии атомов углерода и бора. Причем, максимальная глубина диффузионной зоны наблюдается после предварительной холодной пластической деформации со степенью деформации 20 %.

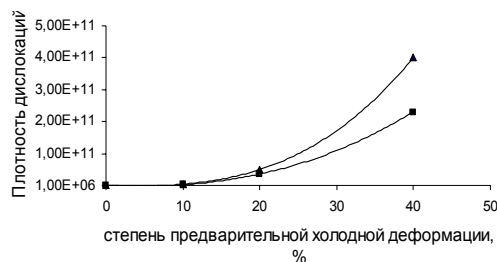


Рис. 1. Зависимость плотности дислокаций в феррите от степени предварительной деформации для:

- а) ▲ – низкоуглеродистого;
б) ■ – борсодержащего сплава

Дальнейшее увеличение степени предварительной деформации приводит к уменьшению глубины диффузионной зоны. В борсодержащих сплавах, прошедших предварительную холодную пластическую деформацию, наблюдали уменьшение глубины диффузионной зоны с увеличением степени предварительной пластической деформации (рис. 2, б).

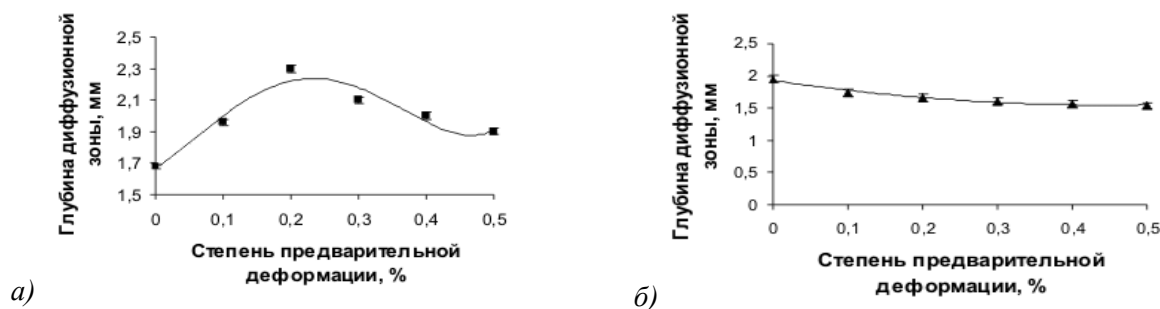


Рис. 2. Зависимость глубины диффузионной зоны бора и углерода от степени предварительной пластической деформации для: а) низкоуглеродистого сплава, б) борсодержащего сплава

На рис. 3 приведена зависимость микротвердости перлита после бороцементации в перлитной зоне низкоуглеродистого и борсо-

держащего сплавов в зависимости от степени предварительной пластической деформации.

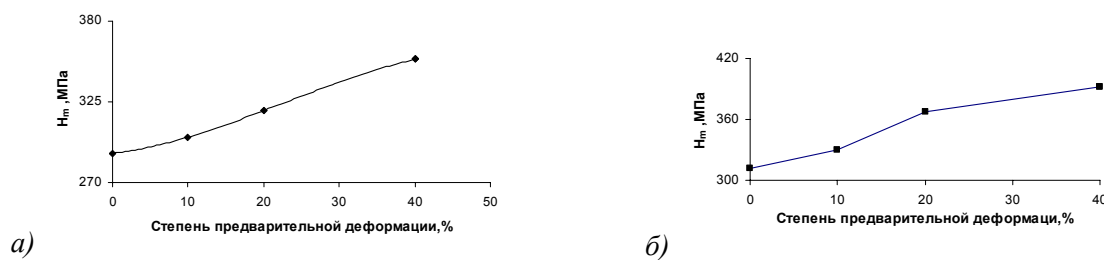


Рис. 3. Зависимость микротвердости перлита на глубине 150 мкм, полученного после бороцементации, от степени предварительной деформации для: а) низкоуглеродистого, б) борсодержащего сплавов

Микротвердость перлита борцементованного слоя в борсодержащем и в низкоуглеродистом сплавах выше для образцов, предварительно деформированных. Кроме того, борсодержащий сплав имеет большую величину микротвердости перлита в сравнении с низкоуглеродистым при одинаковых условиях обработки.

В результате насыщения поверхности отожженного низкоуглеродистого сплава углеродом и бором образуется перлит с крупными пластинами. По границам зерен присутствуют выделения борцементита.

При насыщении низкоуглеродистого сплава, прошедшего предварительную деформацию, ширина пластин перлита уменьшается, края пластин приобретают округлую форму. Выделение борцементитных частиц происходит не только по границам перлитных зерен, но и в перлите.

При насыщении поверхности отожженного борсодержащего сплава одновременно бором и углеродом происходит образование мелкодисперсного перлита в диффузионной зоне, по границам и в зерне которого присутствуют включения борцементита. Наличие предварительной пластической деформации способствует образованию зернистого перлита в борцементованном слое. При этом количество борцементитных частиц в объеме перлитного зерна увеличивается.

На поверхности борсодержащего сплава после одновременного насыщения углеродом и бором формируется борокарбидный слой, состоящий из кубического борокарбида $\text{Fe}_{23}(\text{CB})_6$.

В работе проводили расчет коэффициентов диффузии бора и углерода для процесса одновременного насыщения бором и углеродом поверхности исследуемых сплавов. Для расчета использовали методику, изложенную в работах [6 – 8]. Решение системы дифференциальных уравнений позволяет определить парциальные коэффициенты диффузии углерода и бора:

$$\frac{\partial C_1}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_{11} \frac{\partial C_1}{\partial x} + D_{12} \frac{\partial C_2}{\partial x} \right);$$

$$\frac{\partial C_2}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_{21} \frac{\partial C_1}{\partial x} + D_{22} \frac{\partial C_2}{\partial x} \right),$$

где D_{11} – коэффициент диффузии углерода; D_{22} – коэффициент диффузии бора под действием собственных градиентов концентрации; D_{12} – коэффициент диффузии углерода под действием градиента концентрации бора, D_{21} – коэффициент диффузии бора под действием градиента концентрации углерода.

Решение данной системы уравнений проводили при следующих граничных и начальных условиях: при борцементации низкоуглеродистого сплава: $C_1(x, 0) = C_{10}$, $C_1(\infty, t) = C_{10}$, где C_{10} – первоначальное содержание углерода в низкоуглеродистом сплаве; при борцементации борсодержащего сплава: $C_2(x, 0) = C_{20}$, $C_2(\infty, t) = C_{20}$, где C_{20} – первоначальное содержание бора в борсодержащем сплаве.

Решение данной системы уравнений осуществляли методом численного анализа. Результаты расчета приведены в табл. 1. Как видно из результатов расчета, приведенных в табл. 1, в низкоуглеродистом сплаве, прошедшем предварительную обработку и борсодержащем сплаве без предварительной деформации присутствие бора в насыщающей среде приводит к увеличению диффузионной подвижности атомов углерода.

Для борсодержащего сплава, прошедшего предварительную холодную пластическую деформацию, число дислокаций меньше, чем в низкоуглеродистом (рис. 1), наблюдается уменьшение диффузионной подвижности атомов углерода, что приводит к уменьшению градиента концентрации атомов углерода, а, следовательно, к уменьшению глубины борцементованного слоя.

Таблица 1

Результаты расчета коэффициентов диффузии углерода и бора при насыщении поверхности низкоуглеродистого и борсодержащего сплавов, прошедших предварительную обработку

Содержание в сплаве		Предварительная хол. деф. ξ , %	Коэффициенты диффузии, $\text{см}^2/\text{с}$			
С, %	В, %		D_{11}	D_{12}	D_{21}	D_{22}
0,25	-	отожженный	$3,64 \cdot 10^{-7}$	$4,09 \cdot 10^{-6}$	$6,07 \cdot 10^{-7}$	$2,56 \cdot 10^{-6}$
		20	$5,6 \cdot 10^{-6}$	$7,5 \cdot 10^{-5}$	$8,33 \cdot 10^{-7}$	$3,09 \cdot 10^{-6}$
0,25	0,0035	отожженный	$8,67 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-7}$	$2,33 \cdot 10^{-6}$	$8,09 \cdot 10^{-6}$
		20	$1,4 \cdot 10^{-7}$	$2,3 \cdot 10^{-6}$	$1,42 \cdot 10^{-7}$	$2,6 \cdot 10^{-7}$

Результаты расчета (табл. 1) показали, что наибольший вклад диффузии углерода по дефектам структуры в суммарный поток диффузии наблюдается при степени деформации 20 %. Увеличение степени предварительной деформации, с одной стороны, должно приводить к увеличению дефектов структуры, а, следовательно, к увеличению диффузионного процесса, а с другой стороны существует оптимальная степень деформации, инициирующая диффузионный процесс. На основе анализа тонкокристаллического строения низкоуглеродистой стали, представленного в работах [9, 10], установлено, что после достижения определенного значения степени пластической деформации в относительно равном распределении дислокаций появляются признаки их немоноготонного распределения. Увеличение числа дислокаций приводит к возникновению их криволинейных фрагментов. По всей видимости, дефектная структура, возникающая в результате предварительной холодной пластической деформации в борсодержащем сплаве, менее устойчива в результате нагрева.

При одновременном насыщении бором и углеродом в среде, содержащей карбид бора, наблюдается увеличение глубины диффузионной зоны в 2...2,2 раза по сравнению с цементованным слоем. Предварительная холодная пластическая деформация низкоуглеродистого сплава, проведенная при степени деформации 20 %, также способствует увеличению глубины диффузионной зоны на 25 %.

На основании проведенных исследований разработан способ бороцементации, который позволяет получать более качественные, однородные бороцементированные слои большей толщины, упрочненные дисперсными борокарбидами.

Выводы

1. На основании расчетных и экспериментальных данных показано, что оптимальная степень предварительной холодной пластической деформации, при которой эффективный коэффициент диффузии углерода имеет максимальное значение, соответствует 20 %. При этом глубина диффузионной зоны увеличивается на 25 %. Для борсодержащего сплава наличие предварительной пластической деформации уменьшает коэффициент диффузии углерода и бора.

2. Показано, что в борсодержащем сплаве процесс насыщения поверхности одновременно углеродом и бором более эффективен в отожженном состоянии. Из расчетных и экспери-

ментальных данных следует, что предварительная холодная пластическая деформация уменьшает диффузионную подвижность углерода.

3. Результаты расчета коэффициентов диффузии углерода и бора в низкоуглеродистом сплаве показывают, что присутствие бора в насыщающей среде или в сплаве увеличивает диффузионную подвижность углерода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Влияние предварительной холодной деформации на цементацию стали [Текст] / Ю. М. Ляхтин [и др.] // *Металловед. и термич. обработка металлов*. – 1971. – № 12. – С. 22-26.
2. Кидин, И. Н. Влияние предварительной холодной пластической деформации на диффузию углерода в аустените [Текст] / И. Н. Кидин, Г. В. Щербединский, В. И. Андрюшечкин // *Металловед. и термич. обработка*. – 1981. – № 12. – С. 26-28.
3. А. с. СССР № 1352979, кл. С 23 С8/06 [Текст], 1985.
4. Филоненко, Н. Ю. Корисна модель № 38192 С23С 8/06 [Текст] от 25.12.2008 / Н. Ю. Филоненко, И. М. Спиридонова, С. Б. Пиляева. – Бюл. № 24.
5. Твердохлебова, С. В. Спектральный анализ борсодержащих сплавов [Текст] / С. В. Твердохлебова, И. М. Спиридонова, А. М. Бондаренко // *Заводская лаборатория*. – 1990. – № 11. – С. 46-49.
6. Криштал, М. А. Многокомпонентная диффузия в металлах [Текст] / М. А. Криштал, А. И. Волков. – М.: *Металлургия*, 1985. – 175 с.
7. Любов, Б. Я. Диффузионные процессы в неоднородных твердых средах [Текст] / Б. Я. Любов. – М.: *Наука*, 1981. – 295 с.
8. Акимов, Е. Н. Решение задач многокомпонентной диффузии с помощью параллельного алгоритма матричной прогонки [Текст] / Е. Н. Акимов, И. И. Горбачев, В. В. Попов // *Математическое моделирование*. – 2005. – т. 17, № 9. – С. 85-92.
9. Трефилов, В. И. Изменение ячеистой дислокационной структуры и упрочнение при пластической деформации ОЦК металлов [Текст] / В. И. Трефилов, В. Ф. Моисеев, Э. П. Печковский // *Докл. АН УССР*. – 1985. – № 11. – С. 81-84.
10. Большаков, В. И. Термическое упрочнение и контролируемая прокатка строительных сталей [Текст] / В. И. Большаков. – К.: *УМКВО*, 1991. – 435 с.
11. Holt, D. L. Dislocation cell formation in metals [Text] / D. L. Holt // *J. Appl. Phys.* – 1970. – v. 41. – P. 3197-3202.

Поступила в редколлегию 01.06.2010.

Принята к печати 18.06.2010.

СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПАССАЖИРСКИХ ТЕРМИНАЛОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

Показано сучасні економічні проблеми пасажирських терміналів залізничної галузі. Запропоновано шляхи підвищення фінансової стабільності великих пасажирських терміналів і пасажирського комплексу.

Ключові слова: залізничні пасажирські термінали, пасажирський комплекс, економічні проблеми, шляхи підвищення фінансової стабільності

Показаны современные экономические проблемы пассажирских терминалов железнодорожной отрасли. Предложены пути укрепления финансовой стабильности крупных пассажирских терминалов и пассажирского комплекса.

Ключевые слова: железнодорожные пассажирские терминалы, пассажирский комплекс, экономические проблемы, пути укрепления финансовой стабильности

The modern economic problems of passenger terminals of railway branch are shown. The ways of strengthening the financial stability of large passenger terminals and the passenger complex are offered.

Keywords: railway passenger terminals, passenger complex, economic problems, ways of strengthening the financial stability

Преодоление последствий кризиса, формирование условий выхода из него и повышения устойчивости экономики железнодорожного транспорта в настоящее время – настоятельная необходимость обеспечения финансово-экономической стабильности деятельности его подразделений и отрасли в целом.

Важным направлением решения данной задачи является прекращение снижения разрыва между доходами и расходами от пассажирских перевозок. Решающая роль в этом принадлежит крупным вокзалам (внеклассным и первого класса – пассажирским терминалам).

Направление устойчивой стабилизации пассажирского комплекса железнодорожного транспорта – обеспечение роста конкурентоспособности и реализации услуг пассажирскими терминалами. Поэтому к числу основных современных проблем развития крупных пассажирских терминалов, которые необходимо решить следует отнести сокращение расходов, совершенствование управления терминалами, повышение уровня их технической оснащенности. Решение названных проблем позволит обеспечить устойчивое, безопасное, качественное и эффективное функционирование не только терминалов, но и пассажирского комплекса, в полной мере удовлетворить потребности населения в перевозках и снизить тарифную нагрузку на потребителей транспортной продукции.

В целях приведения общего уровня расходов в соответствие с объемами перевозок пассажиров необходимо провести целенаправленную работу по сокращению издержек и, прежде всего, за счет применения ресурсосберегающих технологий обслуживания пассажиров и приведения трудовых затрат в соответствие с объемами работы.

Планомерная реализация мероприятий по снижению всех видов расходов позволит сократить убыточность от пассажирских перевозок, создать предпосылки для начала инвестиционного возрождения отрасли, модернизации производственной инфраструктуры и разработки новых технологий и техники, решения задач, связанных с обеспечением качества обслуживания пассажиров, их безопасности на вокзалах и в поездах и социального развития. Это является особенно актуальным, если учесть, что износ основных производственных фондов железнодорожного транспорта составляет в настоящее время более 60 %.

Дальнейшее совершенствование экономики и управления крупными пассажирскими терминалами будет осуществляться по следующим направлениям:

– созданию нового механизма управления пассажирскими терминалами на основе маркетинго-логистического подхода, внедрения высокоэффективных информационных технологий с использованием телекоммуникаций и др.

– обеспечению полного удовлетворения спроса населения на услуги, предоставляемые пассажирскими терминалами;

– увеличению доли железных дорог на рынке транспортных услуг за счет реализации активной маркетинговой стратегии, повышения качества обслуживания пассажиров, привлечения транзитных пассажиропотоков на проходящие через территорию Украины международные транспортные коридоры;

– активизации инвестиционной деятельности, направленной на развитие материально-технической базы пассажирских терминалов и внедрение ресурсосберегающих технологий их работы, развитие телекоммуникаций и информатизации, обновление средств автоматизации;

– совершенствованию ценовой политики на основе гибкого регулирования цен и отражения в их уровне основных пенообразующих факторов;

– созданию условий для дальнейшего сокращения всех затрат, прежде всего, за счет ресурсосбережения, контроля за производительностью и уровнем оплаты труда, запасами и ценами материальных ресурсов для собственных нужд, развития эталонного подхода к нормированию затрат;

– повышению эффективности взаимодействия с туристическими агентствами, основанному на долгосрочных соглашениях о сотрудничестве и взаимной юридической ответственности за выполнение принятых обязательств;

Для решения названных и других задач, предусмотренных новой Программой реформирования отрасли, каждому пассажирскому терминалу необходимо разработать конкретные планы и меры по их реализации.

Успех каждого вида транспорта в борьбе за долю рынка определяется универсальностью обслуживания пассажиров на вокзалах, уровнем их технической оснащенности и развитием коммуникации, стоимостью проездных документов и услуг, комфортностью залов ожидания, билетных касс и др. соответствующей требованиям пассажиров, культурой персонала при обслуживании, информатизации, предоставлением дополнительных и нетрадиционных услуг и т.п.

Для улучшения информационного обеспечения на крупных пассажирских терминалах железных дорог, необходимо здесь устанавливать новые современные информационные электронные табло, экраны, справочные установки различного назначения, видеоустройств

и т.п., как это делается в Англии, Германии, Японии и других странах.

Роль услуг в повышении конкурентоспособности для любого вида транспорта весьма значима. Низкий уровень стандартов качества услуг на крупных пассажирских терминалах и высокие цены на них формируют отрицательный имидж и приводят к уходу пассажиров на другой вид транспорта. В свою очередь уход пассажиров с железных дорог вызывает значительную потерю доходов, что крайне отрицательно сказывается на их деятельности.

Ключевыми показателями для оценки условий конкурентной борьбы за пассажира на вокзалах являются следующие:

- разные уровни внешних затрат для каждого крупного пассажирского терминала (внешние затраты на оборудование и внешние затраты от нарушения правил обеспечения безопасности пассажиров во время нахождения их на вокзалах);
- различия в ценовой политике каждого крупного пассажирского терминала и схемах загрузки используемой его инфраструктуры;
- различия в социальном регулировании и в контроле выполнения правил обеспечения безопасности пассажиров и др.

Одним из видов повышения конкурентоспособности услуг крупных пассажирских терминалов должно стать изучение опыта железных дорог стран Запада и СНГ по совершенствованию обслуживания пассажиров в условиях формирования и развития рынка.

Например, опыт вокзалов государственных дорог Германии по повышению стандартов качества обслуживания пассажиров повышается за счет увеличения торговли и гостиничного дела, информационного обеспечения, создания мест парковки автомобилей пассажиров около вокзалов, предоставление помещений для различного рода совещаний, конференций, создания комфортных условий для культурного отдыха во время ожидания отправления поездов и др.

Важное значение на железных дорогах зарубежных стран придается обеспечению должного санитарного состояния в помещениях вокзалов и на прилегающих территориях. Как одно из эффективных путей решения этой задачи рассматривается передача уборки на вокзалах частным фирмам, специализирующимся на очистке помещений и располагающих соответствующей техникой и опытом.

На вокзалах железных дорог России вместо ларьков с убогим ассортиментом создаются крупные современные торговые центры, предлагающие различные товары для дома. Помещения бывших автоматических камер хранения переоборудуются под мебельный салон и торговые точки осветительными приборами и другими товарами ведущих фирм по сниженным, по сравнению с городскими магазинами, ценам. В залах ожидания, не в ущерб отдыху пассажиров, вместо киосков организуется сеть специализированных магазинов.

Торговые бизнес-центры оборудуются факсовой и спутниковой связью. Для улучшения информационного обеспечения пассажиров в центре зала установлено табло, а на платформах – новые указатели. В зависимости от спроса увеличивается число билетных касс дальнего следования.

Коммерческие «Сервис-центры» на Белорусском и Ленинградском вокзалах в Москве, Санкт-Петербурге, Липецке и других городах России оказывают следующие виды услуг:

- организация туров за рубеж, справочно-информационные, копирование документов;
- размещение в своих гостиницах и гостиницах города, организация поездок в поездах, сформированных из вагонов улучшенной планировки, транспортные услуги, все виды страхования, экскурсионное обслуживание, организация конференций и переговоров, обмен валюты, отправление факсов, рекламные услуги, зал ожидания «Комфорт» с баром и видеосалоном.

На Орловском вокзале внедрена услуга – предварительная продажа билетов с доставкой в любое место в обусловленное время. Вокзал взял на себя всю мелкую розничную торговлю, вытеснив разного рода торговцев с вокзала и привокзальной площади. На балансе вокзала находится реконструированный ресторан, который превратился в престижное место отдыха с уютным интерьером, журчащим фонтаном, безупречным обслуживанием. Ресторан дает солидную сумму дохода. Здесь не забывают и про тех, у кого в кошельке негусто. Буфет в кассовом зале – та же отличная кухня, те же настоящие (не пластмассовые) тарелки, чистые салфетки и та же предупредительность персонала, только цены заметно поскромнее. Думают здесь, в первую очередь, не о доходах, а о пассажирах, о формировании положительного имиджа. Доброе отношение к людям само собой окупается. На вокзале производятся и по доступным ценам продаются товары – от черенка лопаты, совка и лейки, до дверных бло-

ков и письменных столов. Общий доход позволяет коллективу вокзала не выживать, а жить по-человечески.

Новые услуги для зарабатывания дополнительных доходов внедрены и на некоторых вокзалах железных дорог Украины. Положительно в этом направлении работают: вокзал Киевпасс., Криворожская дирекция по обслуживанию пассажиров Приднепровской железной дороги, Харьковский и Одесский вокзалы и др. На крупных вокзалах железных дорог Украины созданы сервис-центры. Они зарабатывают солидные доходы за счет предоставления пассажирам дополнительных услуг.

Внедрены новые услуги для пассажиров и населения: ксерокопирование, факсовая связь, ремонт радиоаппаратуры и др. Организованы стоянки для автомобилей на привокзальных площадях и т.п. Однако, отсутствие маркетинговых подходов к стимулированию работников, внедряющих и сопровождающих новые услуги, сдерживает эту работу. В случае усовершенствования ценовой политики и технологии предоставления услуг доходы крупных пассажирских терминалов значительно увеличатся.

Негативно на деятельности крупных пассажирских терминалов сказывается отсутствие у них финансовой независимости и размещение торговых точек посторонних структур. Зарабатываемые ими деньги забирают вышестоящие структуры, оставляя им право выпрашивать копейки на самые необходимые производственные нужды. Поэтому здесь нет заинтересованности во внедрении новых услуг и дополнительных источников доходов. В связи с этим, необходимо найти оптимальный путь увеличения доходов крупных пассажирских терминалов – разработать маркетинговый способ стимулирования их сотрудников, выполнивших эту работу и там, где возможно, кроме вышеперечисленных, найти и другие нетрадиционные услуги, предоставляемые пассажирам:

- по заказу на вокзалах – мест в гостиницах, билетов на самолет, такси и т.п., которые должны выполняться персоналом терминалов, а не посредниками;

- использовать опыт зарубежных железных дорог: опыт германских железных дорог по созданию на крупных пассажирских терминалах специальных пассажирских подразделений, сотрудники которых сопровождают инвалидов, престарелых, подростков и др. пассажиров от момента прибытия на вокзал до станции назначения; бригад, занимающихся облегчением ориентирования на вокзалах, готовых дать

краткую справку, помочь войти или выйти из вагона, принести багаж; сотрудничеству с городскими властями по развитию инфраструктуры вокзалов, повышению их привлекательности и превращению в важные городские центры, «в которых начинается и заканчивается не только подготовка пассажиров к поездке и ее завершению, но и осуществление ряда попутных замыслов и целей повседневной жизни». Это будет способствовать «росту престижа города, привлечению сюда пассажиров и туристов», увеличению доходов крупных пассажирских терминалов и пополнению бюджетов городов;

– предоставить крупным пассажирским терминалам право на осуществление обязательного страхования пассажиров без посредников (страховых компаний). Здесь данный вид услуг выполняется сотрудниками терминалов. Документом, подтверждающим страхование пассажира, служит проездной документ, т.е., посредники (страховые компании) получают доходы за операции, которые ими не выполняются. А это солидные суммы, так необходимые для развития пассажирского комплекса, увеличения доходов от пассажирских перевозок и сокращения убытков. Страховые компании должны выполнять операции по добровольному страхованию и нести за их выполнение расходы, а не прилипать к деятельности железных дорог и не получать доходы за операции, которые ими не выполняются. Это не нарушение закона о монополии, а восстановление справедливости, если учесть, что на рынке пассажирских перевозок существует олигопольная конкуренция;

– расширить введение промышленного телевидения на крупных пассажирских терминалах за счет установления в помещениях и на этажах здания телевизионных камер, для обеспечения визуального контроля за порядком в залах ожидания и работы билетных касс. Всё это позволит снизить остроту криминогенной обстановки на вокзале, улучшить обслуживание пассажиров;

– создать на крупных пассажирских терминалах экскурсионных бюро, занимающихся проведением досуга пассажиров, ожидающих отправления поезда;

– расширить новые виды услуг – туризма с использованием всех видов транспорта, в т.ч. поездов, сформированных из вагонов повышенного сервиса, курсирующих по историческим и достопримечательным местам Украины с туристами зарубежья, прибывающими в Украину самолетами, на железнодорожных маршрутах. Это один из путей стабилизации финансового положения ряда предприятий пассажирского комплекса.

Введение вышеперечисленных мероприятий и других дополнительных услуг там, где это возможно, даст весомые дополнительные доходы. Пассажирские работники всех рангов должны усвоить, что услуги на рынке пассажирских перевозок становятся основой стратегии борьбы за пассажира, источником получения дополнительной прибыли и обеспечения стабильности предприятий пассажирского хозяйства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамов, А. П. Транспортный маркетинг: проблемы становления и функционирования [Текст] / А. П. Абрамов // Ж/д трансп. – 1991. – № 4. – С. 10-12.
2. Абрамов, А. П. Управление экономическими результатами в рыночных условиях (анализ безубыточности) [Текст] / А. П. Абрамов // Вестник ВНИИЖТ. – 1995. – № 1. – С. 3-8.
3. Транспортный маркетинг [Текст] / А. П. Абрамов [и др.]; под ред. В. Г. Галабурды. – М.: Маршрут, 2006. – 456 с.
4. Аксенов, И. М. Эффективность пассажирских железнодорожных перевозок [Текст] : монография / И. М. Аксенов. – К.: Транспорт Украины, 2004. – 284 с.
5. Аксенов, И. М. Основы маркетинга услуг в сфере пассажирских перевозок [Текст] / И. М. Аксенов. – К.: КМУГА, 1999. – 186 с.

Поступила в редколлегию 12.05.2010.

Принята к печати 24.05.2010.

КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ ЕКОНОМІЧНОЇ СИСТЕМИ ПРИМІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Обґрунтовано доцільність побудови моделі економічної системи приміського пасажирського залізничного транспорту України та запропоновано концептуальний підхід до її побудови в сучасних умовах, надано визначення цієї системи, виділено її складові та приведено їх визначення.

Ключові слова: економічна система, приміський пасажирський залізничний транспорт України

Обоснована целесообразность построения экономической системы пригородного пассажирского железнодорожного транспорта Украины и предложен концептуальный подход к её построению в современных условиях, дано определение этой системы, выделены её составляющие и приведено их определение.

Ключевые слова: экономическая система, пригородный пассажирский железнодорожный транспорт Украины

The advisability of construction of economic system model of Ukrainian suburban passenger railway transport is grounded. The conceptual approach to its construction in present conditions is proposed. The components of this system are separated. The definitions of this system and its components are given.

Keywords: economic system model, Ukrainian suburban passenger railway transport

Постановка проблеми та її зв'язки з науковими та практичними завданнями

Покращення фінансово-економічного стану приміського залізничного транспорту обумовлено вирішенням комплексу задач щодо удосконалення елементів його економічної системи. Для цього слід з'ясувати і уточнити сутність економічної системи приміського залізничного транспорту та взаємозв'язок її основних складових, спираючись на загальні поняття системи і порядок її побудови.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, на які спирається автор з посиланнями на джерела

Питаннями удосконалення функціонування економічних систем на мікроекономічному рівні присвячено роботи різних авторів [1 – 4].

У загальному розумінні «система» (в перекладі з грецької – ціле, що складається з частин; з'єднання) – це множина елементів, що перебувають у відносинах та зв'язках один з одним, котра утворює визначену цілісність, єдність [5, с. 463].

Перші уявлення про систему як упорядкованість та цілісність буття виникли ще за часів античності. З часом вони розширювалися, набували нових форм та сфер застосування, а в 40–50-х рр. ХХ ст. почалася активні дослідження задачі побудови чітко визначеного поняття «система» та розробки оперативних методів її аналізу. Загалом поняття системи із середини ХХ ст. стало ключовим серед філософ-

ських, природознавчих, лінгвістичних понять [5, с. 463].

В науково-технічному знанні (кібернетика, системотехніка, системний аналіз тощо) в рамках системного підходу, загальної теорії систем, різних спеціальних теорій систем проводиться розробка проблематики, пов'язаної з дослідженням і конструюванням різних систем [5, с. 463]. Система має чотири напрямки тлумачення – це або порядок у взаємозв'язку визначених дій, або форма організації; єдність структурно розташованих та взаємопов'язаних частин, або форма устрою суспільства, або об'єднання чи установа з однорідними задачами [6, с. 582].

Енциклопедична література виділяє різні типи систем, що класифікують за різними ознаками: матеріальні (неорганічної природи і живі) та абстрактні (наукових знань, лінгвістичні, логічні), статичні і динамічні; детерміновані, ймовірнісні; закриті та відкриті; автоматизовані, економічні тощо [5, с. 464].

В сучасний період наукова думка націлена як на дослідження в області загальної теорії систем, так і на оволодіння конкретними знаннями про різні типи і аспекти систем. Такі науково-прикладні дослідження конкретних систем спираються на принцип ієрархічності, сутність якого полягає в тому, що дослідження будь-якої системи можливо тільки за умови розгляду її як елемента системи більш високого рівня (надсистеми). При цьому сам елемент, що досліджується, слід розглядати як окрему систему, що складається із притаманних їй елеме-

нтів. Тобто ієрархічність побудови систем проявляється як сукупність взаємопов'язаних систем різного рівня [7, с. 3-4].

Основними методами дослідження системи як упорядкованої сукупності її компонентів є дедуктивний метод, основним принципом якого є побудова висновків «від загального до часткового», і метод поступових наближень, що передбачає отримання адекватних знань про систему шляхом оперування первинно неповними і обмеженими знаннями про неї і поступового, послідовного їх поглиблення.

Економічна система являє собою сукупність усіх видів економічної діяльності людей у процесі їх взаємодії, спрямованих на виробництво, обмін, розподіл та споживання товарів і послуг, а також на регулювання такої діяльності відповідно до мети суспільства [8, с. 444]. Основними складовими економічної системи є підсистеми, кожна з яких складається з окремих елементів, компонентів із властивою їм сукупністю зв'язків між собою і розвивається за спільними для всієї економічної системи законами, а також за властивими лише для даної підсистеми законами і суперечностями [8, с. 444].

Виділення не вирішених частин загальної проблеми, котрій присвячується стаття

Проте, переважну більшість досліджень присвячено питанням оптимізації роботи економічних систем промислових підприємств. Натомість, ґрунтовним дослідженням економічної системи залізничного транспорту загалом, і приміського зокрема, що давали б узагальнююче уявлення про їх цілісний характер як структуровану сукупність взаємопов'язаних елементів, що входять до її складу, приділялось недостатньо уваги.

Формування цілей статті (постановка завдання)

Мета статті полягає у розкритті та обґрунтуванні підходу до побудови економічної системи приміського пасажирського залізничного транспорту України в існуючих умовах.

Виклад основного матеріалу дослідження з обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Визначення елементного складу і структури економічної системи приміського пасажирського залізничного транспорту, процесів, що обумовлюють взаємозв'язок її складових і побудова її розгорнутої моделі потребує окремого глибокого дослідження. Передумовою застосу-

вання системного підходу щодо обґрунтування шляхів покращення економічного стану приміського залізничного транспорту є прискіпливий розгляд окремих її елементів. З огляду на поставлену мету статті, доцільно дати визначення економічної системи приміського пасажирського залізничного транспорту, її основних складових, показати їх взаємозв'язок, характерні властивості системи і, спираючись на це, означити концептуальні підходи до побудови її моделі. Це дасть можливість зосередитись на тих елементах економічної системи, удосконалення яких має пріоритетне значення для покращення економічного стану приміського залізничного транспорту і забезпечення його конкурентоспроможності.

Складові (компоненти) економічної системи (підсистеми, елементи) в залежності від означеної форми, типу зв'язків можуть класифікуватись за різними критеріальними ознаками: функціональною, технологічною, споживчими властивостями, віковою, територіальною, рейтинговою ознакою тощо.

Економічна система приміського пасажирського залізничного транспорту є складовою частиною процесу приміських залізничних перевезень населення, що функціонує у сукупності ринкових економічних взаємовідносин, котрі виникли між державою, місцевими органами самоврядування, залізницями, структурними підрозділами приміського залізничного транспорту та фізичними особами (тобто пасажирами, населенням). Вона являє собою упорядковану діючу цілісну генеральну сукупність груп взаємопов'язаних, взаємообумовлених та взаємозалежних економічних процесів (економічних підсистем), що відбуваються поміж суб'єктами господарчої діяльності, котрі надають послуги у сфері приміських перевезень населення, та споживачами цієї послуги – пасажирами приміського залізничного транспорту.

Метою вдосконалення економічної системи є підвищення ефективності та якості пасажирських перевезень приміським залізничним транспортом і, таким чином, забезпечення його конкурентостійкості на ринку транспортних послуг на основі розширеного відтворення.

Надсистемою для економічної системи приміського залізничного транспорту є економічна система пасажирських перевезень залізничним транспортом.

Економічна система приміського залізничного транспорту, як і будь-яка система, містить в собі сукупність підсистем.

Підсистема економічної системи приміського залізничного транспорту – це її складова частина, що являє собою деякий комплекс еконо-

мічних елементів, що проявляються як локальні процеси, яким властивий тісний функціональний та організаційний зв'язок у визначеній сфері економічної діяльності з надання послуг із перевезень населення залізницею у приміському сполученні.

Видається, що для економічної системи приміського залізничного транспорту можна виділити, на нашу думку, такі підсистеми, як організаційно-економічна, техніко-економічна, соціально-економічна, фінансово-економічна підсистеми, підсистема трудових функцій та маркетингова підсистема. Кожна підсистема, у свою чергу, складається із сукупності взаємодіючих один з одним елементів.

Елементом економічної підсистеми приміського залізничного транспорту є локальний економічний процес, що протікає у взаємодії з іншими економічними процесами (елементами) визначеної економічної підсистеми.

Організаційно-економічна підсистема – це складова частина економічної системи приміського залізничного транспорту, що являє собою сукупність процесів утворення, упорядкування, узгодження та удосконалення взаємозв'язків між окремими підсистемами та елементами економічної системи, що забезпечують оптимальну організацію приміського залізничного сполучення в умовах конкурентного оточення. Цій підсистемі властиві такі процеси, як визначення виробничих та управлінських функцій і на цій основі формування організаційно-виробничої структури, що обумовлена функціональними зв'язками між структурними підрозділами; а також визначення напрямків, маршрутів приміських перевезень та складання розкладу руху поїздів; узгодження з органами місцевого самоврядування організаційних питань відповідно вимогам нормативних та законодавчих актів тощо.

Техніко-економічна підсистема – це складова частина економічної системи приміського залізничного транспорту, що являє собою сукупність техніко-економічних відносин, що проявляються в процесах використання знань, досвіду людей, матеріалізованих у засобах перевезень населення приміським залізничним транспортом та забезпечують оптимальні умови його функціонування на ринку транспортних послуг. До підсистеми може бути віднесено такі елементи, як техніко-економічні аспекти використання активної частини (вид рухомого складу, його формування, швидкість руху, населеність тощо) та пасивної частини основних виробничих фондів, а також невиробничих основних фондів; пропускної спроможності (уз-

годження графіку руху приміського рухомого складу з урахуванням пропускної спроможності тощо), утримання та ремонту основних фондів, визначення та обґрунтування напрямків інноваційної діяльності тощо.

Соціально-економічна підсистема – це складова частина економічної системи приміського залізничного транспорту, що є сукупністю процесів формування та дії суспільних норм та правил в сфері приміських залізничних перевезень пасажирів, які обумовлено рівнем економічного розвитку суспільства, що дозволяє створити оптимальні умови для їх функціонування у середовищі ринкової конкуренції. До підсистеми можуть бути віднесені такі елементи, як забезпечення дотримання умов законодавства щодо перевезень пільгових категорій громадян, розробка нормативних і правових актів з перевезення населення у приміському сполученні і контроль за їх виконанням, створення робочих місць і умов забезпечення соціальних гарантій трудовому колективу тощо.

Фінансово-економічна підсистема – це складова частина економічної системи приміського залізничного транспорту, що являє собою процес створення, розподілу та використання фондів грошових коштів, а також створення умов розширеного відтворення на основі стратегії подальшого інноваційно-інвестиційного розвитку приміського залізничного транспорту. До підсистеми можна віднести такі елементи: управління доходами, витратами, прибутком, інвестиційною діяльністю тощо.

Підсистема організації та виконання трудових функцій – це складова частина економічної системи приміського залізничного транспорту, яка являє собою сукупність організації та виконання трудових процесів доцільної діяльності людей, що відповідає їх економічним інтересам та спрямована на створення оптимальних умов для приміських пасажирських залізничних перевезень в сфері конкуруючих видів транспорту. До неї можуть бути віднесені наступні елементи: організація та нормування процесу праці, організація заробітної плати, забезпечення трудовими ресурсами тощо.

Маркетингова підсистема – це складова частина економічної системи приміського залізничного транспорту, що являє собою сукупність трудових ресурсів, технічних засобів та правил поведінки співробітників підприємства, що дозволяють організувати бізнес-процеси взаємодії підприємства з ринком таким чином, що бізнес становився більш ефективним, в тому числі й мав би окупити саму маркетингову систему. До неї можна включити такі елементи, як

вивчення ринку транспортних послуг, розробка та впровадження заходів щодо посилення конкурентоспроможності приміського залізничного транспорту тощо.

Адекватне й раціональне співвідношення між окремими підсистемами та між їх елементами найбільше залежить від господарського механізму, який є, по-перше, механізмом використання економічних законів; по-друге, механізмом розв'язання суперечностей економічної системи; по-третє, функцією реалізації відносин власності; по-четверте, механізмом узгодження економічних інтересів; по-п'яте, механізмом всебічного розвитку людини [8, с. 445]. Таким чином, господарський механізм в рамках економічної системи приміського залізничного транспорту є способом регулювання взаємовідносин сукупності її підсистем та елементів.

Вище означені лише загальні підходи до побудови моделі економічної системи приміського пасажирського залізничного транспорту. Проте, її дієве вдосконалення можливе за чіткої уяви про саму економічну систему, її побудову, механізм функціонування і системоутворюючі процеси. Отримати таку уяву можна тільки шляхом створення повної та докладної моделі згаданої системи з визначенням всіх її підсистем, елементів та існуючих взаємозв'язків між ними. Це надасть можливість встановити, що є входом і виходом кожної підсистеми і складових її елементів, ступінь їх результативності, виявити з позиції їх функціонально-вартісної оцінки найменш результативні складові системи. Лише на основі такого поглибленого моделювання доцільно приймати рішення про ліквідацію або вдосконалення низькоефективних елементів системи за обов'язкового моделювання можливого впливу такої перебудови на ефективність системи в цілому.

Висновки даного дослідження і перспективи подальших робіт у цьому напрямку

Для визначення концепції побудови економічної системи приміського пасажирського залізничного транспорту України було застосовано системний підхід, в основі якого лежить розгляд об'єктів як цілісної системи, котрій властиве розмаїття типів зв'язку поміж її ком-

понентами. Такий підхід дозволить виявити найбільш значущі задачі, від вирішення яких залежить ефективне функціонування приміського залізничного транспорту, забезпечення його конкурентоспроможності, а також дасть можливість розкрити причини виникнення проблем та виявити шляхи їх розв'язання. Це створить передумови для подальших більш глибоких досліджень найважливіших напрямків удосконалення функціонування приміського залізничного транспорту, що визначають рівень ефективності його функціонування.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бурков, В. Н. Механизмы функционирования организационных систем [Текст] / В. Н. Бурков, В. В. Кондратьев. – М.: Наука, 1981. – 384 с.
2. Забродский, В. А. Устойчивость экономико-производственных систем [Текст] / В. А. Забродский, П. А. Ивашенко, О. Г. Штрассер. – Деп. в ВИНТИ 10.08.78, № 2682-78 Деп. – 15 с.
3. Методы организации адаптивного планирования и управления в экономико-производственных системах [Текст] / В. И. Скурихин [и др.]. – К.: Наук. думка, 1980. – 272 с.
4. Чумаченко, Н. Г. Принятие решений в управлении производством [Текст] / Н. Г. Чумаченко, А. П. Савченко, В. Г. Корнев. – К.: Техника, 1978. – 192 с.
5. Большая советская энциклопедия. Т. 23: Сафлор – Соан [Текст] / под ред. А. М. Прохорова. – 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1976. – 640 с.
6. Большая экономическая энциклопедия [Текст] / Т. П. Варламова [и др.]. – М.: ООО «Издательство «Эксмо», 2007. – 816 с.
7. Балака, Е. И. Автоматизированная подсистема иерархического представления экономической информации [Текст] / Е. И. Балака, М. И. Главчев // Вестник Харьковского гос. политехн. ун-та. – 1997. – № 21. – С. 3-4.
8. Економічна енциклопедія [Текст] : У 3-х тт. / ред. рада: Б. Д. Гаврилiшин (голова) [та ін.]. – К.: Академія; Тернопіль: Акад. нар. госп-ва, 2000-2002. – Т. 1 : А (абадан) – К (концентрація виробництва) / редкол.: С. В. Мочерний (відп. ред.) [та ін.]. – 2000. – 863 с.

Надійшла до редколегії 18.03.2010.

Прийнята до друку 31.03.2010.

ОБНОВЛЕННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ЯК ПРІОРИТЕТНИЙ НАПРЯМОК ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ «УКРЗАЛІЗНИЦІ»

У роботі розглянуто основні джерела інвестицій в оновлення парку пасажирських вагонів. При цьому рухомий склад, що купується, має відповідати планам стратегічного розвитку «Укрзалізниці», її фінансовим можливостям та прогнозам щодо майбутньої ринкової поведінки споживачів (пасажирів).

Ключові слова: парк пасажирських вагонів, джерела інвестицій, фінансовий лізинг

В работе рассмотрены основные источники инвестиций, которые направлены на обновление парка пассажирских вагонов. При этом подвижной состав, который покупается, должен отвечать планам стратегического развития «Укрзалізниці», ее финансовым возможностям и прогнозам относительно будущего рыночного поведения потребителей (пассажиры).

Ключевые слова: парк пассажирских вагонов, источники инвестиций, финансовый лизинг

This article is devoted to the basic sources of investments aimed at the renovation of stock of passenger coaches. Thus the rolling stock that is to be bought must meet the plans of strategic development of «Ukrzaliznytsia» (Ukrainian Railways), their financial possibilities and outlooks of the further market behavior of consumers (passengers).

Keywords: stock of passenger coaches, sources of investments, financial leasing

Вступ

В умовах світової фінансової кризи під загрозу ставиться діяльність багатьох підприємств. На сьогоднішній день виділяються пріоритетні галузі виробництва, які зможуть вистояти перед існуючими економічними негараздами. Однією з них є галузь залізничного транспорту. Проте для розвитку будь-якої галузі необхідно мати оснащену технічну базу, зокрема це стосується рухомого складу. На жаль, на сьогоднішній день приблизно 80 % усього рухомого складу, що залучений до процесу перевезень, є морально застарілим і зношеним. Він потребує модернізації та оновлення. При цьому ефективній заміні рухомого складу передує процес накопичення необхідних для цього грошових коштів. Рухомий склад, що купується, має відповідати планам стратегічного розвитку «Укрзалізниці», її фінансовим можливостям та прогнозам щодо майбутньої ринкової поведінки споживачів (пасажирів та промислових підприємств).

Постановка задачі

Залізничний транспорт виступає однією з найбільш капіталомістких галузей. Інвестиційна діяльність на залізничному транспорті – одна з пріоритетних, особливо в даний час, коли значна частина основних засобів застаріла фізично і морально, а очікуваний ріст обсягу пе-

ревозень незабаром приведе до утворення значного дефіциту рухомого складу.

Фінансовим планом залізниць України на 2009 рік передбачалися капітальні інвестиції в розвиток залізничного транспорту в обсязі 7,9 млрд грн, що в 3 рази менше від потреби. При цьому 50 % цих коштів планувалося направити на оновлення рухомого складу (придбання нового та модернізація наявного парку). Зокрема, за рахунок власних, кредитних коштів та через механізм фінансового лізингу передбачається придбати рухомого складу на суму 3,1 млрд грн, у тому числі 20 електровозів, 170 пасажирських вагонів, 1860 вантажних вагонів, 6 електропоїздів, 5 рейкових автобусів, 2 автомотриси та 23 одиниці колійного рухомого складу. Проте за підсумками 2009 року залізницями України придбано лише 4 одиниці електровозів загальною вартістю 103,4 млн грн.

Результати

Існує декілька джерел фінансування (інвестицій): прибуток, амортизаційні відрахування, бюджетне фінансування, банківський кредит та фінансовий лізинг.

Основним інвестиційним джерелом оновлення парку пасажирських вагонів є доходи від пасажирських перевезень. Проте рівень тарифів на пасажирські перевезення не відповідає вартості наданих послуг. Відсоток покриття

загальних витрат доходами від пасажирських перевезень коливається в межах від 52 до 65 %.

Законом України «Про залізничний транспорт» передбачено, що оновлення рухомого складу відбувається за рахунок коштів, передбачених Державним бюджетом України. Проте за останні роки кошти залізничному транспорту не виділялись. В 2007 році вперше було передбачено 80 млн грн на здешевлення кредитів на придбання пасажирських вагонів через державне лізингове підприємство [1].

Традиційним джерелом інвестування розвитку діяльності залізниць є кредити банків та міжнародних фінансових організацій. Для цілей кредитування оновлення парку пасажирських вагонів планувалося залучити за період 2007–2015 рр. вітчизняні кредитні ресурси у обсязі 1,73 млрд грн та отримати кредит ЄБРР [2]. Проте, розмір цих кредитів під впливом світової економічної кризи значно скоротився і не зможе суттєво допомогти «Укрзалізниці» у ви-

рішенні проблеми оновлення парку пасажирських вагонів. При цьому відсутність статусу суб'єкта господарювання не дозволяє «Укрзалізниці» отримати пільгові кредити міжнародних фінансових організацій, а статутний фонд окремих залізниць – суб'єктів господарювання недостатній для його отримання. До того ж, «Укрзаліниця» не може отримати оцінку кредитного рейтингу з боку міжнародних рейтингових агенцій, що теж значно ускладнює процес залучення іноземних інвестицій.

Одним із перспективних джерел інвестиційного розвитку «Укрзалізниці» може бути фінансовий лізинг, який зараз дуже активно застосовується саме для оновлення парку пасажирських вагонів. У схемі лізингу є декілька переваг, які дуже важливі для «Укрзалізниці» [2]. Про ефективність використання фінансового лізингу свідчить щорічне зростання вартості лізингових угод (рис. 1).

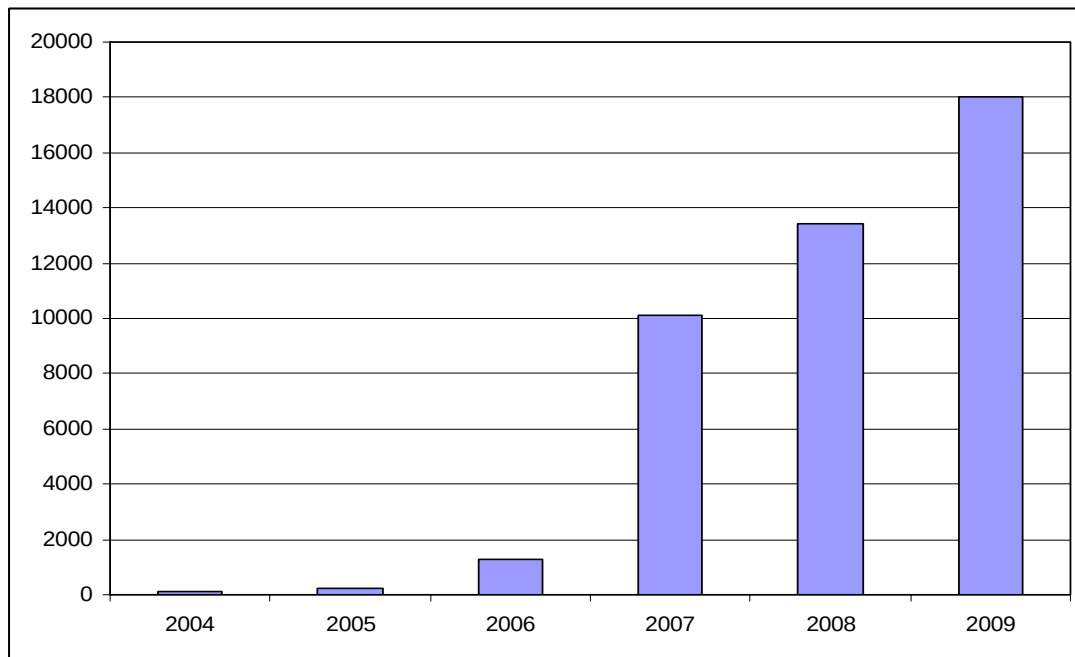


Рис. 1. Кількість укладених лізингових угод за роками [2]

На сьогодні відомо, що оновлення парку пасажирських вагонів відбувалося за рахунок двох джерел: власні кошти та кошти, залучені на умовах фінансового лізингу.

За період з 1992 по 2009 рік «Укрзалізницею» було придбано 625 вагонів, в тому числі 532 нових та 93, що були у використанні (табл. 1).

На сьогодні «Укрзаліниця» має 532 вагони, вік яких менше 20 років. Найбільше нових вагонів було придбано після 1999 року, що пояснюється поступовим виходом із кризи, що ви-

никла після розпаду СРСР. У 2008 році було придбано 179 вагонів, що є найбільшим показником за останні 20 років. Майже половину із них було придбано на умовах фінансового лізингу.

Функціонування залізничного транспорту за умов ринкової економіки вимагає перегляду інвестиційної політики. Розвиток конкурентного середовища дає стимул для формування взаємовигідних великих інвестиційних проектів із тривалим інвестиційним циклом та тривалим періодом окупності [3].

Відмінність такого фінансування від звичайного кредитування полягає у тому, що кошти для реалізації цих проектів залучаються через банки, фірми-консультанти, покупців продукції, постачальників будматеріалів, основного та допоміжного устаткування. Основною перевагою такого фінансування є чітке розмежування рівня участі партнерів та розмежування ризиків участі у ньому. Проте, як показує досвід зарубіжних країн, такі проекти все одно не залучають необхідної кількості коштів для

оновлення матеріально-технічної бази транспорту. Це свідчить про необхідність удосконалення не тільки інвестиційної, але й технічної політики залізничного транспорту [3].

По-перше, необхідно налагодити співпрацю між вітчизняними виробниками рухомого складу та підприємствами залізничного транспорту. Оскільки, саме незлагодженість інтересів «Укрзалізниці» та підприємств-виробників рухомого складу ускладнює процес технічного переоснащення залізниць України.

Таблиця 1

Придбання пасажирських вагонів «Укрзалізницею» з 1992 по 2009 роки [1]

Рік поставки	Придбано вагонів		
	нових	б/в	усього
1992	22	0	22
1993	8	0	8
1994	4	12	16
1995	17	23	40
1996	8	0	8
1997	0	37	37
1998	5	5	10
1999	22	0	22
2000	24	0	24
2001	37	2	39
2002	28	8	36
2003	31	2	33
2004	20	4	24
2005	24	0	24
2006	62	0	62
2007	37	0	37
2008	179	0	179
2009	0	0	0
Усього	532	93	625

Виробнича потужність вітчизняної вагонобудівної галузі – щонайменше 25 тисяч вагонів на рік. В Україні їх виробляють ВАТ «Крюківський вагонобудівний завод» (єдиний, що займається як пасажирськими, так і вантажними вагонами), ЗАТ «Азовмаш», ВАТ «Дніпровагонмаш», ВАТ «Стаханівський вагонобудівний завод» (вантажні), ЗАТ «Харківський вагонобудівний завод» (пасажирські). Проте основними їх споживачами досі залишаються Росія, Іран, Білорусія, Казахстан, країни Балтії. На

український ринок направляється усього 5 % виготовленої продукції, що йде переважно промисловим підприємствам та приватним компаніям. Наприклад, у 2007 році ВАТ «Крюківський вагонобудівний завод» отримав тендер на поставку вагонів «Укрзалізниці», проте це склало всього 20 % виробничої потужності заводу [3].

Пасажирські залізничні перевезення у дальньому сполученні виконуються рухомим складом, який не відповідає європейським стандар-

там за рівнем якості, комфорту та швидкості руху. Ширина купе, система пожежної безпеки, система вентиляції, туалети, плавність руху та інше залишають бажати кращого. З кожним роком формувати поїзди стає все складніше. Потрібне суттєве оновлення парку вагонами нового покоління.

Найбільшої уваги зараз заслуговують пасажирські вагони виробництва Крюківського вагонобудівного заводу. Рухомий склад цього заводу відповідає європейським санітарним нормам, має покращений дизайн та комфортність. Їх доцільно закупляти для формування поїздів, які курсують в Україні та за кордон.

Вагони, які виготовляються на Тверському вагонобудівному заводі, мають нижчу вартість, проте не повністю відповідають європейським стандартам (ширина купе, відсутність екологічного туалету та ін.). Усі представлені вагони запроектовані на конструктивну швидкість 160 км/год.

Враховуючи те, що Крюківський вагонобудівний завод має велику потужність, необхідну культуру виробництва і є українським заводом, рекомендовано закупляти нові вагони на ньому. Інколи висока ціна пасажирських вагонів на цьому заводі пояснюється виконанням усіх умов європейських стандартів [5].

В Україні є досвід експлуатації пасажирських вагонів ВАТ «Крюківський вагонобудівний завод» та ВАТ «Тверський вагонобудівний завод» (Росія), які курсують зі швидкостями до 140 км/год. Для підвищення конкурентоспроможності пасажирських перевезень необхідно закупляти вагони нового покоління, які відповідають нормам європейських стандартів та підвищеним швидкостям руху до 200 км/год [5].

Для експлуатації на залізницях України також підходять двоповерхові фінські вагони Transtech. Ці вагони досить популярні у Європі через свою комфортабельність та надійність. Випускають також двоповерхові купейні спальні вагони Transtech для поїздок вночі. Крю-

ківський вагонобудівний завод запропонував для експлуатації новий двоповерховий пасажирський вагон, у якому буде фінський кузов, адаптований до залізниць України, а візки – українського виробництва.

Висновки

У 2010 році «Укрзалізниця» планує закупити 63 пасажирські вагони. Середня вартість одного пасажирського вагона на сьогодні складає приблизно 8500 тис. грн. Тобто, на оновлення рухомого складу потрібно витратити приблизно 535,5 млн грн. В умовах фінансової кризи знайти такі кошти не легко, саме тому «Укрзалізниця» необхідно вдосконалювати та розвивати інвестиційну політику, яка б дозволила знайти необхідні кошти для оновлення парку пасажирських вагонів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Дані «Укрзалізниці» [Текст].
2. Волканова, Н. Д. Дослідження інвестиційних джерел оновлення парку пасажирських вагонів Укрзалізниці [Текст] / Н. Д. Волканова // Вісник економіки транспорту та промисловості. – 2009. – № 28. – С. 87-90.
3. Токмакова, І. В. Сучасні підходи до вирішення проблеми оновлення рухомого складу залізничного транспорту [Текст] / І. В. Токмакова // Вісник економіки транспорту та промисловості. – 2009. – № 25. – С. 82-84.
4. Верхоглядова, Н. І. Особливості та сучасний стан пасажирського господарства залізниць України [Текст] / Н. І. Верхоглядова, Ю. С. Бараш, О. О. Карась // Економіка: проблеми теорії та практики: зб. наук. пр. – Д.: ДНУ, 2007. – Вип. 232, т. 4. – С. 875-883.
5. Лобойко, Л. М. Проблемы и перспективы пассажирского вагоностроения в Украине [Текст] / Л. М. Лобойко // Заліз. трансп. України. – 2006. – № 3. – С. 3-9.

Надійшла до редколегії 18.03.2010.

Прийнята до друку 23.03.2010.

ЕКОНОМІЧНІ СКЛАДОВІ ПОЗИЦІЮВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ НА РИНКУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

У даній статті визначено економічні складові позиціонування залізничного транспорту на ринку перевезень.

Ключові слова: залізничний транспорт, позиція, конкуренція, ринок перевезень

В данной статье определены экономические составляющие позиционирования железнодорожного транспорта на рынке перевозок.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, позиция, конкуренция, рынок перевозок

In this article the economic constituents of positioning the railway transport at the market of transportations are defined.

Keywords: railway transport, position, competition, market of transportations

Постановка проблеми

Зростання конкуренції між різними видами транспорту за обсягами перевезень особливо посилюється під час кризових явищ економіки. Це пояснюється загальним зменшенням вантажо- та пасажиропотоків через обмежену діяльність підприємств промислового комплексу та погіршенням соціального захисту населення. Під час посилення конкурентної боротьби стають помітнішими слабкі та сильні сторони кожного з видів транспорту і виграти зможуть ті, які мають конкурентні переваги. Оскільки залізничний транспорт займає провідне місце у системі перевезень не тільки України, а і у світі він потребує негайної розробки нових напрямків забезпечення конкурентоздатності, враховуючи не тільки технічні та технологічні переваги, але й переваги в галузі знань та інновацій.

Аналіз останніх досліджень

Значний науковий внесок у дослідження проблем конкурентоспроможності залізничного та автомобільного транспорту зробили такі вітчизняні та зарубіжні вчені: Андрощук С., Голосеев С., Дейнека О. Г., Кондратьев Д., Позднякова Л. О., Шканова О. М. та ін. Проте незважаючи на вагомі напрацювання, залишаються проблеми, що потребують додаткового наукового аналізу, а саме визначення економічних складових позиціонування залізничного транспорту на ринку перевезень, що є *метою* даної статті.

Виклад основного матеріалу

Однією з важливих умов ефективного функціонування економіки будь-якої держави є впровадження в інтересах суспільства оптимального механізму доставки і перевезень вантажів. Тому транспорт у більшості держав світу є однією із самих динамічних галузей через його особливу роль у соціально-виробничій інфраструктурі. Стабільно працююча транспортна система вимагає випереджального свого розвитку, в результаті чого буде забезпечено нормальне функціонування ринків товарів і послуг, розвиток регіонів і міст, розширення міжнародних економічних і культурних зв'язків, а також вільний розвиток особистості.

Наша країна представлена різними видами транспорту: залізничним, морським, річковим, авіаційним та трубопровідним, що характеризує її як потужну транспортну країну.

Найбільший вантажообіг здійснює залізничний, автомобільний та морський транспорт, з явним випередженням першого (без урахування трубопровідного), представлений у Табл. 1 [1].

У довоєнні часи залізничний транспорт був основним перевізником на ринку транспортних послуг, однак згодом почав втрачати свої позиції. Ця тенденція здебільшого обумовлена особливостями постіндустріального розвитку і мала об'єктивний характер, тому що більша частина ВВП – це високотехнологічна продукція, що перевозиться переважно автомобільним транспортом.

Зараз загальносвітові тенденції сприяють розвитку залізничного транспорту: у зв'язку з різким погіршенням екологічної ситуації у світі та підвищенням цін на рідке паливо. Це сприяє до все більшого переключення вантажопотоків з автомобільного на залізничний транспорт як найбільш екологічного та менш витратного.

Однак поки що залізничний транспорт України, як і раніше, перевозить переважно продукцію вантажоутворюючих галузей і не має відповідного рухомого складу для перевезення більш високовартісної продукції. Тому не дивно, що зараз в умовах фінансово-еконо-

мічної кризи цей вид транспорту знаходиться у важкому становищі, бо кризові явища вплинули саме на промислові галузі. Крім залізничного, у тяжкому становищі знаходяться й інші види транспорту, про що свідчить значне скорочення відповідного вантажообігу в 2008 році порівняно з показниками попередніх років (Табл. 1). Тому зараз на ринку транспортних перевезень розгорнулася жорстка конкурентна боротьба, коли кожен вид транспорту намагається зберегти кожного клієнта та відстояти свої позиції на ринку перевезень.

Таблиця 1

Вантажообіг різних видів транспорту, млрд грн

Види транспорту	Роки								
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Залізничний	172,8	177,5	193,1	225,3	234,0	224,0	240,8	262,5	257,0
Морський	8,6	10,1	8,8	0,9	9,3	9,6	12,1	12,9	11,3
Річковий	5,9	3,7	4,2	4,7	5,6	6,3	6,3	5,7	4,5
Автомобільний	19,3	18,5	20,6	24,4	28,8	35,3	40,6	46,6	54,9
Авіаційний	0,0	0,0	0,4	0,5	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
Трубопровідний	187,5	184,2	184,2	192,7	202,1	198,1	194,5	182,1	179,6

Залізничний транспорт має стратегічне значення для економіки України і повинен займати провідну роль у перевезеннях вантажів і пасажирів у внутрішньому та міжнародному сполученні. Для чого необхідно створити відповідні умови, тобто сприяти максимальному обсягу виробництва в галузях промисловості за рахунок надання якісних послуг з перевезень вантажів, справедливого розподілу прибутку між промисловістю і транспортом. Реалізація цього неможлива без розробки комплексної системи державного регулювання та створення необхідної законодавчої та нормативної бази, яка дозволить формування інвестиційно-інноваційної моделі розвитку залізничного транспорту, підвищити використання державного майна, формування ефективної тарифної політики, покращити якість та ефективність вантажних і пасажирських перевезень, створення конкурентного середовища, спрощення та прискорення дозвільних процедур. А ще – поліпшення та впровадження прогресивних технологій, підвищення енергоефективності та кадрове забезпечення галузі [8].

Для того, щоб зрозуміти, яку позицію буде займати залізничний транспорт у майбутньому, спрогнозуємо обсяг вантажних перевезень, які

зараз складають близько 80 % від його загального вантажообігу.

Оскільки залізничний транспорт перевозить переважно продукцію вантажоутворюючих галузей, то його позиція на ринку перевезень буде залежати від проміжного споживання, яке безпосередньо пов'язане з потребами і витратами суспільства на транспортування вантажів.

Для позиціонування залізничного транспорту використовують показник транспортності, завдяки якому можливо спрогнозувати вантажообіг і з'ясувати обсяг транспортної роботи на одиницю виробленої продукції (т-км/т). Цей показник розраховується як відношення вантажообігу відповідного виду транспорту до обсягу виробництва, результати якого наведені у Табл. 2 [1, 2].

З цієї таблиці видно, що, з урахуванням транспортності різних видів транспорту у 2008 році, домінуючу позицію займає саме залізничний транспорт, тобто виконує більшу роботу з перевезень, ніж інші види транспорту разом (без урахування трубопровідного). З 2004 року по всіх видах транспорту простежується тенденція щодо зниження транспортності, бо з цього року збільшилась середня вартість однієї тонни вантажу, що не є негативним

фактором, оскільки збільшилися перевезення праце- та наукомісткої продукції; переключенням попиту вантажовласників на альтернативні види транспорту; впливом кризових явищ та скороченням загальних обсягів виробництва в країні (у 2007-2008 рр.).

Прогнозні визначення щодо цього показника позитивні, транспортосемність буде збільшуватися по всіх видах транспорту, однак найбільший темп зростання відбудеться саме на залізничному транспорті. Про що свідчать наступні дані [8].

Таблиця 2

Макроекономічні та основні показники роботи транспортної галузі за 2000-2008 рр., млрд грн

Показники	Роки							
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Вантажообіг								
Залізничний	177,5	193,1	225,3	234,0	224,0	240,8	262,5	257,0
Морський	10,1	8,8	0,9	9,3	9,6	12,1	12,9	11,3
Річковий	3,7	4,2	4,7	5,6	6,3	6,3	5,7	4,5
Автомобільний	18,5	20,6	24,4	28,8	35,3	40,6	46,6	54,9
Авіаційний	0,0	0,4	0,5	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
Трубопровідний	184,2	184,2	192,7	202,1	198,1	194,5	182,1	179,6
Проміжне споживання вантажоутворюючих галузей								
У фактичних цінах	233,3	248,7	295,2	402,5	484,4	554,3	699,1	1051,1
Транспортносемність проміжного споживання вантажоутворюючих галузей								
Залізничний	760,8	796,5	763,2	581,4	462,4	434,4	375,5	244,5
Морський	43,3	35,4	33,5	23,1	19,8	21,8	18,5	10,8
Річковий	15,9	16,9	15,9	13,9	13,0	11,4	8,2	4,3
Автомобільний	79,3	82,8	82,7	71,6	72,9	73,2	66,7	52,2
Авіаційний	1	1,6	1,7	0,7	0,6	0,5	0,6	0,4
Трубопровідний	789,5	740,7	652,8	502,1	409,0	350,9	260,5	170,9

Згідно з оприлюдненими матеріалами Ради з вивчення продуктивних сил України Національної академії наук України, видобування вугілля в Україні у 2015 р. збільшиться майже на 40 %, нафти – на 35 %. Очікується нарощування обсягів переробки нафти завдяки більш повному використанню потужностей, підвищенню глибини переробки нафти та розширенню асортименту якісних видів нафтопродуктів. У прогностичному періоді темпи зростання виробництва продуктів нафтопереробки, коксу та ядерного палива майже у два рази перевищуватимуть темпи видобутку енергетичних матеріалів. У результаті обсяги перевезень (відправлень) вантажів залізничним транспортом зростуть з 462 млн т у 2004 р. до 700 млн т у 2015 р., тобто на 52 % [3].

Реалізація перспективного проекту щодо транспортування вантажів за напрямком Москва–Відень через територію України також може позитивно відобразитися на показнику транспортосемності залізничного транспорту. Бо очікуваний обсяг перевезень до 2015 року може сягнути 30...40 млн т на рік, надасть можливість виходу на порти Адріатики, налагодить сприятливіші транспортні умови у напрямку Європа–Азія та складе гідну конкуренцію автомобільному і морському транспорту [4].

Перспективним також є будівництво українського порту у Вармінсько-Мазурському регіоні біля міста Ельблонг, який польська влада планує продати саме українській стороні. Економічні перспективи визначаються у відкритті найкоротшого шляху з України до акваторії

Балтійського моря, також у цей маршрут можна залучити вантажопотоки з Туреччини, Грузії та Азербайджану в кількості більш ніж 2...3 млн т вантажів на рік, які планується перевозити саме залізничним транспортом [5].

На збільшення обсягів залізничних перевезень допоможе вплинути зміна номенклатури вантажів. Так, наприклад завдяки створенню надійної термотари та засобів консервування багато перевізників продовольчих товарів планують перейти з автомобільного на залізничний транспорт [6].

Зниження залізничних наскрізних тарифів та суттєве зменшення вартості морського фрахту дозволило відкрити новий напрямок перевезення бавовни з Узбекистану до країн Південно-Східної Азії територією України. Прогнозується, що обсяг перевезень у цьому напрямку буде постійно збільшуватись [7].

Впровадження нового Збірника тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом надасть можливість залучення якнайширшого кола клієнтів. Також збільшити кількість вантажовідправників допоможе застосування по деяких напрямках швидкісного руху вантажних поїздів (1200 км на добу) – це дозволить підвищити привабливість залізничного транспорту, підвищить обсяги перевезень і показник транспортноємності.

Про збільшення показників транспортноємності залізничного та автомобільного транспорту свідчить той факт, що зараз в Україні відновлюються контейнерні перевезення, завдяки яким наша країна зможе зберегти автошляхи, зекономити на витратах палива та поліпшити екологічну ситуацію. Залізниця стане партнером для автотранспорту та встановить прийнятну плату на перевезення вантажних фур та їх водіїв (тариф – 3 грн, плата для авто перевізника – 3,75 грн) [4].

Зараз робиться акцент на збільшення пропускної спроможності українських залізниць у напрямку вітчизняних портів. Планується всебічно розвивати залізничну інфраструктуру, портові переробні комплекси, залізничні станції та підходи до них. Наразі у напрямку портів ведеться будівництво інших колій та двоколіїних вставок, що у найближчій перспективі дозволить збільшити та прискорити вантажообіг двох видів транспорту.

Всі вищевикладені фактори свідчать, що транспортноємність залізничного транспорту до 2015 року зросте на 40...45 %, автомобільного та морського транспорту завдяки співпраці з залізницею – на 28...30 % та 15 % відповідно.

На авіаційному, трубопровідному та річковому транспорті очікується незначне збільшення транспортноємності: на авіаційному через низьку конкурентоспроможність – у межах 8 %, до 13 % – на трубопровідному за умови введення в експлуатацію нафтопроводу Одеса–Броди–Гданськ та близько 10...15 % – при відродженні річкового каналу Дунай – Чорне море.

Враховуючи все вищезазначене, можна сказати, що залізничний транспорт України є дуже перспективним, має багато переваг, таких як універсальність, екологічність та маловитратність. Стрімкому розвитку саме цього виду транспорту сприяють світові тенденції, які відводять йому головне місце у загальносвітовій транспортній системі. Тому глобальна мета реформування та розвитку залізничного транспорту України має виходити із загальнодержавної мети, а саме: забезпечення максимального зростання ефективності конкретних секторів економіки країни протягом заданого терміну при постійному задоволенні потреб населення і держави в якісних транспортних послугах та надання залізничному транспорту позиції лідера на ринку перевезень.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Статистичний збірник «Транспорт і зв'язок» за 2008 рік [Текст].
2. Статистичний щорічник України за 2008 рік [Текст].
3. Шканова, О. М. Методичні підходи до прогнозування роботи залізничного транспорту на макрорівні [Текст] / О. М. Шканова // Залізничний транспорт України. – 2008. – № 20. – С. 64-70.
4. Андрощук, С. Широка колія в майбутнє [Текст] / С. Андрощук // Магістраль. – 2009. – 19-24 квітня (№ 29-30).
5. Андрощук, С. Поїздом по бездоріжжю [Текст] / С. Андрощук // Магістраль. – 2009. – 1-7 квітня (№ 24).
6. Кондратьєв, Д. Через Україну пошел узбекский хлопок [Текст] / Д. Кондратьєв // Магістраль. – 2009. – 1-7 квітня (№ 24).
7. Голосєєв, С. Новий порт чекає на Україну [Текст] / С. Голосєєв // Магістраль. – 2009. – 4-10 лютого (№ 8).
8. Дейнека, О. Г. Теоретичні та методологічні складові розвитку залізничного транспорту України [Текст] / О. Г. Дейнека, Л. О. Позднякова // Вісник економіки транспорту і промисловості. – Х., 2009. – № 25. – С. 62-65.

Надійшла до редколегії 10.06.2010.

Прийнята до друку 23.06.2010.

ІНФОРМАТИЗАЦІЯ ПРІОРИТЕТНИХ НАПРЯМКІВ СОЦІАЛЬНОГО ТА ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНУ

У статті виявлено, проаналізовано пріоритетні напрямки інформатизації суспільного життя для створення оптимальних умов, задоволення інформаційних потреб і реалізації прав громадян, місцевих органів виконавчої влади і місцевого самоврядування, громадських організацій на основі формування і використання інформаційних ресурсів і сучасних технологій з метою забезпечення соціального і економічного зростання.

Ключові слова: інформатизація, соціальний розвиток, регіон

В статье выявлены, проанализированы приоритетные направления информатизации общественной жизни для создания оптимальных условий, удовлетворения информационных потребностей и реализации прав граждан, местных органов исполнительной власти и местного самоуправления, общественных организаций на основе формирования и использования информационных ресурсов и современных технологий с целью обеспечения социального и экономического роста.

Ключевые слова: информатизация, социальное развитие, регион

In the article the priority directions of informatization of public life for creation of optimum terms, satisfaction of information needs and realization of rights for citizens, local organs of executive power and local self-government, public organizations on the basis of formation and use of information resources and advanced technologies with the purpose of providing the social and economic growth are exposed and analysed.

Keywords: informatization, social development, region

Вступ

Інформатизація суспільного життя досягається широким впровадженням інформаційних технологій в освіту, охорону здоров'я, побутову сферу та ін. Вирішення цих питань потребує створення системи доступу населення до різноманітних інформаційних ресурсів.

З поступовим розвитком економіки України все більш актуальним стає питання про забезпечення громадян держави взагалі і окремих регіонів можливістю безперервної освіти з метою підвищення кваліфікації. З одного боку, швидка зміна обчислювальних платформ та технологій призводить до необхідності постійно підвищувати свій професійний рівень, особливо тим, хто задіяний у відповідних сферах діяльності. З іншого боку, поява нових технологій сприяє швидкому поширенню використання сучасного програмного забезпечення і через це можливість відносно швидкого і ефективного впровадження нових автоматизованих систем управління підприємством, систем управління кадрами, систем управління якістю продукції та інших подібних систем у господарюванні. Все це сприяє підвищенню продуктивності праці та позитивно впливає на зростання конкурентоспроможної продукції та товарів.

Для цього необхідно впровадження таких актуальних заходів як: створення загальнодержавної мережі курсів дистанційної освіти для

підвищення кваліфікації та здобуття вищої освіти; забезпечення можливості для тимчасово безробітних, малозабезпечених безкоштовно проходити навчання на курсах, у тому числі з питань використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ).

Аналіз досліджень та публікацій

Інформатизація суспільних процесів на регіональному рівні спирається і є складовою частиною «Національної програми інформатизації» та розроблена у відповідності до Законів України: «Про Національну програму інформатизації», «Про Концепцію Національної програми інформатизації», «Про місцеві державні адміністрації», «Про місцеве самоврядування в Україні», «Про електронні документи та електронний документообіг», «Про електронний цифровий підпис»;

Розпорядження Кабінету Міністрів України: «Про затвердження переліку завдань (проектів) Національної програми інформатизації на 2004 рік, їх державних замовників та обсягів фінансування» від 27.03.2004 № 181-р;

Постанов Кабінету Міністрів України: «Про заходи щодо створення електронної інформаційної системи «Електронний Уряд» від 24.02.2003 № 208, «Про затвердження Типового порядку здійснення електронного документообігу»

бігу в органах виконавчої влади» від 28.10.2004 № 1453.

Необхідно відмітити, що різноманітні аспекти розвитку інформаційного забезпечення соціального та економічного розвитку в нашій державі активно досліджуються українськими вченими. Плідний внесок у вивчення цієї проблематики зробили В. Амітан, Л. Вінарник, В. Гужва, В. Домарев, П. Орлов, Н. Понамаренко, А. Постевий, Я. Г. Берсуцький, В. В. Дорофійко, О. М. Щедрін та ін. В роботах цих авторів на основі опрацювання теоретичних розробок та практичного як вітчизняного, так і зарубіжного досвіду було науково обґрунтовано необхідність та вироблено головні засади інформатизації всіх сфер суспільної діяльності як необхідної передумови формування інформаційного суспільства в нашій державі.

Проте, недостатньо опрацьовані залишаються питання, що стосуються теоретичного та практичного визначення інформатизації пріоритетних напрямків соціального та економічного розвитку регіонів.

Постановка завдання

Незважаючи на велику кількість та різноманітність публікацій з цієї проблематики, особливості та проблеми процесів інформатизації в реаліях української економіки як на загальнодержавному, так і на регіональному рівні ще досі є малодослідженими.

З метою реалізації цих актуальних питань потрібно впровадження таких заходів як: розбудова сучасної телекомунікаційної інфраструктури, доступної всім; створення системи національних інформаційних ресурсів; створення нормативно-правових засад для функціонування Інформаційного суспільства; впровадження наукових методів аналізу інформації в органах державної влади; забезпечення доступу до Інтернету як універсальної послуги; створення умов для розвитку інтелектуально насиченої економіки; забезпечення повної комп'ютерної грамотності молодого покоління; розвиток індустрії розробки програмного забезпечення; розробка переліку послуг, що передбачається надавати в системі «Електронного уряду».

Основними напрямками створення інформаційного суспільства вважаються інформатизація органів влади, інформатизація бізнес процесів і виробництва, інформатизація суспільного життя, населення та соціальної сфери.

Тому *метою* даної статті є виявлення і осмислення пріоритетних напрямків інформатизації суспільного життя для забезпечення со-

ціального і економічного розвитку на регіональному рівні, а саме: створення оптимальних умов, задоволення інформаційних потреб і реалізація прав громадян, місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування, організацій, громадських об'єднань на основі формування і використання інформаційних ресурсів і сучасних технологій.

Викладення основного матеріалу

Інформація та інформаційні технології сьогодні є каталізаторами соціально-економічного розвитку суспільства. Інформація безпосередньо бере участь в управлінських та технологічних процесах, стає необхідним ресурсом та товаром. В епоху глобалізації розвиток держави визначається рівнем провадження високих технологій у повсякденну діяльність та інтеграцією у світовий інформаційний простір. Можливість швидкого аналізу необхідної інформації та оперативне прийняття обґрунтованих рішень дає державі або регіону переваги щодо розв'язання поточних та стратегічних проблем.

На державному рівні важлива інформація є стратегічним ресурсом, а інформатизація прибутковою сферою діяльності, обсяги фінансових потоків якої у світі досягають обсягів нафтового бізнесу. Враховуючи, що діяльність у цій сфері екологічно безпечна, неенергомістка і сприяє загальному розвитку держави – визнання інформатизації пріоритетним напрямком діяльності доцільне, а державна підтримка – обов'язкова.

Основною метою формування інформаційної інфраструктури є розроблення цілісної взаємопов'язаної системи у складі: телекомунікаційної мережі, інформаційних ресурсів та інструментальних засобів для розв'язання завдань інформаційно-аналітичного забезпечення регіонального управління.

До основних напрямків стратегічного розвитку інформатизації на регіональному рівні можна віднести: створення єдиної автоматизованої інформаційно-аналітичної системи державного управління області з програмним забезпеченням для аналізу поточного економічного становища в області та прогнозу тенденцій соціально-економічного розвитку з інтеграцією інформаційних ресурсів; застосування складних макроекономічних моделей для аналізу існуючої економічної ситуації, пошук причин явищ, які спостерігаються на макрорівні; моделювання оцінки економічної безпеки регіону та наслідків запропонованих заходів із соціально-економічного розвитку; інформаційно-

аналітична підтримка діяльності різних галузей економіки; створення єдиного регіонального телекомунікаційного середовища на основі каналів зв'язку з високою пропускну здатністю; розвиток технічного та програмного забезпечення інформатизації (комп'ютеризацію робочих місць державних службовців, впровадження нових інструментальних засобів, комп'ютерів та периферії); впровадження нових інформаційних технологій; створення системи інформаційної безпеки: проведення заходів щодо виявлення та усунення каналів несанкціонованого витоку інформації, організації контрольного доступу персоналу до конфіденційної інформації; застосування та впровадження системи технічних та програмних засобів захисту інформації в автоматизованих системах.

Завданнями формування інформаційної інфраструктури повинно стати: розвиток технічного та загального програмного забезпечення регіональної інформатизації; впровадження ліцензійного програмного забезпечення; розвиток системи інформаційного сервісу в галузі інформатизації; впровадження технологій Інтернет/Інтранет; впровадження технології доступу; забезпечення розвитку національного сегмента мережі Інтернет; впровадження технологій локальної роботи з документами; впровадження технологій загального інформаційного обміну в загальнообласній комп'ютерно-телекомунікаційній системі; впровадження технологій створення та ведення великих баз даних у середовищі розподілених систем управління базами даних; впровадження інформаційних технологій (систем) щодо надзвичайних ситуацій; впровадження геоінформаційних технологій; впровадження єдиної системи документообігу в місцевих органах виконавчої влади та місцевого самоврядування області; впровадження системи електронного підпису в органах виконавчої влади області та місцевого самоврядування; створення єдиної регіональної системи інформаційно-аналітичного забезпечення з можливістю інтеграції інформаційних ресурсів; створення регіональної системи інформаційних ресурсів; створення Веб-порталу органів влади Донецької області.

Розвиток технічного та загального програмного забезпечення інформатизації області передбачає оснащення органів управління комп'ютерами заданого класу та необхідною периферією.

В попередні роки, відповідно до рішення Обласної ради від 06.09.2001, в Донецькій області виконувалась «Програма інформатизації»,

що розрахована на 2001–2003 рр. Рішенням Обласної ради від 30.01.2004 №4/14-373 ця програма була продовжена на 2004 рік. Організація виконання Програми здійснювалась згідно з діючим законодавством та передбаченими завданнями. Програма інформатизації Донецької області визначає стратегію комп'ютерно-телекомунікаційного та інформаційно-аналітичного забезпечення розв'язання соціально-економічних, екологічних, науково-технічних, національно-культурних та інших проблем у сферах діяльності місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування.

За програмою проведено такі роботи як: для виконання Програми розроблено нормативно-правове забезпечення; забезпечено робочі місця місцевих державних адміністрацій, міських рад комп'ютерною і периферійною технікою; створена і діє система електронного зв'язку місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування, завдяки якій налагоджено обмін оперативною інформацією про ситуації в політичній, економічній, соціальній, екологічній та ін. сферах. Облдержадміністрація, райдержадміністрації, виконкоми міських рад ведуть щоденний обмін інформацією зі службами Президента України, Кабінетом Міністрів України; створено структуровану кабельну систему в адміністративному будинку, яка об'єднує відділи апарату та управління облдержадміністрації, обласної ради; відділи апарату та управління облдержадміністрації мають доступ до глобальної мережі Інтернет; на базі внутрішньої локальної мережі адмінбудинку будується система електронного документообігу і внутрішньої електронної пошти в апараті облдержадміністрації. Система електронного документообігу була впроваджена в апараті облдержадміністрації. Таким чином, автоматизовано роботу канцелярії, контроль виконання документів вищих органів влади, підготовку та здачу звітів. Створено єдине централізоване сховище документів, ведеться аналітичний облік вхідних і вихідних документів, аналіз виконавської дисципліни. Передбачено шляхи інтеграції в систему документообігу управлінь облдержадміністрації, а також райдержадміністрацій і виконкомів міських рад.; розроблено новий Веб-сайт обласної державної адміністрації <http://www.donoda.gov.ua>.

На території області за відомчими програмами впроваджуються та діють:

- регіональний Реєстр суб'єктів підприємницької діяльності;

- система персонального обліку Головного управління Пенсійного фонду України в області;

- інформаційно-аналітична система служби зайнятості;

- інформаційна система державної податкової адміністрації в Донецькій області;

- автоматизована система обласного управління статистики;

- інформаційна система державного управління екології та природних ресурсів в Донецькій області;

- автоматизована система митної служби;

- інформаційна система УМВС України в Донецькій області;

- інформаційна система обласної дирекції УДПЕЗ «Укртелеком»;

- інформаційна мережа гідрометеорологічної служби;

- інформаційна система управління державного казначейства в Донецькій області;

- автоматизована система банківських установ області;

- інформаційні системи транспортних підприємств;

- інформаційні системи навчальних та наукових закладів;

- автоматизовані інформаційні системи окремих підприємств та установ області.

В області проводиться повне забезпечення суб'єктів необхідною і достатньою інформацією в усіх сферах діяльності, сприяння становленню державності, підвищення продуктивності суспільного виробництва продукції і послуг на основі широкомасштабного використання інформаційних технологій, зростання економічного потенціалу області, покращання соціально-економічних та екологічних умов життя людини.

Аналізуючи основний зміст робіт, який було проведено до 2009 року, можна констатувати, що: виконано посилення контролю за дотриманням порядку планування та виконання робіт відповідно до діючого законодавства; знайшли подальший розвиток системи інформаційно-аналітичного забезпечення Обласної державної адміністрації та Обласної ради; створено елементи електронного уряду; впроваджено систему надійного захисту інформації; набули розвитку телекомунікаційні системи та створено корпоративні мережі органів виконавчої влади області; створено структурні підрозділи у місцевих державних адміністраціях та виконавчих органах місцевого самоврядування з питань інформатизації; впроваджено системи електро-

нного документообігу та системи електронного підпису в місцевих органах виконавчої влади та органах місцевого самоврядування; закріплено на державному рівні власників інформаційних ресурсів, їх прав та обов'язків; покращено фінансування програм з питань інформатизації з можливістю зосередження на регіональному рівні фінансування всіх проектів інформатизації, що виконуються на території області.

Оперативність діяльності досягається впровадженням системи збору інформації від усіх органів виконавчої влади за певним регламентом, впровадженням системи електронного документообігу та електронного підпису. Прозорість та доступність влади й уряду досягається шляхом публічного обговорення виникаючих проблем та шляхів їх розв'язання, безпосередньою інтерактивною взаємодією влади, населення та бізнесу через їх Інтернет-представництва.

Роботи щодо прозорості влади виконуються відповідно до указів Президента України від 31.07.2000 № 928/2000 «Про заходи щодо розвитку національної складової глобальної інформаційної мережі Інтернет та забезпечення широкого доступу до цієї мережі в Україні», від 01.08.2002 № 683/2002 «Про додаткові заходи щодо забезпечення відкритості у діяльності органів державної влади», постанов Кабінету Міністрів України від 4 січня 2002 року № 3 «Про Порядок оприлюднення у мережі Інтернет інформації про діяльність органів виконавчої влади», від 29 серпня 2002 року № 1302 «Про заходи щодо подальшого забезпечення відкритості у діяльності органів виконавчої влади».

Система електронного уряду буде забезпечувати громадян України оперативною та неупередженою інформацією щодо діяльності влади всіх рівнів – від центральної до місцевої. Розвиток цієї системи має бути послідовним та неухильним, щоб забезпечити поступове наближення стандартів системи до стандартів найбільш розвинених в цьому питанні країн світу. На своєму шляху розвитку система електронного уряду має пройти від першого ступеня, який вже починає діяти (системи інформування громадян), через другий ступінь – взаємодії громадян з владою у процесі спільної розробки і впровадження державної політики – до найбільш складної стадії – стадії обслуговування громадян засобами Інтернету (надання довідок, реєстрація цивільно-правових актів, прийняття податкових декларацій та ін.).

З метою вирішення цих проблем має бути здійснено перелік заходів на 2010–2015 рр., а

саме: забезпечення організаційних і технічних умов для приймання та обробки звернень громадян через Веб-сайт Облдержадміністрації в електронному вигляді; забезпечення створення матеріально-технічної бази та нормативно правових засад щодо надання громадянам та юридичним особам інформаційних послуг загального призначення (статистичних та архівних довідок та ін.); впровадження електронних форм заяв та звернень управліннями облдержадміністрації, які проводять ліцензування, що в свою чергу забезпечить можливість приймання заяв та надання зразків документів на ліцензування, ознайомлення зі станом особових рахунків з платежів за енергоносії та житлово-комунальні послуги; організація встановлення Інтернет-кіосків, що в свою чергу забезпечить доступ громадян до інформаційної системи «Електронний Уряд» в державних та освітніх установах, бібліотеках, інших громадських приміщеннях; впровадження електронного підпису для надання громадянам та юридичним особам інформаційних та інших послуг, які потребують ідентифікації суб'єктів правових відносин і забезпечення цілісності та достовірності інформації (з використанням електронного цифрового підпису).

Завдання формування інформаційної інфраструктури Донецької області передбачають розвиток телекомунікаційного середовища і ліній зв'язку з високою пропускну здатністю, створення регіональної системи баз даних і знань, обласної інформаційно-телекомунікаційної мережі з інтеграцією інформаційних ресурсів. Повинна бути побудована регіональна інформаційно-телекомунікаційна система, яка об'єднає високошвидкісні та звичайні канали зв'язку, розподільні та локальні мережі різного рівня і призначення, дасть змогу реалізувати широкий спектр інформаційних технологій та забезпечить оперативну і надійну взаємодію всіх рівнів управління при розв'язанні завдань стратегічного державного, міжгалузевого та регіонального рівнів, а також надасть на ринкових умовах широкий спектр інформаційних послуг населенню, державним та комерційним організаціям, зарубіжним користувачам.

Впровадження ліцензійного програмного забезпечення в Обласній та районних державних адміністраціях, згідно з розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15.05.2002 П47-р «Про затвердження Концепції легалізації програмного забезпечення та боротьби з нелегальним його використанням», передбачає придбання ліцензійних та легалізацію наявних

програмних продуктів, що використовуються в Обласній та районних державних адміністраціях.

Розвиток системи інформаційного сервісу в галузі інформатизації передбачає створення інфраструктури сервісу засобів інформатики для обслуговування, зокрема, місцевих органів виконавчої влади та місцевого самоврядування (встановлення, ремонт, модернізація комп'ютерної та мережевої техніки, підтримка ліцензійних та спеціалізованих програмних продуктів тощо).

Створення єдиної регіональної системи інформаційно-аналітичного забезпечення з інтеграцією інформаційних ресурсів передбачає створення серверу (серверів) інформаційних ресурсів регіонального інформаційно-аналітичного центру (та інших регіональних органів) для забезпечення інформацією служб Президента України та центральних органів виконавчої влади, а також місцевих органів виконавчої влади та місцевого самоврядування. Створення регіональної системи інформаційних ресурсів передбачає розробку: загальної архітектури та окремих підсистем регіональної системи інформаційних ресурсів; регламенту інформаційної взаємодії органів виконавчої влади області, норм та правил функціонування регіональної системи інформаційних ресурсів; баз даних загального призначення (територія, населення, інфраструктура регіону).

Згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 29.08.2002 № 1302 «Про заходи щодо подальшого забезпечення відкритості у діяльності органів виконавчої влади», для забезпечення прав громадян на отримання у встановлені строки достовірної інформації про діяльність органів державної влади та органів місцевого самоврядування, для надання інформаційних та інших послуг громадянам та підприємствам планується створити Веб-портал органів влади Донецької області.

Інформатизація основних напрямків економічного і соціального розвитку регіону формується як складові частини Національної програми інформатизації України, соціально-економічної політики розвитку регіону і держави в цілому і спрямовується на досягнення раціонального використання науково-технічного та промислового потенціалу, матеріально-технічних і фінансових ресурсів шляхом створення та використання сучасної інформаційної інфраструктури в інтересах вирішення комплексу поточних та перспективних завдань розвитку Донецької області.

Заходи з інформатизації області у 2005–2010 роках повинні забезпечити розбудову інформаційного середовища і, як наслідок, – підвищення ефективності вирішення завдань соціально-економічного розвитку регіону, а в кінцевому результаті, якості життя людей.

Особливо важливим напрямком підвищення ефективності робіт з інформатизації є координація заходів у цій сфері. Для прискорення процесу інформатизації області необхідна відповідна концентрація ресурсів, що можливо за умов державного регулювання процесів інформатизації на основі гнучкого поєднання принципів централізації і децентралізації, саморозвитку, самофінансування та самокупності, державної підтримки через систему пільг, кредитів, прямого бюджетного фінансування, передбачення на інформатизацію окремої статті в обласному бюджеті. Бюджетні кошти повинні бути спрямовані, насамперед, на реалізацію загально важливих проектів інформатизації: створення корпоративної інформаційно-телекомунікаційної мережі органів державної влади області; розвиток та створення регіональних інформаційних ресурсів; інформатизацію стратегічних напрямів соціально-економічного розвитку регіону, зміцнення державності.

Вищі пріоритети повинні надаватися інформаційній підтримці заходів з інформатизації сфери державного управління, стратегічних напрямів розвитку економіки, в першу чергу, агропромислового та паливно-енергетичного комплексів, транспорту, зв'язку та соціальної сфери.

Реалізація даних заходів має здійснюватись із додержанням таких основних принципів і забезпечити: узгодженість пріоритетів інформатизації з основними напрямками програм соціально-економічного розвитку області й України в цілому; координацію розроблення і реалізації регіональної та державних, міжгалузевих, галузевих програм інформатизації щодо мети, етапів, ресурсів і об'єктів робіт; випереджувальний розвиток нормативно-правової бази регулювання відносин учасників створення, розповсюдження і використання інформаційних продуктів і послуг; етапність; створення організаційних і фінансових основ для реалізації завдань інформатизації.

З метою координації робіт з інформатизації в Облдержадміністрації утворено науково-технічну раду з питань інформатизації регіону, на який покладено відбір завдань до регіональної програми інформатизації.

Інвестиційна політика у сфері інформатизації передбачає використання таких джерел: кошти державного та місцевого бюджетів (на визначені вище пріоритети); приватний капітал, у першу чергу фінансовий, що бере участь у процесі інформатизації на засадах приватизації; інвестиції транснаціональних корпорацій, що працюють у сфері інформаційних ресурсів та телекомунікацій;

Відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 12.04.2000 № 644 «Про затвердження Порядку формування та виконання регіональної програми і проекту інформатизації», кошти на інформатизацію області необхідно зосередити в межах окремого рядка обласного бюджету. Ці кошти спрямовуються на створення ядра інформатизації інтегрованої інформаційно-телекомунікаційної мережі, регіональної системи інформаційних ресурсів, інформатизацію сфери управління та соціальної сфери, чим забезпечується основа для розв'язання стратегічних завдань.

Висновки

Реалізація інформатизації основних соціальних і економічних напрямків розвитку регіону буде вестися по двох основних напрямках:

1. Впровадження новітніх інформаційних телекомунікаційних технологій в усіх сферах суспільного життя.

2. Розвиток системи телекомунікацій та національної складової мережі Інтернет. У ході впровадження новітніх інформаційних телекомунікаційних технологій в усіх сферах суспільного життя передбачаються наступні основні кроки: створення інтегрованої інформаційно-аналітичної системи органів державної влади та органів місцевого самоврядування; впровадження єдиної системи документообігу місцевих органів виконавчої влади та місцевого самоврядування області; впровадження електронно-цифрового підпису в регіоні; розробка та забезпечення експериментального впровадження систем електронної комерції із застосуванням електронного цифрового підпису; створення системи електронних державних закупівель; сприяння створенню вітчизняними виробниками конкурентоспроможного програмного забезпечення; сприяння використанню програмного забезпечення з відкритим кодом; впровадження локальної роботи з документами; сприяння підвищення комп'ютерної грамотності населення; створення системи баз даних та репозитарію архівних документів в електронній

формі; впровадження геоінформаційних технологій.

3. В рамках розвитку системи телекомунікацій та національної складової мережі Інтернет передбачається виконання наступних стратегічних завдань:

- створення Веб-порталу органів державної влади Донецької області;

- створення та розвиток Веб-сайтів державних органів влади;

- створення Інтернет-приймалень та встановлення інфоматів в органах виконавчої влади;

- побудова швидкісних каналів зв'язку для швидкої передачі даних та доступу до мережі Інтернет в області;

- створення системи запобігання кіберзлочинам, захист інформації;

- створення системи надання інформації про залізничні та авіаційні перевезення і здійснення на них замовлень через мережу Інтернет;

- сприяння впровадженню дистанційної домашньої освіти для населення; поширенню таких форм працевлаштування населення як виконання робіт з використанням мережі Інтернет;

- розробка і затвердження Концепції переходу до використання Інтернет-протоколу IPv6 в національній складовій мережі Інтернет та забезпечити впровадження цього протоколу.

Найважливішими наслідками інформатизації, які визначають успіх у вирішенні завдань соціально-економічного розвитку, є побудова сучасної системи державного управління, розвиток телекомунікаційного середовища, створення потужних інформаційних ресурсів, розвиток пріоритетних напрямків економіки та соціальної сфери.

Реалізація завдань інформатизації на 2010–2015 рр. забезпечить більш чітку керованість економіки за рахунок повної реалізації системи вертикальних і горизонтальних зв'язків при управлінні господарським комплексом області. В період реформування економіки особливо важливим стає необхідність в отриманні найбільш повної, достовірної інформації, оперативного аналізу ситуації та інформаційної підтримки прийняття виважених рішень на усіх рівнях.

Впровадження інформатизації державного управління Донецької області забезпечить більш ефективне функціонування місцевих ор-

ганів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування за рахунок: оптимізації інформаційних потоків та стандартів документів на регіональному рівні та між регіоном і центром; оперативності та достовірності даних, необхідних для обґрунтування та прийняття рішень; зниження втрат інформації, пов'язаних з існуючим рівнем обліку, контролю, плануванню та звітності; скорочення часу підготовки документів; застосування більш досконалих методів аналізу поточного стану життєдіяльності регіону; вдосконалення звітності та документообігу; застосування сучасних програмно-технічних засобів на кожному етапі обробки інформації; визволення кваліфікованого персоналу від рутинних робіт по обліку та підготовці звітних документів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Закон України «Про інформацію» від 02.10.93 № 2657-ІІІ [Текст] // Відомості Верховної Ради України. – 1992. – № 48. – С. 1447-1462.
2. Мельник, Л. Г. Информационная экономика [Текст] / Л. Г. Мельник. – Сумы: Университетская книга, 2003. – 284 с.
3. Гладышев, А. Г. Основы социального управления [Текст] : учеб. пособие / А. Г. Гладышев, В. Н. Иванов; под ред. В. Н. Иванова. – М.: Высш. шк., 2001. – 271 с.
4. Афанасьев, В. Г. Социальная информация и управление обществом [Текст] / В. Г. Афанасьев. – М., 1975.
5. Колин, К. К. Информатика в системе опережающего образования [Текст] / К. К. Колин. – М., 1996.
6. Социальные технологии. Толковый словарь [Текст]. – М.-Белгород, 1995.
7. Бережной, О. А. Інформаційно-аналітичне забезпечення прийняття ефективних управлінських рішень [Текст] / О. А. Бережной // Актуальні проблеми економіки. – 2004. – № 9. – С. 26-29.
8. Гаман, Т. В. До питання створення та визначення основних напрямків діяльності інформаційно-аналітичних служб в регіонах України [Текст] // Менеджер. – 2005. – № 3. – С. 83-87.
9. Програма інформатизації Донецької області на 2001-2003 роки [Текст] : Ухвал. : Рішення обласної ради від 30.01.2004 № 4/14-373.

Надійшла до редколегії 16.04.2010.

Прийнята до друку 28.04.2010.

ІНВЕСТИЦІЙНО-ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК ЯК ФАКТОР ВІДТВОРЕННЯ ЕКОНОМІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Розроблено теоретико-методичні основи інвестиційно-інноваційного розвитку залізничного транспорту: визначено сутність поняття «інвестиційно-інноваційний розвиток», встановлено його цілі та етапи реалізації.

Ключові слова: залізничний транспорт, інвестиційно-інноваційний розвиток, економічний потенціал

Разработаны теоретико-методические основы инвестиционно-инновационного развития железнодорожного транспорта: определена сущность понятия «инвестиционно-инновационное развитие», установлены его цели и этапы реализации.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, инвестиционно-инновационное развитие, экономический потенциал

The theoretical and methodical basics of investment-and-innovation development of railway transport are worked out: the essence of «investment-and-innovation development» concept is defined, and its objectives and implementation stages are established.

Keywords: railway transport, investment-and-innovation development, economic potential

Постановка проблеми

У сучасній економіці інвестиційно-інноваційна діяльність стає визначальним чинником розвитку підприємства, пов'язаним з трансформацією нових наукових знань, ідей, технологій в нові або вдосконалені продукти, упроваджені на ринку, або в новий підхід до соціальних послуг. Це є основою нової моделі перетворення і використання суспільних, природних і економічних ресурсів, що формується, яка є інноваційною економікою.

Інвестиційно-інноваційний розвиток підприємств може виражатися цілеспрямованим накопиченням якісних змін різних елементів економічної системи підприємства, що дозволяє йому переходити в інший, обраний, стан. Цей якісно новий стан забезпечує процес інноваційного розвитку виробництва, що характеризується створенням і комерційною реалізацією наукових знань у формі нових продуктів і технологій.

Інвестиційно-інноваційний розвиток виробництва є головним джерелом економічного і соціального розвитку суспільства в цілому, достатньою умовою зростання ефективності виробництва, підвищення якості продукції, економічного та вигідного використання природних

ресурсів, запобігання негативних екологічних наслідків господарської діяльності.

Проблеми інвестиційно-інноваційного розвитку супроводжують діяльність залізничного транспорту, який страждає від:

1) недостатнього зв'язку відновлювальних процесів з науково-технічним прогресом, що призводить до тиражування морально застарілої техніки та технологій;

2) уповільненого впровадження передового досвіду, що підтверджується невідповідністю основних фондів залізничного транспорту (рухомого складу, засобів зв'язку та ін.) міжнародним вимогам;

3) недостатньої розвиненості бази експериментальних досліджень, що ускладнює процес випробувань нової техніки та виправлення недоліків нової конструкції;

4) незадовільної фінансової підтримки інноваційної діяльності;

5) обмеженості доступу учасників інноваційного процесу до інноваційного проекту на протязі усього часу здійснення, що створює погрозу виникнення помилок, які можна було б ліквідувати ще до впровадження інновації у серійне та масове виробництво;

б) відсутності єдиної інформаційної підтримки інноваційного розвитку залізничної галузі тощо.

Саме тому проблема інвестиційно-інноваційного розвитку потребує вирішення як на галузевому, так і на державному рівнях.

Аналіз останніх досліджень та виділення невирішених частин загальної проблеми

У вітчизняних та закордонних наукових дослідженнях створено певний теоретичний фундамент інноваційного розвитку підприємства. Так, дослідженню поняття інноваційного потенціалу присвячено роботи Ансоффа І., Верби Р. А., Кривенко Л. В., Ландика В. І., Петровської Ж. О., Соболевої Т. О. та ін. [1 – 6]. В останні роки велика увага приділяється практичним аспектам інноваційного менеджменту: Гриньов В. Ф., Фатхутдинов Р. А., Абрамешин А. Є. та ін. [7 – 9]. Етапи організації інноваційної діяльності підприємства розглянуті Белоусовою Л. І., Лапко О., Андрушків Б. М. та ін. [10 – 12]. Безпосередньо особливості інноваційного розвитку підприємств цікавлять: Гриньова А. В., Гриньову В. М., Ілляшенко С. М. та ін. [13 – 15].

Не дивлячись на велику кількість робіт, в економічній літературі недостатньо вивчені особливості інвестиційно-інноваційного розвитку на залізничному транспорті. Дана область не отримала належного висвітлення у вітчизняній економічній літературі та має певну новизну. Тому *метою статті* пропонується визначити розроблення теоретико-методичних основ інвестиційно-інноваційного розвитку залізничного транспорту, тобто визначення сутності поняття «інвестиційно-інноваційний розвиток залізничного транспорту», встановлення його цілей та етапів реалізації.

Виклад основного матеріалу дослідження

Економічна наука налічує багато дефініцій терміну «розвиток», що різняться за рівнями його визначення, аспектами інтерпретації та підходами науковців до досліджуваної дефініції.

В загальному вигляді існують філософський та економічний підходи до визначення поняття «розвиток». Відповідно до першого розвиток трактується як [12, с. 18-19]:

- процес закономірної зміни, переходу з одного стану в інший, більш удосконалений,

переходу від простого до складного, від старого якісного стану до нового;

- цілеспрямована, закономірна зміна матеріальних та ідеальних об'єктів;

- зміна матерії та підсвідомості, в результаті чого відбувається зміна якості предмету, явища, діяльності, перехід до нового, прогресивного.

Економічна інтерпретація поняття «розвиток» базується на його філософському визначенні відносно об'єктів економічної природи:

- якісні перетворення організації виробництва та управління, які призводять до суттєвого підвищення науково-технічного рівня, економічної та соціальної ефективності діяльності, покращення якості управління;

- спрямований процес зміни якісного стану об'єкту, який супроводжується перетворенням його внутрішніх та зовнішніх зв'язків, забезпечує єдність досягнення стійкості та адаптивності системи об'єкту у відповідності з вимогами зовнішнього середовища.

На макrorівні існує поняття «економічний розвиток», що є спроможністю економічних систем зберігати стабільне збалансоване зростання та передбачає одночасний розвиток їх компонентів та елементів, зв'язків, відносин, зміну механізму функціонування на всіх рівнях [13, с. 205]. Тобто економічний розвиток передбачає якісні зміни економічної системи. Якщо ж спостерігаються тільки кількісні зміни, то необхідно говорити про економічне зростання. За теорією Й. А. Шумпетера економічний розвиток залежить від інновацій, впровадження яких забезпечує появу нової чи оптимізацію використання тих чи інших ресурсів в існуючій комбінації факторів виробництва [14, с. 67].

На мікрорівні використовується поняття «розвиток підприємства», що трактується: по-перше, як іманентна умова його існування, що виражається у цілеспрямованому безперервному русі підприємства у просторі й часі та зумовлює закономірні незворотні зміни [15, с. 56]; по-друге, як направлена, закономірна зміна стану підприємства, якому притаманні властивості заощадження та зростання значень якості функціонування підприємства вище за поріг безпеки, темпів приросту якості функціонування підприємства не нижче щодо приросту економіки та конкретного ринкового оточення; по-третє, як процес якісних та кількісних перетво-

рень діяльності підприємства, спрямований на досягнення цільових орієнтирів в перспективі, забезпечення конкурентоспроможності, стійкості конкурентних позицій та довгострокового успіху на ринку [12, с. 19].

На думку Петракова Н. Я. та Ротарь В. І., процес розвитку є процесом знаходження найкоротшого шляху до чітко поставленої мети [16, с. 15].

Розвиток підприємства як його стратегію певного виду розглядають група авторів [17, с. 9-10]. Ними для осмислення проблем розвитку пропонують використовувати: модель МакКінсі «7S», яка вміщує сім факторів, що визначають розвиток організації (стратегія, навички, загальноприйняті цінності, структура, системи, кадри та стиль) та модель Р. Уотермена «7К», серед факторів якої: культура, інформація, комунікації, мотиви, кризові точки, контроль та спроможність. Остання знаходиться в центрі, а інші фактори пов'язані один з одним та спроможністю до розвитку. Процеси планування та організації можуть бути об'єднані шляхом з'єднання двох моделей.

В самому загальному випадку розвиток можна інтерпретувати в статичному та динамічному аспектах. У першому випадку він констатується за фактом фіксації різного роду змін, у другому – характеризується як процес, результатом якого є зміни.

Існування підходів до дефініції розвитку дозволяє розглядати його як: по-перше, процес, що відбувається в системі та характеризується послідовною закономірною зміною її станів; по-друге, метод, що використовується на шляху досягнення поставлених цілей; по-третє, рух системи.

Таким чином, в авторському розумінні сутність розвитку узагальнюється в наступні твердження:

- розвиток передбачає перехід від одного стану до іншого, що має поліпшувати та якісно змінити характеристики;

- встановлення видів розвитку відбувається в залежності від об'єкту, що підлягає якісним змінам (соціальний, економічний, інвестиційний, інноваційний розвиток тощо);

- розвиток відбувається під впливом не тільки зовнішнього динамічного середовища, але й залежить від готовності внутрішнього середовища до змін;

- розвиток неможливий без достатнього ресурсного забезпечення (фінанси, інвестиції, інформація, кадри та ін.);

- результатом розвитку встановлюється обов'язковість досягнення цілей, які сформовані на вході;

- розвиток однієї підсистеми здійснює позитивні зрушення у функціонуванні системи у цілому, що пояснюється такою її властивістю як цілісність;

- розвиток виступає об'єктом управління, що включає розробку механізмів координації та управління напрямками розвитку для ліквідації можливих протиріч та досягнення збалансованих інтересів.

Інноваційний розвиток необхідно розглядати з двох точок зору. По-перше, це процес формування та удосконалення виробничої, технологічної, наукової та іншої бази на основі інновацій. По-друге, це якісна зміна інноваційної діяльності.

Інвестиційний розвиток – це процес якісних змін у інвестиційній діяльності, метою якого є знаходження нових або удосконалення існуючих механізмів залучення інвестицій у будь-якій формі.

Пропонується інвестиційно-інноваційний розвиток розглядати як процес, метою якого є якісна зміна бізнес-процесів суб'єктів, що відбувається при активізації та удосконаленні механізмів здійснення інноваційної та інвестиційної діяльності.

В загальному вигляді етапи реалізації розвитку суб'єктів зображено на рис. 1. До них входить:

- 1) аналіз внутрішнього та зовнішнього середовища;

- 2) формування цілей розвитку;

- 3) встановлення об'єктів, які потребують якісної зміни;

- 4) розробка напрямів досягнення цілей розвитку;

- 5) встановлення переліку методів управління розвитком;

- 6) реалізація напрямів розвитку;

- 7) аналіз результатів розвитку та встановлення необхідності корегуючих заходів.

Інвестиційно-інноваційний розвиток залізничного комплексу пов'язаний не тільки з реакцією на потреби зовнішнього середовища. Його основною метою є внутрішні потреби залізничного комплексу, задоволення яких пов'яза-

но зі створенням та якісним удосконаленням виробничих, управлінських, маркетингових, логістичних та інших процесів, які входять до його компетенцій та компетенцій його організаційних структур.

Схема етапів реалізації інвестиційно-інноваційного розвитку залізничного транспорту зображено на рис. 2.

Основні проблеми, які обмежують ефективне функціонування залізничного комплексу та його інвестиційно-інноваційний розвиток, необхідно розподілити на дві групи. До першої групи належать проблеми, вирішення яких можливо тільки при безпосередньому втручанні держави, до другої – проблеми, вирішити які можливо зусиллями тільки керівництва залізничного комплексу без втручання держави.

Загальні цілі інвестиційно-інноваційного розвитку залізничного комплексу зображено на рис. 3. Підкреслимо таку особливість зазначених цілей – вони пов'язані не тільки зі зміною

техніко-технологічних та організаційно-управлінських характеристик процесу перевезень, а й поширюються на вирішення питань фінансово-інвестиційного, соціального, економічного та інтеграційного характеру. При цьому техніко-технологічні та організаційно-управлінські цілі є першочерговими, а всі інші необхідно вважати похідними, тобто такими, досягнення яких можливо тільки за умови досягнення першочергових. Завоювання залізничним транспортом ключових позицій на ринку якісних та конкурентоспроможних транспортних послуг, які в повному обсязі задовольняють потреби у вантажних та пасажирських перевезеннях, забезпечуючи найбільший рівень безпечності та екологічності, стає основною метою його інвестиційно-інноваційного розвитку. Реалізація цієї мети вимагає вирішення переліку критичних завдань, які спостерігаються та ускладнюють функціонування залізничного транспорту в сьогоденні час.

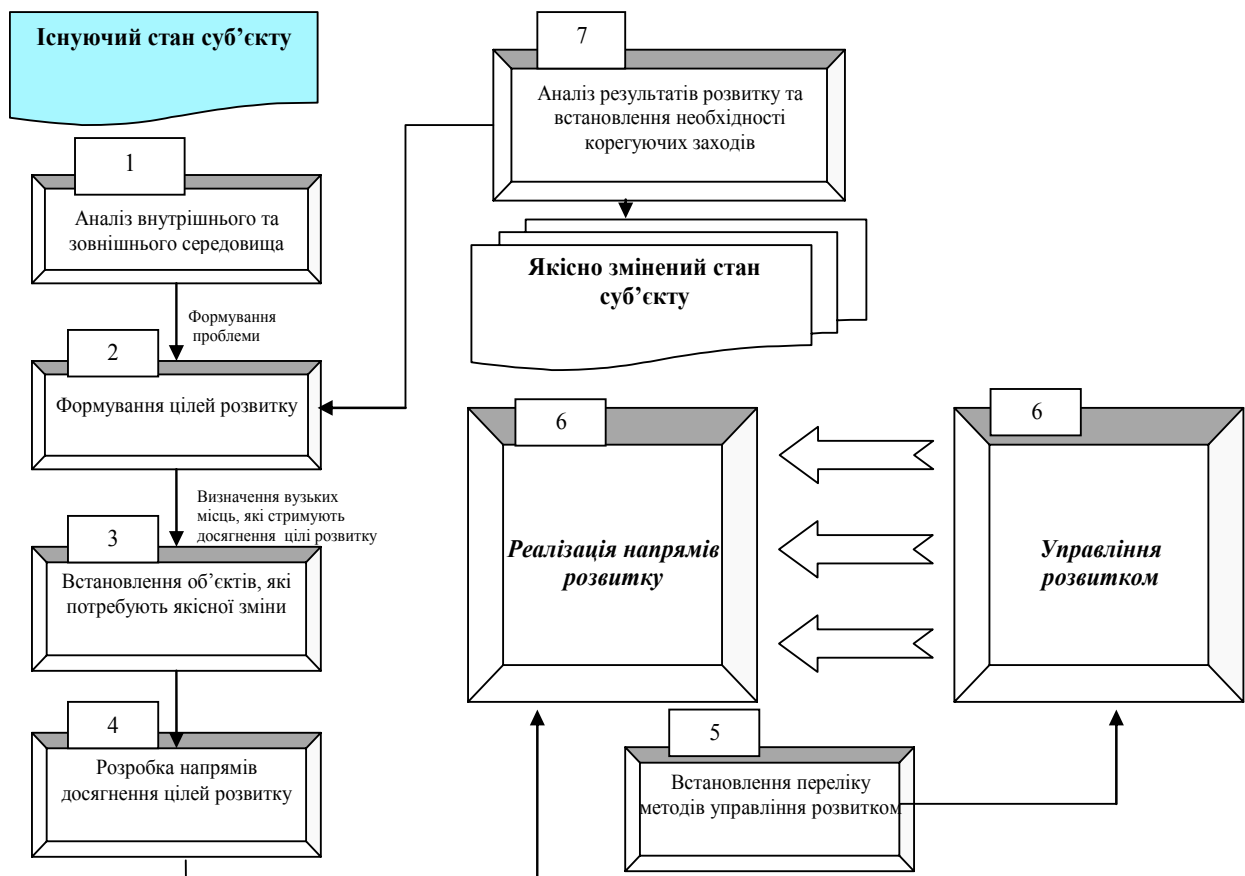


Рис. 1. Загальна послідовність етапів реалізації процесу розвитку суб'єктів

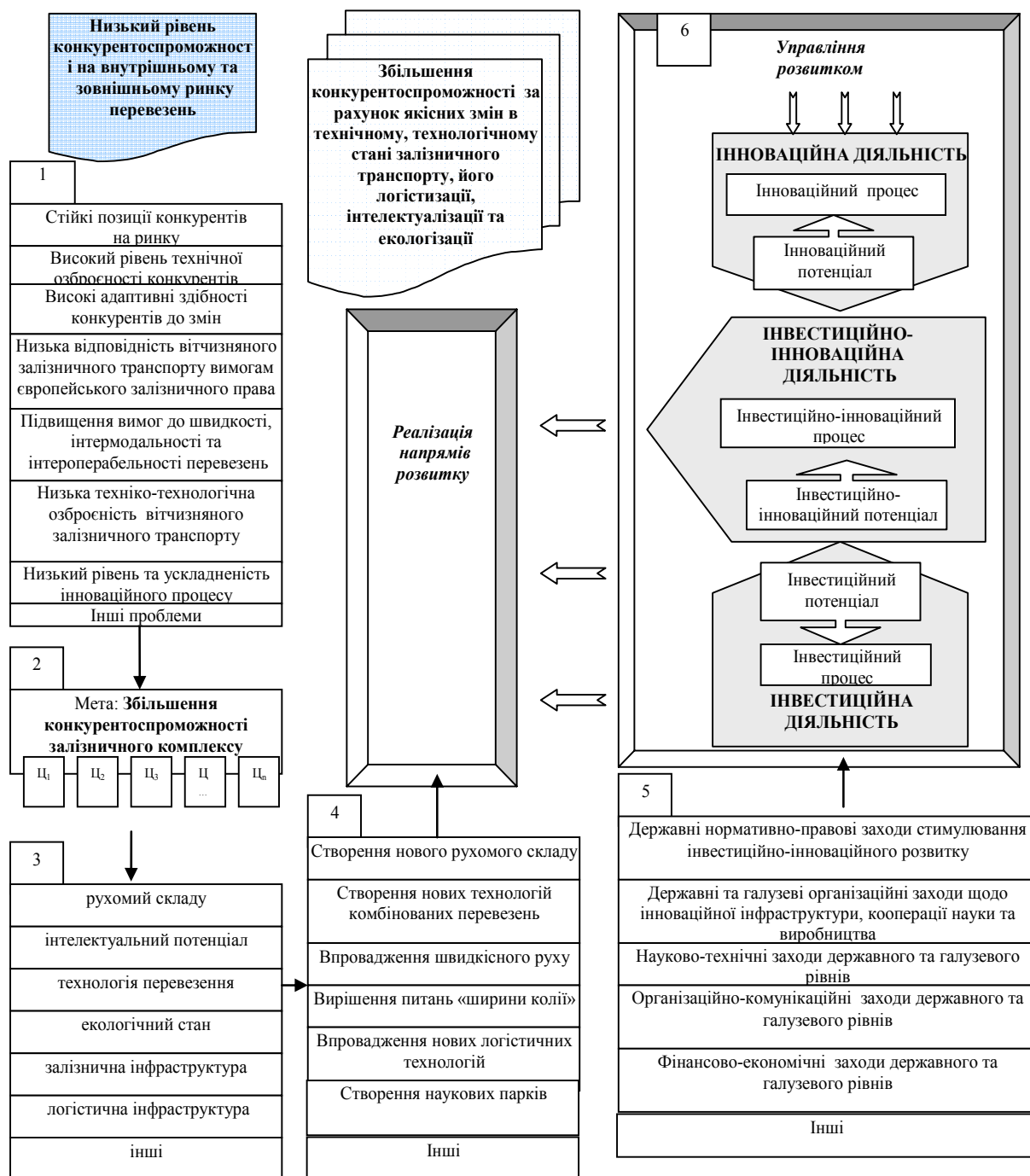


Рис. 2. Характеристика етапів реалізації процесу інвестиційно-інноваційного розвитку залізничного комплексу

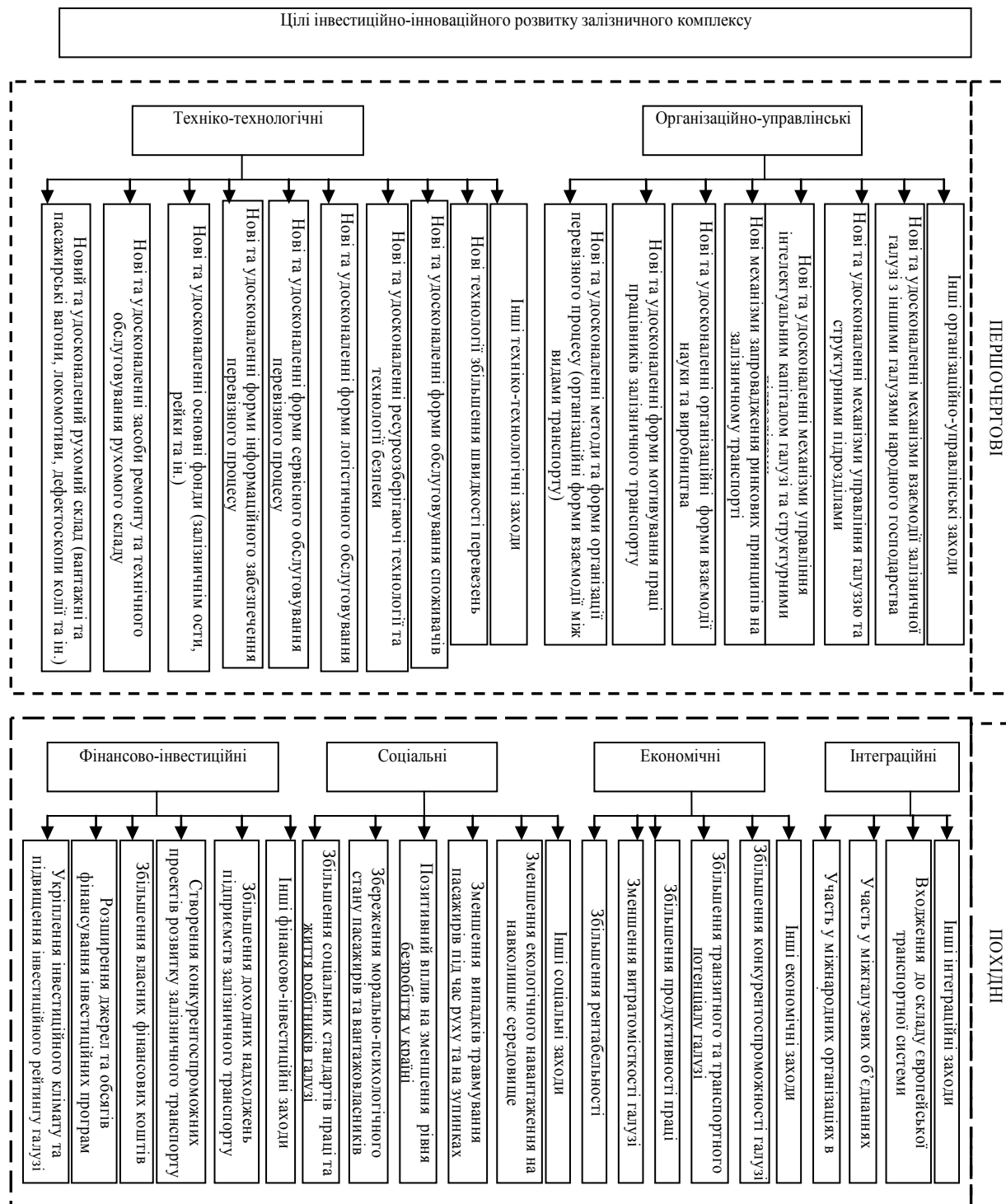


Рис. 3. Цілі інвестиційно-інноваційного розвитку залізничного комплексу

Висновки

Таким чином, проведене дослідження дозволило розкрити сутність поняття «інвестиційно-інноваційний розвиток залізничного транспорту», сформулювати його цілі та запропонувати модель реалізації процесу інвестиційно-інноваційного розвитку залізничного комплексу. Отримані теоретичні досягнення в по-

дальших дослідженнях автора будуть покладені в основу концепції інвестиційно-інноваційного розвитку залізничного транспорту.

БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Ансофф, И. Стратегическое управление [Текст] / И. Ансофф : [сокр. пер. с англ.]; науч. ред. и авт. предисл. Л. И. Евенко. – М.: Экономика, 1989. – 519 с.

2. Верба, Р. А. Методичні рекомендації з оцінки інноваційного потенціалу підприємства [Текст] / Р. А. Верба, І. В. Новікова // Проблеми науки. – 2001. – № 3. – С. 19.
3. Кривенко, Л. В. Розвиток інноваційного потенціалу підприємства у контексті інтелектуальної складової [Текст] / Л. В. Кривенко, Л. В. Лощина, В. М. Мілашенко // Економічний простір. – 2008. – № 18. – С. 281-286.
4. Ландик, В. І. Управління інноваційним потенціалом підприємства в умовах перехідної економіки: проблеми і досвід [Текст] / В. І. Ландик // Економіст. – 2001. – № 12. – С. 52-57.
5. Петровская, Ж. А. Влияние инновационного потенциала на экономический рост [Текст] : автореф. дис. ... канд. экон. наук: спец. 08.00.01 «1. Общая экономическая теория. 1.3. Макроэкономическая теория (теория экономического роста)» / Ж. А. Петровская. – Саратов, 2009. – 21 с.
6. Соболева, Т. О. Управління формуванням та реалізацією інноваційного потенціалу підприємства (за матеріалами фармацевтичних підприємств України) [Текст] : автореф. дис. ... канд. экон. наук: спец. 08.00.04 «Економіка та управління підприємствами» / Т. О. Соболева. – К., 2008. – 18 с.
7. Гринев, В. Ф. Инновационный менеджмент [Текст] : учеб. пособие / В. Ф. Гринев. – 2-е изд. – К.: МАУП, 2001. – 152 с.
8. Фатхутдинов, Р. А. Инновационный менеджмент [Текст] : учебник / Р. А. Фатхутдинов. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 400 с.
9. Инновационный менеджмент [Текст] : учебник для вузов / А. Е. Абрамешин [и др.]; под ред. докт. экон. наук, проф. О. П. Молчановой. – М.: Вита-Пресс, 2001. – 272 с.
10. Белоусова, Л. І. Інноваційно-інвестиційна активність підприємства [Текст] : монографія / Л. І. Белоусова. – Луганськ: Вид-во СЛУ ім. В. Даля, 2006. – 176 с.
11. Лапко, О. Інноваційна діяльність у системі державного регулювання [Текст] : монографія / О. Лапко. – К.: Ін-т економ. прогнозування НАН України, 1999. – 342 с.
12. Сердюк, В. Н. Теоретические основы управления стратегическим развитием субъектов реального сектора экономики [Текст] / В. Н. Сердюк // Економіка і організація управління. – 2008. – Вип. № 4. – С. 13-27.
13. Черемисинова, Д. В. Экономический рост и экономическое развитие: понятие и направление исследований [Текст] / Д. В. Черемисинова // Вісник СевДТУ : зб. наук. пр. – 2008. – Вип. 92: Економіка і фінанси. – С. 202-207.
14. Чухно, А. Й. Шумпетер – засновник еволюційної економічної теорії [Текст] / А. Чухно // Економіка України. – 2007. – № 7. – С. 65-73.
15. Сидоренко, Ю. В. Розвиток підприємств: сучасні погляди на дефініцію [Текст] / Ю. В. Сидоренко // Вісник Хмельницького нац. ун-ту. – 2009. – № 2, Т. 2. – С. 54-56.
16. Петраков, Н. Я. Фактор неопределенности и управление экономическими системами [Текст] / Н. Я. Петраков, В. И. Ротарь. – М., 1985. – 191 с.
17. Герасимов, В. В. Управление инновационным потенциалом производственных систем [Текст] : учеб. пособие / В. В. Герасимов, Л. С. Минина, А. В. Васильев. – Новосибирск: НГАСУ, 2003. – 64 с.

Надійшла до редколегії 19.02.2010.

Прийнята до друку 11.03.2010.

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕКОНОМІЮ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

У статті розглянуто вплив основних факторів на збереження паливно-енергетичних ресурсів в локомотивному та моторвагонному рухомому складі, проведено аналіз впливу даних факторів протягом останніх років, сформульовано основні напрями економії паливно-енергетичних ресурсів.

Ключові слова: залізничний транспорт, паливно-енергетичні ресурси, енергомісткість, оптимізація

В статье рассмотрено влияние основных факторов на сбережение топливно-энергетических ресурсов в локомотивном и моторвагонном подвижном составе, проведен анализ влияния данных факторов за последние годы, сформулированы основные направления экономии топливно-энергетических ресурсов.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, топливно-энергетические ресурсы, энергоёмкость, оптимизация

In the article the influence of major factors on saving the fuel and energy resources in locomotive and motor wagon rolling stock is considered, the analysis of influence of the given factors during the last years is carried out, the basic directions of economy of fuel and energy resources are formulated.

Keywords: railway transport, fuel and energy resources, power consumption, optimization

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

За останні 11 років енергомісткість залізничного транспорту зменшилась на 43,4 %. Порівняно з 2006 р. протягом 2007 р. енергомісткість зменшилась на 6,7 %.

Що ж означає термін «енергомісткість залізничного транспорту»? Це кількість електроенергії, яка споживається під час роботи електричної тяги залізничного транспорту.

Чи зможе сьогодні залізничний транспорт обійтися без електроенергії? Однозначно – ні! Адже щорічно проводиться електрифікація залізничних колій і все менше використовується теплотяга та дизель-поїзди. Оскільки використання дизельного палива несе за собою великі грошові витрати для залізниць, крім того, основною складовою його є нафта, яка є вичерпним природним ресурсом, а це означає, що надалі вартість дизельного пального зростатиме. Саме тому електроенергія все більше стає основним стратегічним елементом на залізничному транспорті і перш за все потребує вивчення основних факторів, які допомагають раціонально її використовувати.

Аналіз досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми

Вивчення раніше написаних літературних джерел показали, що проблемою економії па-

ливо-енергетичних ресурсів почали займатися вчені, як тільки стало зрозуміло, яке важливе значення вони відіграють для якісного функціонування залізниці.

Наприклад, Фамінський Г. В. займався вивченням, як саме вибрати найраціональніший режим ведення поїзду, втратами електроенергії в тягових двигунах і резисторах, управлінням електропоїзда під час буксування. Дашкевич А. Б. досліджував фактори, що впливають на економію електроенергії: технічний стан електропоїзда, особисті якості машиністів, експлуатаційні показники, технічний стан колій. Додоріна І. В. – економічною ефективністю паливно-енергетичних ресурсів у локомотивному господарстві. Економічні проблеми щодо економіки паливно-енергетичних ресурсів у приміському комплексі не досліджувалися. А це дуже важливий фактор, що впливає на економію паливно-енергетичних ресурсів.

Саме тому дану статтю присвячено більш глибокому обґрунтуванню впливу основних факторів, які допомагають раціонально використовувати паливно-енергетичні ресурси у приміському комплексі.

Постановка завдання статті

Розібрати більш детально вплив основних факторів на економію паливно-енергетичних ресурсів і на прикладах приміського комплексу залізниць України, щоб побачити, як саме той

чи інший фактор сприяє економії або перевитратам даних ресурсів.

Основний матеріал

Дослідження роботи залізничного транспорту показали, що найбільші витрати паливно-енергетичних ресурсів припадають безпосередньо на тягу поїздів, в тому числі приміського сполучення. Їх рівень залежить від таких факторів [6]:

- 1) витрат на перевезення тари;
- 2) відповідності опору руху оптимальним величинам;
- 3) економічності тягового рухомого складу, що використовується;

4) ступеня раціональності використання тягового рухомого складу;

5) відповідності оптимальному режиму ведення поїздів;

6) втрат енергії в енергосистемах;

7) збереженості палива на всіх стадіях роботи з ним.

Тому робота з організації економії паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) на тягу поїздів в основному зводиться до оптимізації зазначених факторів.

Проаналізуємо дію першого фактора на витрати паливно-енергетичних ресурсів на основі даних табл. 1.

Таблиця 1

Показники обсягу перевезень по Укрзалізниці

Показник	Роки							
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Обсяг перевезень, млн т-км брутто	378767	386242	415386,4	467541	485017	471193	500763,4	534009
Обсяг перевезень в приведених т-км, млн привед. т-км	224494	227126	2436113,9	277845	285377	276631	313132	335984
Співвідношення обсягу перевезень брутто до обсягу перевезень у приведених т-км	1,69	1,70	1,70	1,68	1,70	1,70	1,60	1,59

1. Зменшення коефіцієнту тари, яка припадає на одиницю перевезень [10].

Співвідношення перевізної роботи брутто (загальний обсяг перевезень) і приведених тонно-кілометрів (корисна робота) за 2000-2007 рр. наведено в табл. 2.

У 2007 р. на 1 т-км нетто перевезень припадає 0,59 т-км перевезень тари, що в цілому по Укрзалізниці зменшилось проти рівня 2006 року на 0,63 %.

Основними напрямками зменшення коефіцієнту тари можливо досягти за рахунок:

- зменшення коефіцієнта порожнього пробігу вантажного вагону до загального.

Процент порожнього пробігу вагонів за 2007 рік у цілому по залізницях склав: до загального – 37,5 % (або на 1,2 процентних пункти менше проти минулого року), до навантажено-

го – 59,9 % (або менше на 3,1 процентних пункти проти минулого року). Проти плану процент порожнього пробігу в цілому по Україні також скорочено:

- до загального – на 1,4 %;

- до навантаженого – на 3,8 %.

Зменшився процент порожнього пробігу як до загального, так і до навантаженого пробігу всіма залізницями України.

2. Підвищення статистичного навантаження на вантажний вагон зменшує питому вагу тари в перевізній роботі, а тому прямо впливає на її енергомісткість. За 2007 р. збільшилося статистичне навантаження порівняно з 2006 р. на 0,1 т.

3. Збільшення коефіцієнту населеності пасажирських вагонів.

Якщо розглядати моторвагонний рухомий склад, то електроенергія вимірюється витратами на секцію, оскільки секція складається з одного головного (або моторного) та причіпного вагонів. Більшу частину електроенергії споживає

головний або моторний вагон (в залежності яку секцію розглядати). На 100 км руху причіпні вагони споживають приблизно 100 Квт, а весь поїзд під час руху на 100 км приблизно споживає 800 кВт.

Таблиця 2

Динаміка коефіцієнту порожнього пробігу вантажного вагона до загального пробігу за 2000 – 2007 рр.

Залізниця	Роки								
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
								план	факт
Донецька	36,3	37,3	37,7	38,0	35,5	37,1	36,9	37,1	36,2
Придніпровська	33,9	35,5	35,6	36,3	34,0	35,1	34,4	34,7	33,3
Південна	36,1	38,6	38,0	38,0	35,0	39,6	39,7	39,8	37,2
Південно-Західна	45,1	42,7	42,5	40,5	39,7	38,8	39,2	39,4	37,7
Одеська	44,5	44,9	44,6	42,7	41,6	42,3	42,1	41,3	39,9
Львівська	44,4	43,8	43,8	42,8	42,1	42,1	41,4	41,5	41,1
У цілому	40,4	40,7	40,6	39,7	38,2	39,1	38,7	38,9	37,5

Норму витрат по споживанню електроенергії надає служба приміських пасажирських перевезень на цілий рік. Далі самостійно депо розподіляє норму витрат між електропоїздами помісячно і корегує в залежності від пробігу електропоїздів. Для цього ведеться спостереження перших 5...7 днів поточного місяця.

Якщо, наприклад, час прямування електропоїзда зменшується за рахунок збільшення швидкості при невеликій кількості пасажирів, то застосовується більша норма витрат електроенергії, отже на цей поїзд потрібно збільшити норму витрат електроенергії. Або, наприклад, температура навколишнього середовища висока – то можна зменшити норму витрат. Якщо ж збільшується маса поїзда, тобто зростає кількість пасажирів, то електроенергія майже не потрібна, поїзд рухається майже сам. Електроенергія потрібна лише для його поштовху. Чим менша населеність поїзду, тим більше потрібно затратити електроенергії на його рух. Тобто потрібно постійно аналізувати населеність пасажирських вагонів [1].

Збільшення коефіцієнту населеності пасажирських вагонів протягом 2000 – 2007 рр. наведено в табл. 3.

У 2007 р., порівняно із 2006 роком, населеність вагонів збільшилася на 0,41 пас./ваг. або на 1,3 %.

Отже, в зв'язку зі збільшенням коефіцієнту населеності зменшуються витрати електроенергії на тягу поїздів.

Другий напрямок підвищення енергомісткості – це заходи щодо зменшення опору руху поїздів, в тому числі приміських [10].

За даними теоретичних досліджень можливо досягти зменшення величини опору рухомого складу за інших рівних умов на величину до 15 % за рахунок змащення зони тертя гребеню колісної пари та бокової грані рейки, а також інших заходів, які зменшують величину енергії, що витрачається на подолання опору від тертя поверхонь.

Другим напрямом є впровадження локомотивів-лубрикаторів та установка стаціонарних лубрикаторів на вході у стрілочної вулиці провідних станцій.

Основним показником, що, крім витрат на відновлення коліс, характеризує величину додаткового опору рухові поїздів, є інтенсивність зношення гребеню колеса на 10^4 км пробігу.

За 2007 р. інтенсивність зношення гребенів колісних пар склала 0,475 мм на 10^4 км при плані 0,48 мм на 10^4 км.

По локомотивному господарству це досягнуто, перш за все, за рахунок змащування бокової поверхні головки рейки, обточування колісних пар ресурсозберігаючим профілем ДМЕТІ-МІНТЕК, зміцнення гребенів колісних пар і обладнання локомотивів гребенезмащувачами. Подібні заходи можна впровадити й у приміському комплексі.

Третім напрямом заходів по збереженню електроенергії є заходи щодо підвищення кое-

фіцієнту корисної дії (ККД) тягового рухомого складу, які можна згрупувати в такі групи [10]:

- підтримання належного стану тягового рухомого складу шляхом виконання системи планово-попереджувальних ремонтів;
- внесення змін до конструкції тягового рухомого складу шляхом його модернізації;
- упровадження енергозберігаючих технологій.

Таблиця 3

**Коефіцієнт населеності пасажирських вагонів протягом 2000-2007 рр.
по залізницях України (пас./ваг.)**

Залізниця	Роки							
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Донецька	39,8	40,4	39,7	41,7	35,4	32,0	32,2	33,1
Придніпровська	42,3	31,7	32,3	33,1	30,7	30,5	30,5	31,7
Південна	30,0	28,4	31,8	33,5	31,7	31,2	31,1	30,6
Південно-Західна	37,2	36,9	36,8	36,8	36,2	37,0	36,1	36,1
Одеська	31,2	31,4	31,6	34,6	32,1	32,5	31,6	32,0
Львівська	28,7	30,0	29,4	29,4	26,5	26,2	25,7	26,5
У цілому	35,5	33,3	33,8	34,8	32,6	32,1	31,9	32,4

Враховуючи те, що перепробіги тепловозів і дизель-поїздів значною мірою погіршують їх енерговитрати (паливо та дизельна олива), поступове зменшення перепробігів суттєво поліпшить експлуатаційний ККД тягового рухомого складу.

Впровадження анамелгатора (каталізатора горіння) палива суттєво поліпшує ККД дизельних двигунів та зменшує питомі витрати дизельного палива. Зменшується також заміна дизельної оливи по бракувальних параметрах через поліпшення повноти згорання палива та зменшення сажоподібних утворень.

Разом з іншими організаційно-технічними заходами за період після повного застосування анамелгатора «Адізол Т-6» (1999 – 2007 рр.) питомі витрати дизельного палива на тягу поїздів зменшилися на 21,5 %.

В локомотивних депо Південної залізниці проводяться експлуатаційні випробування анамелгатора дизельної оливи «Діамантовий Озерол МП-10», від впливу якого має місце позитивний результат в очищенні вузлів і деталей дизеля в процесі експлуатації, підвищенні якості роботи деталей, які знаходяться в безпосередньому контакті в режимі тертя, подовженні терміну

служби дизельної оливи та збереженні її якісних властивостей.

Модернізація електровозів шляхом введення ступінчатого регулювання швидкості обертання вентиляторів охолодження електричних двигунів в залежності від реалізованої ними сили тяги (типова конструкція передбачає постійну – максимальну швидкість їх обертання).

Модернізація одного електровоза ВЛ-80 забезпечує економію в середньому 225 тис. кВт·год електроенергії на власні потреби за рік, що складає 4,5 % від загальних його витрат на тягу поїздів. Окупність затрат на модернізацію – менше 1 року.

Протягом 2000 – 2007 рр. проведено модернізацію 194 електровозів ВЛ-80.

За 2007 р. від експлуатації модернізованих електровозів досягнуто скорочення споживання на 43,7 млн кВт·год електроенергії (орієнтовною вартістю 14,7 млн грн).

Електрифікація залізниць та збільшення частки перевезень електротягою.

Електрична тяга, крім значної експлуатаційної ефективності, має високу енергетичну ефективність. В подальшому перевага електротяги буде посилюватися значними резервами ККД

електровозів, підвищенням дефіцитності дизельного пального та його вартості, яка вже тепер неспівставна з вартістю електроенергії.

На Донецькій залізниці закінчено роботи по електрифікації ділянки Дебальцеве – Луганськ та у вересні 2007 р. введено в експлуатацію 20,3 км електрифікованої лінії. При плані капітальних вкладень 34000 тис. грн освоєно 53338 тис. грн.

У 2007 р. частка теплотяги в перевезеннях у цілому зменшилася проти фактичних показників минулого року та проти плану 2007 р., за рахунок чого зменшилися витрати дизельного палива проти факту на 607 і проти плану на 440 т в умовному обчисленні (табл. 4).

Статистичні дані ще раз підтверджують раціональність використання дизельного палива за рахунок електрифікації колій залізничного транспорту.

Четвертий напрямок – це вдосконалення показників використання рухомого складу, які безпосередньо впливають на витрати енергоресурсів.

4.1. Стандарти якості використання рухомого складу.

За 2007 рік від невиконання планових показників використання рухомого складу залізницями додатково використано 2228 т дизельного палива і 44,2 млн кВт·год електроенергії, що менше на 605 т палива і більше на 10 млн кВт·год електроенергії проти додаткових витрат в 2006 р.

Щодо використання тягового рухомого складу, то в порівнянні із минулим роком, у 2007 р. при збільшенні обсягів перевезень по Укрзалізниці в електротязі на 7,4 % парк магістральних електровозів збільшився на 14,4 %. При цьому в роботі збільшення складає 5,5 %, а простої збільшилися на 22,9 %.

В теплотязі по Укрзалізниці робота збільшилася на 5,9 %, а експлуатаційний парк тепловозів збільшився на 10,1 %. При цьому, в роботі парк збільшився лише на 1 %, використання тепловозів на маневрах збільшилося на 2,7 %. Простої зросли на 25,8 %.

У 2007 р. при простої локомотивів на коліях станцій обороту і приписки та на резервний пробіг використано 501 млн кВт·год електроенергії та 94 тис. т дизельного палива.

По Укрзалізниці в цілому непродуктивні витрати електроенергії в електротязі проти 2006 р. збільшено на 51,1 млн кВт·год, а стосовно витрат електроенергії на тягу поїздів – на 0,6 %.

В теплотязі непродуктивні витрати палива збільшилися проти 2006 р. на 13 тис. т, а у від-

ношенні до витрат дизпалива на тягу поїздів їх збільшено на 2,1 %.

Витрати електроенергії також залежать від діючих одночасно таких факторів: технічний стан електропоїзда, рівень експлуатаційних показників, майстерність ремонтних та локомотивних бригад, технічний стан колій та метеорологічні умови.

Провідне місце відводять технічному стану електропоїзда. Хороші результати економії електроенергії можна отримати лише за умови відмінно справного технічного стану електропоїзда. Як показує статистика, несправності електросекцій на шляху прямування залишаються на високому рівні.

Більше половини всіх несправностей відбувається з провини ремонтних бригад. Якщо врахувати, що при кожному випадку несправності на лінії порушується графік руху інших електропоїздів, на здогін яких витрачається зайва електроенергія, тоді кожна несправність приводила б до значної цифри перевитрат електроенергії. Достатньо сказати, що навіть незначна несправність в апаратах або електричних схемах в середньому викликає запізнення електропоїзда на 5 хвилин, для ліквідації якого необхідно витратити 25 кВт·год зайвої електроенергії у розрахунку на секцію, а на п'яти-секційний електропоїзд – 125 кВт·год [4].

Проаналізуємо наявність неграфікових зупинок та пов'язані з ними витрати паливно-енергетичних ресурсів на прикладі 2006 – 2007 років (табл. 5). Даний аналіз є правдивим, тому що тенденції залежності витрат не зміняться.

У 2007 році сталося 170632 випадки неграфікових зупинок поїздів із додатковими витратами на тягу поїздів 5,37 тис. т у.п. енергоресурсів орієнтовною вартістю 7,65 млн грн. Найбільше неграфікових зупинок допущено на залізницях:

- Південно-Західній – 85136 одиниць, або 49,9 % від загальної кількості зупинок по залізницях України;

- Одеській – 34493 одиниці, або 20,2 %.

Зупинка поїзда призводить до додаткових витрат 120...150 кВт·год електроенергії (орієнтовною вартістю 40...50 грн) або 20...25 кг дизельного палива (85...107 грн). Крім цього, введення поїзда в графік призводить до витрат електроенергії 15...25 кВт·год (до 5...8 грн) або 5...10 кг дизпалива (до 21...43 грн) на одну хвилину нагону.

Від неграфікових зупинок поїздів у 2007 р. додатково використано 13,3 млн кВт·год електроенергії та 733 т дизельного палива.

Порівняння перевитрат або економії дизельного палива протягом 2006 – 2007 рр.

Показник		2006	2007		Економія (-) або перевитрати (+) порівняно з 2006 р., т у.п.	Економія (-) або перевитрати.(+) порівняно з планом, т у.п.
		факт	план	факт		
Вантажна робота, млн т-км брутто	Теплоенергія	60280,86	62112	66032,71	+135	-203
	Електроенергія	329480	339325	357674,8		
	Частка теплоенергії від загальної кількості електроенергії, %	18,3	18,3	18,46		
Пасажирська робота, млн т-км брутто	Теплоенергія	16475,2	16346	15625,85	-621	-32
	Електроенергія	57150,66	57628	56957,75		
	Частка теплоенергії від загальної кількості електроенергії, %	28,8	27,5	27,43		
Приміська робота, млн т-км брутто	Теплоенергія	4643,95	4677	4315,8	-121	-205
	Електроенергія	23172,6	23661	23070,87		
	Частка теплоенергії від загальної кількості електроенергії, %	20	20,9	18,71		
Всього					-607	-440

**Наявність неграфікових зупинок та пов'язані з ними витрати
паливно-енергетичних ресурсів у 2006 – 2007 рр.**

Залізниця	Кількість неграфі- кових зупинок, од.		Витрати паливно- енергетичних ресурсів, т у.п.	
	2006	2007	2006	2007
Донецька	8544	8063	195	183,7
Придніпровська	18699	16451	1028,4	905,9
Південна	18770	18247	744	721,7
Південно-Західна	70951	85136	2610,3	2697,4
Одеська	40600	34493	684,3	596,3
Львівська	5270	8242	165,9	263,3
Разом	162834	170632	5427,9	5368,3

Крім пошкоджень обладнання на питому вагу електроенергії впливає технічний стан вузлів і апаратів електропоїзда, їх параметри і характеристики. Електропоїзди одного типу відрізняються між собою товщиною і прокатом бандажів, частотою обернення валів тягових двигунів, величинами опору послаблення полів, напругою збудження. Всі ці розходження впливають на питому вагу електроенергії.

Протягом періоду експлуатації змінюється діаметр бандажів колісних пар, тому швидкісні характеристики, які відносять до ободу коліс моторного вагону, відрізняються між собою. Це викликає нерівномірний поділ напруги між двигунами при послідовному з'єднанні і струму при паралельному з'єднанні тягових двигунів, нерівномірність навантажень між моторними вагонами поїзду. Результати досліджень залежності витрат електроенергії від величини прокату бандажів колісних пар показали, що збільшення прокату призводить до росту питомої ваги електроенергії.

Для покращення технічного стану електропоїздів, зменшення несправностей на шляху прямування необхідно удосконалювати організацію ремонтів і технічне утримання моторвагонного парку, проводити технічне навчання серед ремонтних і локомотивних бригад, приділяючи особливу увагу вузлам і обладнанню, в яких виникає найбільша кількість несправностей. Слід звернути увагу на вивчення технології ремонту нового обладнання.

З метою зменшення витрат електроенергії і стійкої роботи електросекцій в експлуатації при заводських та деповських ремонтах ремонтний персонал повинен правильно підбирати тягові двигуни згідно з їх характеристиками. Це спри-

яє рівномірному розподілу навантажень між паралельними групами тягових двигунів, і цим самим створює умови для безбуксувальної роботи моторних вагонів, збільшуючи потужність електропоїзда.

Витрати електроенергії залежать від технічного стану допоміжних машин, опалення й освітлення. Саме тому потрібно приділяти особливу увагу приладам, які здійснюють контроль за їх роботою.

Наступним постійно діючим фактором, який впливає на економічне використання паливно-енергетичних ресурсів, є оптимальний режим ведення поїздів [10].

На транспорті відбувається пошук резервів росту ефективності праці на кожному робочому місці. Вчені-психологи встановили, що одноманітна робота стає нецікавою, з часом втрачається до неї інтерес, її монотонність стомлює людину, а отже знижує продуктивність праці.

Чергування операцій так само, як сумісництво професій – здавна відома і прийнята форма організації праці. Враховуючи це, машиністи, як правило, прагнуть до зміни операцій, тобто першу половину робочого часу проводять за контролером машиніста, а іншу – в ролі помічника машиніста, слідкують за посадкою і висадкою пасажирів. Такі машиністи, як правило, виграють у питаннях економії електроенергії. Психологічні фактори, які начебто не мають ніякого відношення до питань економії, не враховуються машиністами, а нехтування ними призводить до того, що така локомотивна бригада під кінець робочої зміни дуже стомлюється, у машиніста різко знижується реакція до управління поїздом. Розглядаючи це питання, необхідно враховувати умови прямування, в

яких можна довірити управління поїздом помічнику машиніста.

Аналізуючи досвід роботи локомотивних бригад, дослідники дійшли висновку, що деякі машиністи систематично працюють з економією електроенергії. Водночас невелика частина локомотивних бригад не вкладається у відведену їм норму і постійно допускає перевитрати електроенергії. Це відбувається в однакових умовах, навіть на одному і тому ж електропоїзді.

Велику роль у питаннях збереження електроенергії відіграють психологічні фактори, тобто особисті якості машиністів.

Для встановлення, як саме індивідуальні характеристики впливають на величину витрат електроенергії, візьмемо дві групи машиністів (А і Б) та зведемо результати їх праці в табл. 6.

На основі даних таблиці можна зробити висновки, що машиністи з високою кваліфікацією економлять більше електроенергії. Особливо відчутна економія електроенергії у машиністів у групі з середньою освітою і першим класом. Продуктивність праці в питаннях економії електроенергії в більшості залежить від кваліфікації, освіти і стажу роботи. Машиністам-інструкторам і керівникам депо є над чим попрацювати, якщо врахувати віддачу в питаннях економії електроенергії за рахунок підвищення машиністами освіти і кваліфікації [8].

Велику роль в питанні економії електроенергії відіграє і матеріальна зацікавленість. Обов'язково потрібно доводити до відома локомотивних бригад інформацію про суму винагороди за економію паливно-енергетичних ресурсів.

Таблиця 6

Аналіз роботи локомотивних бригад депо

Характеристика	Значення характеристики	Число машиністів у групі		Економія на всю групу, тис. кВт·год		Економія на одного машиніста, тис. кВт·год	
		А	Б	А	Б	А	Б
Трудовий стаж	До 5 років	19	20	245		15,3	14,5
	Від 5 до 10	9	8	181	290,5	20,1	14,7
	Більше 10 років	28	22	398	369	14,2	16,7
Класність	1-й клас	7	9	120	221	17,1	24,6
	2-й клас	12	14	209	209	17,4	14,9
	3-й клас	20	13	240	187	12,0	14,3
	4-й клас	14	14	192	149	13,7	10,7
Освіта	Неповна середня, 7-8 класів	19	20	234	221	12,3	11,0
	Середня, 10-11 класів	17	17	173	303	10,1	17,8
	Середньотехнічна	17	13	336	214	19,1	16,5

При економії паливно-енергетичних ресурсів важливу роль відіграють експлуатаційні показники (маса потягу, яка залежить від населеності вагонів, технічна швидкість), а також від технічного стану колій і метеорологічних умов. Від стану головок колій в значній мірі залежать витрати електроенергії на тягу поїздів. Там, де головки рейок чисті, електропоїзд набагато менше буксує при розгоні. Велика кількість електроенергії втрачається на тих ділянках колій, де їх технічний стан потребує зниження швидкості.

Витрати електроенергії на подолання основного опору проти руху потягу, а також на опа-

лення вагонів в основному залежать від кліматичних зон країни і погодних умов в конкретний період року. При потужному зустрічному вітрі в значній мірі збільшується опір руху. Це означає, що витрати електроенергії зростають [2].

Тепер повернемося до основних витрат паливно-енергетичних ресурсів, які припадають на тягу поїздів. І, нарешті, розглянемо заходи щодо зменшення витрат електроенергії в системі енергопостачання тяги поїздів.

По Укрзалізниці за 2007 р. «умовні» втрати скоротилися проти 2006 р. на 0,96 %, що зменшило використання електроенергії на виконанні

за рік обсяги роботи в тязі поїздів на 58,9 млн кВт·год (20,1 млн грн).

Також було досягнуто зниження втрат в тяговій мережі за рахунок заміни застарілих тягових агрегатів та підтримання оптимальних режимів їх роботи. На Донецькій залізниці виконано установку двох агрегатів з 12-пульсовою схемою випрямлення взамін старих з 6-пульсовою, за рахунок чого за 2007 р. зекономлено 473 тис. кВт·год на суму 147,4 тис. грн. На Придніпровській залізниці наприкінці року встановлено один агрегат, що дало змогу зекономити 17,4 тис. кВт·год на суму 5,5 тис. грн.

На Придніпровській залізниці відключення з роботи по одному тяговому агрегату або тяговому трансформатору в залежності від поїзної ситуації за звітний період дало економію електроенергії 2,51 млн кВт·год на суму 796,5 тис. грн.

А також постійно проводяться заходи щодо забезпечення збереження та зменшення крадіжок дизельного палива. Для забезпечення достовірного обліку витрат палива на тягу поїздів та його збереження Головним комітетом локомотивного господарства спільно із ЗАТ «БІС» розроблено та впроваджено в локомотивних депо залізниць 558 одиниць електронних систем моніторингу наявності та витрат дизельного палива типу «БІС-Р». Система дозволяє в реальному часі заміряти рівень, об'єм та температуру палива в паливному баку тепловоза, кількість палива, отриманого при екіпіруванні, достовірно розрахувати кількість палива, використаного за поїздку. При виконанні тепловозом змішаної роботи дозволяє визначити витрати палива по кожному елементу нормування (веденню поїзда, маневровій роботі, резервному пробігу, роботі з колійною технікою, простоям в режимі холостого ходу тощо), а також завантаження тепловоза, що дає можливість більш об'єктивно нормувати витрати палива локомотивним бригадам. При відсутності завантаження тепловоза дозволяє контролювати простій в режимі холостого ходу і холодному стані. Система в реальному часі фіксує випадки несанкціонованого зливу палива із паливного баку або паливної системи дизеля як при непрацюючому двигуні, так і на всіх режимах його роботи. Не дозволяє накопичувати в паливному баку необліковане паливо.

Крім цього, контроль роботи в локомотивних депо здійснюється щомісячними раптовими перевітками локомотивних бригад на шляху прямування спеціалістами Главку центрального локомотивного господарства, локомотивних служб залізниць, інспекцій залізниць і Укрзалізниці по закритому графіку.

Висновки

З проведеного аналізу бачимо, що вплив розглянутих факторів є стратегічно важливим і надалі потребує вивчення їх дії, розробки нових технологій з метою збереження і раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів. Тож надалі потрібно впроваджувати нові методи і технології для економного використання цих ресурсів.

Таким чином, порівняно з 2006 р., зниження питомих витрат енергоносіїв на тягу поїздів по видах руху зменшило використання дизельного палива на 620 т і електроенергії на 126,1 тис. кВт·год.

Протягом останнього десятиліття залізничники оцінили важливість і вартість для них паливно-енергетичних ресурсів і працюють над тим, як найраціональніше використовувати їх з метою забезпечення повноцінної роботи залізничного транспорту.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бещева, Н. И. Сравнение отдельных видов тяги в пригородном пассажирском движении [Текст] / Н. И. Бещева. – М.: Транспорт, 1997. – 363 с.
2. Дашкевич, А. Б. Рациональное использование электрической энергии на тягу поездов [Текст] / А. Б. Дашкевич. – М.: Транспорт, 1998. – 80 с.
3. Капустин, Л. Д. Электропоезда с электрическим торможением [Текст] / Л. Д. Капустин. – М.: Транспорт, 1999. – 256 с.
4. Костюковский, М. А. Управление электропоездом и его обслуживание [Текст] / М. А. Костюковский. – М.: Транспорт, 2000. – 198 с.
5. Мурзин, Л. Г. Экономия электрической энергии на электроподвижном составе [Текст] / Л. Г. Мурзин. – М.: Транспорт, 1998. – 60 с.
6. Резенфельд, В. Е. Электрификация железных дорог [Текст] / В. Е. Резенфельд. – М.: Трансжелдориздат, 1999. – 486 с.
7. Фаминский, Г. В. Экономия электроэнергии в электропоездах [Текст] / Г. В. Фаминский. – М.: Транспорт, 1999. – 88 с.
8. Цукало, П. В. Резерв экономии электроэнергии на электропоездах [Текст] / П. В. Цукало // Электрическая и тепловозная тяга. – 1989.
9. Указания по выбору самого выгодного режима и скорости движения пригородных пассажирских поездов при различных видах тяги [Текст] // Тр. ЦНИИ МПС. – М.: Транспорт, 1997. – 72 с.
10. Методичний аналіз використання паливно-енергетичних ресурсів та роботи по енергозбереженню на залізничному транспорті України за 2007 рік [Текст]. – К.: Держ. адміністрація залізничного транспорту України «Укрзалізниця», 2007. – 53 с.

Надійшла до редколегії 01.02.2010.

Прийнята до друку 04.02.2010.

РЕФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ В УМОВАХ КРИЗИ

В даній статті розглядаються сутність залізничного транспортного сектору економіки. Проаналізовано динаміку обсягів перевезень вантажів України залізничним транспортом.

Ключові слова: реформування залізничного транспорту, економічна криза, динаміка обсягів вантажних перевезень

В данной статье рассматриваются сущность железнодорожного транспортного сектора экономики. Проанализирована динамика объемов перевозок грузов Украины железнодорожным транспортом.

Ключевые слова: реформирование железнодорожного транспорта, экономический кризис, динамика объемов грузовых перевозок

In this article the essence of the railway transport sector of economy is examined. The dynamics of volumes of railway freight transportations in Ukraine is analysed.

Keywords: reformation of railway transport, economic crisis, dynamics of volumes of freight transportations

Вступ

Україна належить до регіонів зі значним розвитком залізничного транспорту. Він відіграє вирішальну роль у єдиній транспортній системі країни, значно впливаючи на економічні зв'язки між виробниками і споживачами продукції, областями й економічними районами України, із закордонними країнами. На нього припадає основна частина вантажообігу і перевезень пасажирів.

Залізничний транспорт України за загальною довжиною шляхів (23 тис. км) займає четверте місце у світі (після США, Росії та Канади). За вантажообігом він виконує основні обсяги перевезень 40...50 % (навіть у рік найбільшого спаду – 2008 – понад 40 %), а за пасажирооборотом є незаперечним лідером – на нього приходить 50...70 % загального обсягу перевезень. Перевізні роботи, що здійснюються на залізницях України, майже дорівнює обсягові, виконуваному залізницями країн ЄС, узятими разом [3].

На даний час українські залізниці в основному задовольняють потреби суспільного виробництва і населення в перевезеннях. Проте стан виробничо-технічної бази галузі та технологічний рівень перевезень по багатьох параметрах не відповідає потребам суспільства і європейським стандартам якості надання транспортних послуг, що ростуть. На думку фахівців, найближчим часом це може стати перешкодою для подальшого соціально-економічного розвитку держави.

Постановка проблеми

Мета даної статті – дослідити основний механізм реформування залізничного транспорту. Проаналізувати обсяги вантажоперевезень в Україні в умовах кризи та обґрунтувати вплив системи формування залізничного транспорту на економічному рівні. Досягнення цієї мети зумовлено необхідністю розв'язання таких завдань:

- розкрити сутність методологічних підходів формування та розвитку залізничного транспорту України;
- поглибити теоретико-методологічні засади реформування вантажоперевезень на території України;
- проаналізувати сучасне становище транспортної галузі;
- визначити основні пріоритети розвитку українських залізничних доріг в умовах фінансової кризи;
- визначити основні шляхи модернізації основних фондів залізничного транспорту.

Результат

Незважаючи на економічну кризу, яка негативно позначилася на функціонуванні всієї економічної системи України, залізничний транспорт за попередніми підсумками закінчує 2008 рік з позитивними показниками своєї діяльності.

Криза основних вантажовідправників, таких як підприємства гірничо-металургійного комплексу, хімічної та будівельної галузей проми-

словості, що полягає в суттєвому зменшенні обсягів виробництва та перевезення їхньої продукції в другому півріччі 2009 року (в середньому на 40 %), призвела до невиконання залізницями деяких об'ємних показників своєї діяльності. Але стабільна робота залізничників упродовж 2008 року дозволила навіть у цій складній ситуації досягти позитивних якісних показників, які характеризують ефективність функціонування галузі.

Так, обсяг перевезень у 2008 році склав 97,4 %, у тому числі перевезення вантажів у транзитному та внутрішньодержавному сполученні складало 96,9 % та 86,8 % до запланованого відповідно [2].

У той же час якісні показники функціонування залізниці були перевиконані: середня вага вантажного поїзда на 1,8 % перевищує планове завдання, на 5 % перевищено планову величину продуктивності локомотива, а узагальнюючий показник ефективності використання вантажних вагонів (обіг вантажного вагону) прискорений на 0,08 доби від запланованого.

Ефективна робота залізниць у першому півріччі 2009 року дозволила, незважаючи на проблеми кінця року, перевищити планові показники доходів від діяльності залізничного транспорту. Так, за прогнозними даними за 2009 рік залізницями буде отримано 38,3 млрд грн доходів, що більше плану на 1,2 млрд грн (+3,2 %).

Однак, значне зниження обсягів відправлення вантажів у третьому кварталі 2008 року, суттєве підвищення індексу оптових цін у промисловості до 123,5 %, різке коливання курсу гривні до іноземних валют призвело до підвищення витрат від звичайної діяльності на 5,1 млрд грн (до 38,9 млрд грн). Як наслідок, очікується, що у 2009 році залізниці України зазнають збитків на суму 0,8 млрд грн. На ситуацію, крім цього, також вплинуло збільшення збитків від пасажирських перевезень. Очікується, що за підсумками 2008 року їх рівень складе 4,3 млрд грн, з яких 1,6 млрд грн (37 %) – це збитки від приміських пасажирських перевезень [1].

У виробничій діяльності, незважаючи на проблеми другого півріччя, впродовж 2008 року залізничники виконали поставлені завдання.

Проводилась активна робота з оновлення основних фондів залізничного транспорту. Так, освоєння капітальних інвестицій, за попередніми даними, у 1,2 разу перевищує обсяги 2007 року, а оновлення рухомого складу – у 2,1 разу. Зростання обсягів капітальних інвестицій на

оновлення рухомого складу у звітному періоді відбувалося за рахунок і власних, і залучених коштів.

Обсяги робіт, що виконані на будівництві та реконструкції мереж зв'язку, телекомунікацій та інформаційних систем, у 2 рази перевищують обсяги відповідного періоду минулого року.

Поряд із цим, залізничники постійно забезпечують високий рівень безпеки на залізничному транспорті, працюють над покращенням надання послуг, зберігають соціальні стандарти галузі.

Головними завданнями залізниць на 2009 рік є виконання всіх запланованих антикризових заходів з метою збереження та ефективного використання кадрового, технічного та технологічного потенціалу галузі, підвищення темпів технічного й організаційного розвитку.

Одним з пріоритетів буде забезпечення росту вантажообігу залізниць за рахунок розширення номенклатури вантажів, упровадження нових напрямків і технологій перевезень.

Так, зменшення вантажопотоку сприяє пасивній співпраці залізниць із вантажовиробниками, як із тими, які користуються послугами залізниць (у напрямку покращення взаємодії та надання більш якісних послуг), так і з тими, які використовують для перевезення власних вантажів інші види транспорту. У цьому напрямку залізниці вивчають потреби відповідної категорії вантажовідправників з метою запропонувати послуги, які найбільшою мірою задовольнятимуть їхні вимоги. Це дозволить переключити ці вантажопотоки на залізничний транспорт.

У вересні 2009 року обсяги промислового перевезення в Україні різко скоротилися. За даними Держкомстату, його показники впали на 4,5 % в порівнянні з вереснем минулого року. Все це пов'язано з тим, що у всіх галузях виробництва зазначався спад.

За даними Держкомстату, спад обсягів промвиробництва у вересні 2009 року проти вересня 2008 року по галузях склав: видобувна промисловість – 1,2 % (у січні-вересні 2008 року до січня-вересня 2008 року – зростання 4,1 %), видобуток корисних копалин, окрім паливно-енергетичних – 2,3 % (зростання 6 %), видобуток паливно-енергетичних корисних копалин – 0,1 (зростання 2,4 %) [1].

В обробній промисловості спад виробництва у вересні 2009 року проти вересня 2008 року склав 5,3 % (зростання 2,2 %), зокрема у виробництві харчових продуктів, напоїв і тютюно-

вих виробів зафіксовано спад на рівні 5,5 % (зростання 2,2 %) [2].

Найбільше зниження обсягів зафіксоване у виробництві вугілля, що коксується, і продуктів нафтопереробки – 22,3 %. Другий аутсайдер – металургія. Вона недорахувала 17 %. Це пов'язане з падінням зовнішнього попиту на українську металургійну продукцію і з певним уповільненням економічної динаміки в цілому. Крім того, впали показники харчової промисловості – на 5,5 %, легкої промисловості – на 2,1 %, хімії і нафтохімії – на 2,1 %. Що стосується хімічних і нафтохімічних продуктів, загальний світовий попит на ці продукти падає [2].

При цьому нинішній спад у промисловості може нести загрозу наповненню бюджету 2010 року.

Отже, основним шляхом виведення залізничного транспорту з кризи є реструктуризація. Реструктуризацію залізничного транспорту України необхідно розглядати, як систему реформ, яка охоплює принципові перетворення в сферах: організаційних структур, майнових відносин, інвестиційно-модернізаційній, технологічній, фінансово-економічній, соціально-кадровій, законодавчій. Основними цілями реструктуризації є:

- створення орієнтованої на споживача гнучкої та економічної системи управління, сприйнятливої до технічного прогресу та здатної до збереження і зміцнення позицій залізничного транспорту України на внутрішньому і міжнародних транспортних ринках;

- збільшення доходів залізниць за рахунок залучення додаткових вантажопотоків, збільшення обсягів та підвищення якості послуг;

- приведення основних фондів, трудових і матеріальних ресурсів у відповідність з потребами економіки і населення в перевезеннях, скорочення витрат шляхом впровадження протизатратного механізму в усіх ланках господарства, ліквідації збиткових та низькорентабельних видів діяльності, виділення зі складу залізничного транспорту непрофільних виробництв та підприємств, які не входять до сфери основної діяльності;

- модернізація рухомого складу та інфраструктури залізничного транспорту, його технологічне переоснащення, досягнення на цій основі високої економічної ефективності виробництва, сучасних рівнів споживчих стандартів, інтеграції залізниць у європейські транспортні системи;

- удосконалення економічних відносин залізничного транспорту із споживачами його послуг, суміжними видами транспорту, державою, регіонами, а також внутрігалузевих стосунків на ринкових принципах.

Висновок

Для забезпечення життєдіяльності залізничного транспорту необхідно вживати заходи щодо підвищення ефективності роботи на основі впровадження ресурсозберігаючих та інформаційних технологій перевезень, застосування гнучкої тарифної політики, удосконалення системи ремонту та утримання рухомого складу, колій, засобів енергозабезпечення, зв'язку тощо.

Однак, це не вирішує повною мірою проблеми виходу з кризи. Необхідно ясно усвідомити, що стан залізниць погіршується і з початком стабілізації економіки [3].

Великі перспективи мають завдання до 2012 рік зі збереження високих темпів модернізації основних фондів залізничного транспорту: модернізація колійної інфраструктури, реалізація програми електрифікації залізниць, проведення робіт з розділення вантажного та пасажирського руху в рамках підготовки залізниць до Євро-2012, оновлення рухомого складу за рахунок закупівлі нового, а також шляхом підвищення якості й обсягів проведення ремонтних робіт існуючого.

У цілому можна зазначити, що українські залізниці мають значний потенціал для подальшого розвитку й успішного подолання наслідків економічної кризи за умови ефективного управління та повного використання наявних економічних, технологічних та організаційних ресурсів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Офіційний веб-сайт Укрзалізниці [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.uz.gov.ua>
2. Офіційний веб-сайт Держкомстату України [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.statistik.gov.ua>
3. Официальный веб-сайт «Бизнес-портал о реальном секторе экономики» [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ugmk.info>

Надійшла до редколегії 05.11.2009.

Прийнята до друку 24.11.2009.

КРИТЕРІЙ ДЛЯ ПОРІВНЯННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВАРІАНТІВ УПРАВЛІННЯ ПАРКАМИ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Розроблено оптимальний критерій для порівняння альтернативних варіантів управління парками вантажних вагонів в умовах реформування. Вважається, що варіант реформування, що має найбільший чистий дисконтний дохід, буде найкращим.

Ключові слова: реформування, парк вантажних вагонів, дисконтний дохід, вантажний вагон, вантажна компанія, компанія-оператор

Разработан оптимальный критерий для сравнения альтернативных вариантов управления парками грузовых вагонов в условиях реформирования. Считается, что вариант реформирования, при котором достигается наибольший чистый дисконтный доход, будет наилучшим.

Ключевые слова: реформирование, парк грузовых вагонов, дисконтный доход, грузовой вагон, грузовая компания, компания-оператор

The article describes the optimal criterion for different variants of management of freight car stocks. The authors came to the conclusion that in order to achieve the biggest profit the variant of reformation with getting the greatest net discount income is most effective.

Keywords: reform, freight car stock, discount income, freight car, freight company, operating company

Аналіз стану проблеми та постановка задачі роботи

Реформування управління парками вантажних вагонів є інвестиційним проектом, що передбачає поетапне вкладання коштів, необхідних для впровадження заходів щодо пристосування діяльності господарств залізничного транспорту до роботи в конкурентному середо-

вищі. Для вирішення задач такого типу використовують чистий дисконтний дохід, який може отримати вантажна компанія після реформування за різними варіантами. Варіант реформування, що має найбільший чистий дисконтний дохід, буде найкращим. Для вирішення задачі такого класу може бути використано формулу (1):

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T \frac{(D_t - Z_t) \cdot (1 - \frac{\gamma}{100}) + A_t \cdot \frac{\gamma}{100} - (K_t + Z_t^{\text{орг}} + Z_t^{\text{вк}})}{(1 + E_m)^t} \rightarrow \max, \quad (1)$$

де ЧДД – чистий дисконтний дохід, грн;

D_t – річний дохід, що може отримати вантажна компанія від усіх видів діяльності за різними варіантами реформування, грн;

Z_t – річні сумарні витрати вантажної компанії від усіх видів діяльності за різними варіантами реформування без амортизаційних відрахувань, грн;

γ – величина податку на прибуток, %;

A_t – амортизаційні відрахування;

K_t – річні інвестиції в реформування управління парком вантажних вагонів за різними варіантами, грн;

$Z_t^{\text{орг}}$ – організаційні витрати на реформування;

$Z_t^{\text{вк}}$ – витрати на компенсацію, що пов'язані зі звільненням частини працівників;

t – номер розрахункового року: $t = 0, 1, 2,$

$3, \dots, T$ (T – строк проведення структурної реформи).

Ставка дисконту, що використовується у формулі (1), повинна відповідати концепції прогнозування грошових потоків (у базових або прогнозованих цінах). У роботі виконано прогнозування у базових цінах. Отже, ставка дисконту повинна відповідати реальній нормі доходу на капітал (тобто нормі доходу, що очищена від інфляційної складової). Така ставка дисконту отримала у вітчизняній літературі назву «модифікована ставка дисконту». Реальна або модифікована ставка дисконту зв'язана з номінальною нормою доходу за формулою:

$$E_m = \frac{1 + E/100}{1 + P/100} - 1,$$

(E – номінальна норма доходу, %; P – прогнозований темп інфляції, %).

Доход D_t , який буде отримувати вантажна компанія, буде визначатися як річна сума доходу за договорами на перевезення з власниками вантажів.

Витрати $З_t$ будуть включати усі платежі за рік, які компанія буде сплачувати за договорами:

- компанії інфраструктури;
- підприємствам транспорту, які будуть займатися навантаженням та розвантаженням вантажів;
- вагонним депо та заводам за поточні та планові ремонти рухомого складу;
- власникам вантажних вагонів, якщо вони взяті в оренду та власні витрати вантажної компанії.

Для того, щоб економічний критерій враховував усі витрати на плату за нитку графіка, навантаження та розвантаження вантажів,

утримання та ремонт вантажного вагона, слід графічно представити оборот вантажного вагона та операції, які він проходить за період життєвого циклу (рис. 1).

На транспорті працює багато різних типів універсальних вагонів одного і того ж виду. Тому в подальших дослідженнях запропоновано для кожного виду універсальних вагонів використовувати поняття середньостатистичного вагону.

Виклад основного матеріалу

Процес роботи вантажного вагона починається з підготовки його до навантаження. Ці операції відбуваються на спеціальних пунктах підготовки порожніх вагонів до навантаження (ППВ).

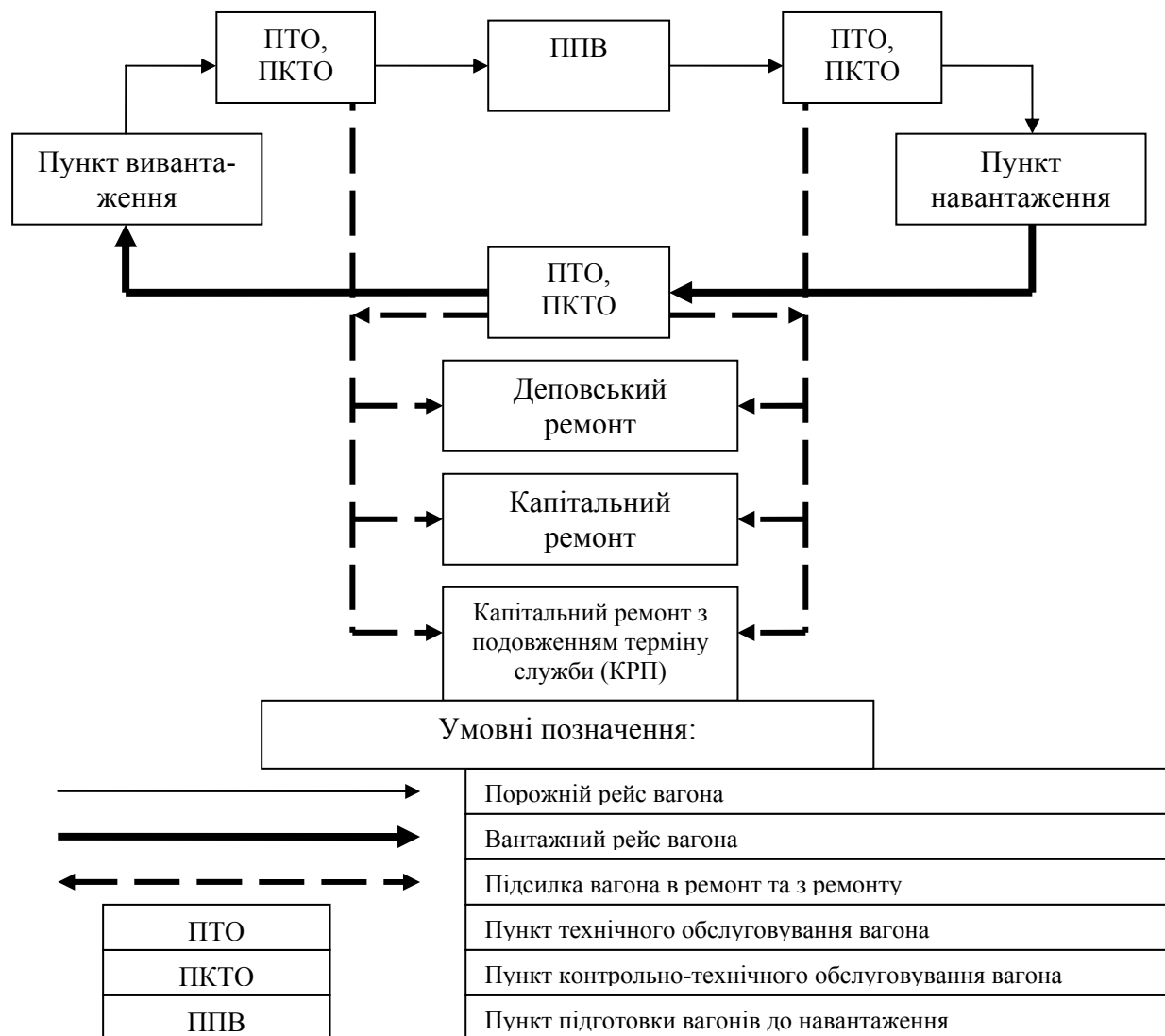


Рис. 1. Схема роботи вантажного вагона та його обслуговування і ремонту за період життєвого циклу

Для кожного виду вантажних вагонів існують різні ППВ з різними технологічними процесами обробки:

- Для цистерн – запропонована технологія промивки та пропарки.
- Для піввагонів та платформ – відбувається поточний ремонт.
- Для критих вагонів за умови навантаження певних вантажів (сіль, борошно, харчова продукція) – промивка.

Порожній та підготовлений до перевезень вагон направляється на пункт навантаження, який знаходиться на коліях Укрзалізниці, промисловості або іншої власності. Під час вантажного рейсу вагон проходить огляд на ПКТО, або на ПТО, де при необхідності йому викону-

ють поточний ремонт з відчепленням. Після доставки вантажу замовнику вагон у порожньому русі проходить технічний огляд та поточний ремонт за необхідністю, потім подається на пункт підготовки вагонів.

Таким чином, оборот вагона (ОВ) замкнувся і далі все повторюється кілька разів на рік. Таких обертів середньостатистичний вагон виконує за рік – 365/ОВ. Крім вказаних вище обертів, вагон з певною періодичністю подається для ремонту у вагонні депо (деповський ремонт) або на заводи (капітальний ремонт, КВР).

На основі технологічного ланцюга побудована схема (рис. 2), на якій враховано всі річні витрати вантажної компанії.

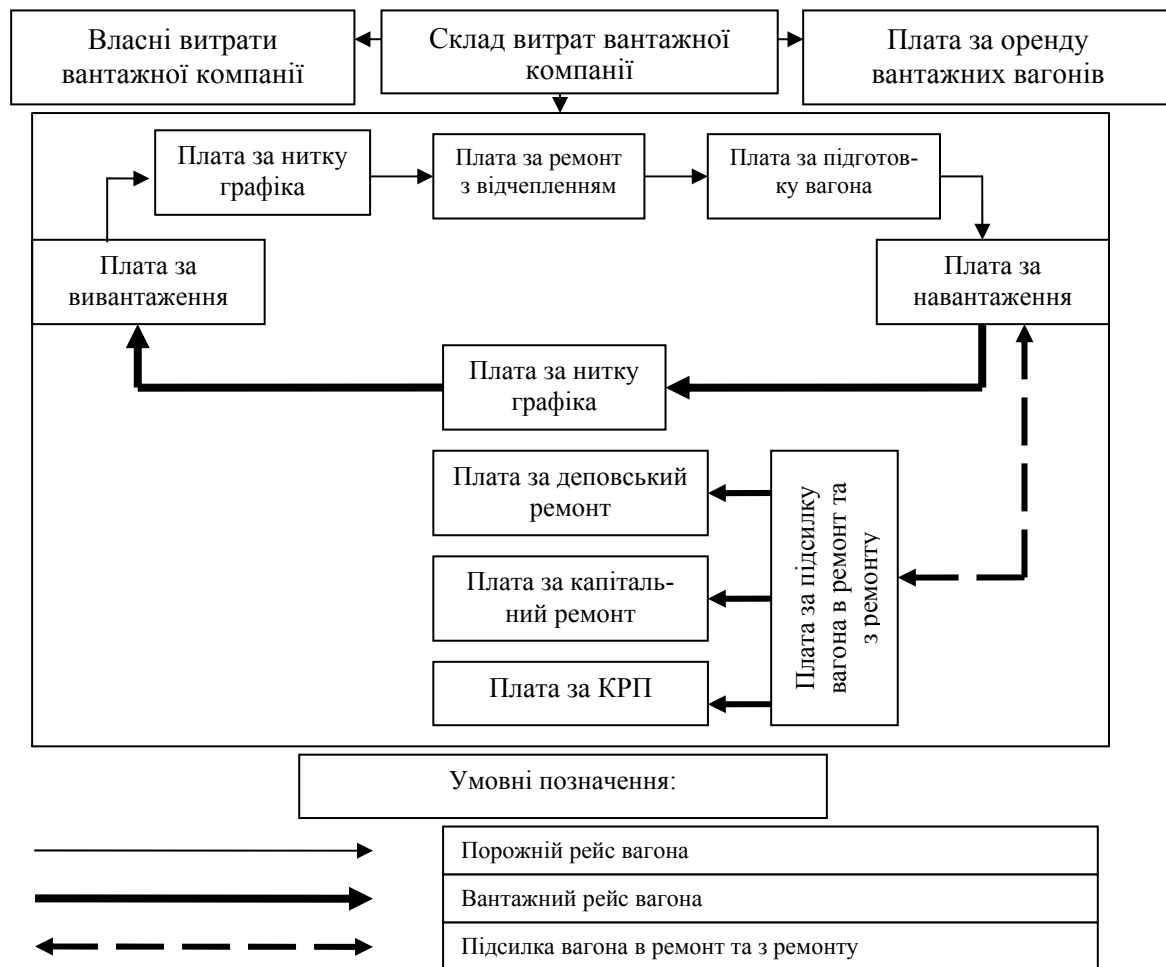


Рис. 2. Склад річних витрат вантажної компанії

Для усіх, без виключення, вагонів після реформування Укрзалізниці будуть встановлені плати за нитку графіка, які будуть включати витрати на утримання інфраструктури та її розвиток, проведення вагонам технічного огляду і поточного ремонту. Ці витрати встановлюються для середньостатистичного вантажного вагону. Для деяких окремих вагонів додатково враховуються витрати на проведення поточно-

го ремонту з відчепленням. Частково універсальні вагони проходять підготовку на ППВ за окрему оплату.

За навантаження та розвантаження вагону встановлено плату, яка також включає витрати за підсилку вагона на спеціалізовані колії та додаткові послуги. Ці витрати клієнт сплачує за кожний оборот вагона та кількості поїздок протягом року.

Витрати на деповський, капітальний та капітальний ремонт з подовженням терміну служби вантажних вагонів в депо та на заводі може оплачувати як власник рухомого складу, так і

орендатор, залежно від умов договору. Схема погашення витрат на життєвий цикл вантажного вагона представлена на рис. 3.

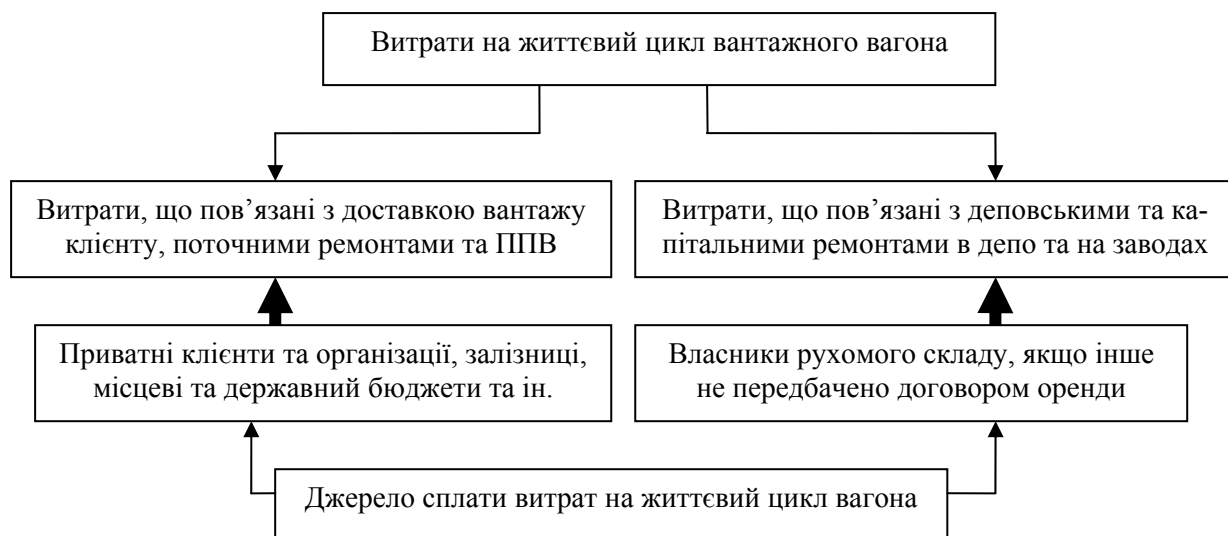


Рис. 3. Схема погашення витрат на життєвий цикл вантажного вагона

Згідно зі схемою (рис. 3) витрати на доставку вантажу, експлуатацію вагонів, їх технічний огляд та усі види поточних і планових ремонтів на протязі року складаються з двох частин:

- ВЕ – витрати, що пов'язані з доставкою вантажу, експлуатацією вагонів, їх технічним оглядом та поточним ремонтом з відчепленням на протязі розрахункового року, грн;

- ВР – витрати на усі види планових ремонтів вантажних вагонів на протязі розрахункового року, грн.

Математичне значення вказаних величин представлено у формулах (2) та (3), а загальні витрати вантажної компанії на період реформування – у формулі (4).

$$BE = (ПНГ1 + ПНГ2 + РВ + ПН + ПРоз + ППВ); \quad (2)$$

$$BR = (pdr + pv) + (pkr + pv) + (pkvr + pv); \quad (3)$$

$$Z_t = \sum_{t=0}^T (ПНГ1 + ПНГ2 + РВ + ПН + ПРоз + ППВ) + (pdr + pv) + (pkr + pv) + (pkvr + pv) + ВВК + ОП + ІВ, \quad (4)$$

де ПНГ1 – плата за нитку графіка у вантажному русі грн;

ПНГ2 – плата за нитку графіка у порожньому русі грн;

РВ – плата за ремонт вагонів з відчепленням, грн;

ПН – плата за навантаження вагонів грн;

ПРоз – плата за розвантаження вагонів, грн;

ППВ – плата за підготовку вагонів до навантаження, грн;

pdr – плата за деповський ремонт вагонів, грн;

pkr – плата за капітальний ремонт вагонів, грн;

$pkvr$ – плата за капітальний ремонт вагонів з подовженням терміну служби (КВР), грн;

pv – плата за підсилку вагонів в ремонт та з ремонту, грн;

ВВК – річні власні витрати вантажної компанії, грн;

ОП – сумарна річна орендна плата за використання вагонів чужої власності, грн;

ІВ – інші витрати вантажної компанії, грн.

Згідно національного законодавства, плата за доступ до залізничної інфраструктури для усіх, без виключення, компаній-операторів буде величиною однаковою. В той же час майбутні вантажні компанії з управління парками вагонів за навантаження та розвантаження вагонів, поточні та планові види ремонтів вантажних вагонів будуть сплачувати кошти окремим залізничним підприємствам, вагонним депо та заводам з ремонту рухомого складу за різними цінами. Якщо деякі з цих підприємств або вагонних депо будуть знаходитися у власності вантажних компаній, то вартість витрат

на утримання вагонів на протязі життєвого циклу буде зменшуватися.

Висновки

Найбільший вплив на величину прибутку компанії має оборот вантажних вагонів, оскільки зменшення його терміну потребує для перевезення меншу кількість орендованих вагонів при однаковому доході.

Якщо припустити, що вантажна компанія за різними варіантами організації роботи власного та орендованого парку вагонів буде отримувати однаковий дохід від перевезень вантажів, а оборот вагонів буде змінюватися в ту чи іншу сторону, то доцільно встановити оптимальну кількість вагонів, якою буде управляти компанія для мінімізації свого прибутку.

Необхідну кількість вагонів в парку вантажної компанії можна визначити залежно від річної кількості перевезених вантажів, середньої вантажомісткості вагону, середньої кількості обертів вагону за рік та коефіцієнту зміни обороту вагона α . Цей коефіцієнт може коливатися від 0,8 до 1,7. Значення їх цілком реальні, оскільки отримані в Росії та інших країнах світу.

$$ПВ = \frac{КПВ \cdot \alpha}{R}, \quad (5)$$

де ПВ – парк вантажних вагонів компанії, який складається з власних та орендованих вагонів, од.;

КПВ – запланована для перевезень річна кількість вантажів, т;

$$Z_t = \sum_{t=0}^T (ПНГ1 + ПНГ2 + ПВ + ПН + ПРоз + ППВ) + [(pdr + pv) + (pkr + pv) + (pkvr + pv)] \cdot \alpha + ВВК + ОП \cdot \alpha + ІВ. \quad (7)$$

Після виконання розрахунків за формулою (7) по кожному розрахунковому році, значення Z_t вставляється у формулу (1) для визначення чистого дисконтного доходу ЧДД за різними варіантами побудови технології перевізного процесу та зміни кількості вагонів у парку вантажної компанії.

За вимогами Антимонопольного комітету кількість вантажних компаній на ринку транспортних перевезень повинно бути не менше, ніж чотири, для зниження тарифів. Це обмеження суттєво впливає на управління парками універсальних вагонів, оскільки компанії працюють з меншою кількістю вагонів, що ускладнює формування маршрутів, збільшує термін формування поїздів та оборот вагона. При такій технології перевезення потрібен більший сумарний парк вагонів, збільшуються загальні ви-

R – кількість вантажів, яка може бути перевезена одним середньостатистичним вагоном за рік, т.

Якщо підставити у формулу (5) значення $R = \frac{365 \cdot ВПВ}{ОВ}$, то формула набуде виду (6):

$$ПВ = \frac{КПВ \cdot ОВ \cdot \alpha}{365 \cdot ВПВ}, \quad (6)$$

де ОВ – оборот середньостатистичного вагону, доба.

ВПВ – вантажомісткість середньостатистичного вагону

Аналізуючи формулу (6), можна сказати, що кількість вагонів у парку вантажної компанії прямо пропорційна запланованій для перевезень річній кількості вантажів, обороту вагона і коефіцієнту зміни обороту вагона α та зворотно пропорційна вантажомісткості вагону.

Нами було зроблено припущення, що в усіх варіантах перевезення вантажів дохід є величина постійна. З цього випливає, що і витрати на перевезення вантажів в частині плати за нитку графіка, ремонт вагонів з відчепленням, навантаження та розвантаження вантажів і підготовку вагонів під навантаження є також величина постійна для варіантів, що порівнюються. Змінюються тільки витрати на планові види ремонту та орендну плату, оскільки за умовами дослідження зменшується або збільшується кількість вагонів в парку вантажної компанії за рахунок зміни величини обороту вагона.

З урахуванням сказаного вище, формула для порівняння витрат по варіантах зміни величини обороту вагона набуде вигляду (7):

трати кожної компанії та потрібно більше інвестицій у розвиток залізничної інфраструктури. Слід сказати, що обмеження кількості вантажних компаній на практиці не знижує величину тарифів, а призводить лише до змови учасників ринку на встановлення перевезень.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Кулаев, Ю. Ф. Методы экономической оценки инвестиционных проектов на транспорте [Текст] : учеб.-метод. пособие / Ю. Ф. Кулаев. – К.: Транспорт України, 2001. – 182 с.
2. Бараш, Ю. С. Критерій вибору раціональної моделі управління залізничним транспортом [Текст] / Ю. С. Бараш // Залізн. трансп. України. – 2004. – № 6. – С. 19-21.

Надійшла до редколегії 12.05.2010.

Прийнята до друку 27.05.2010.

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО СТРУКТУРНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ В СЕКТОРІ ПРИМІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ

У статті запропоновано альтернативні організаційно-правові форми управління приміськими пасажирськими перевезеннями в умовах реформування залізничного транспорту. А саме, створення Муніципального транспортного підприємства у приміських пасажирських перевезеннях у подальшому припускає досягнення максимальної ефективності функціонування пасажирського комплексу та зниження збитковості у цьому секторі при якісному забезпеченні платоспроможного попиту населення.

Ключові слова: реформування залізничної галузі, реорганізація, структурні перетворення, альтернативні організаційно-правові форми управління приміськими пасажирськими перевезеннями, підвищення ефективності діяльності приміських пасажирських перевезень

В статье предложены альтернативные организационно-правовые формы управления пригородными пассажирскими перевозками в условиях реформирования железнодорожного транспорта. А именно, создание Муниципального транспортного предприятия в пригородных пассажирских перевозках в последующем предполагает достижение максимальной эффективности функционирования пассажирского комплекса и снижения убыточности в этом секторе при качественном обеспечении платежеспособного спроса населения.

Ключевые слова: реформирование железнодорожной отрасли, реорганизация, структурные преобразования, альтернативные организационно-правовые формы управления пригородными пассажирскими перевозками, повышение эффективности деятельности пригородных пассажирских перевозок

In the article the alternative organizationally legal structure of management by suburban passenger transportations in the conditions of reformation of railway transport are offered. Namely, the creation of the Municipal transport enterprise in suburban passenger transportations in subsequent assumes achieving the maximal efficiency of functioning of passenger complex and reducing the unprofitability in this sector at the high-quality providing of solvent demand of population.

Keywords: reformation of railway industry, reorganization, structural transformations, alternative organizationally legal structure of management by suburban passenger transportations, rise of efficiency of activity of suburban passenger transportations

Постановка проблеми та її зв'язок з науковими чи практичними завданнями

Приміські перевезення є збитковим видом діяльності, що підтримується за рахунок фінансового результату від інших видів діяльності Укрзалізниці. Проблема відшкодування недоотриманих доходів Укрзалізниці (у тому числі залізниць) від приміських пасажирських перевезень гостро стоїть протягом багатьох років. Середній рівень співвідношення діючих тарифів на проїзд в приміському сполученні і собівартості не перевищує 50 %. Тому рішення проблем подальшого розвитку приміського пасажирського комплексу неможливе без змін в його організаційно-правовій сфері.

Аналіз останніх досліджень та виділення невирішених частин загальної проблеми

Вирішенням проблем функціонування залізничного транспорту України, направленим на

вдосконалення його діяльності в умовах реформування, займалися такі вчені, як Бараш Ю. С. [3], Аксьонов І. М. [1], Дейнека О. Г. [7], Мукмінова Т. А. [10], Жердев М. Д. [8, 9] та ін. Разом з тим, не всі аспекти сучасного розвитку і становлення принципово нових форм діяльності залізничного транспорту висвітлені достатньою мірою в науковій та публіцистичній літературі. Обмежена кількість публікацій присвячена питанню пошуку вдосконалення структури та механізму управління приміськими пасажирськими перевезеннями.

Метою даної роботи є пропозиції щодо зміни організаційної форми управління приміськими перевезеннями з метою зниження збитковості приміських перевезень при якісному забезпеченні платоспроможного попиту населення в приміських пасажирських перевезеннях.

Викладення основного матеріалу дослідження

Приміські перевезення є збитковим видом діяльності залізничного транспорту, що підтримується за рахунок фінансового результату від інших видів діяльності Укрзалізниці. Укрзалізниця, розуміючи свою соціальну відповідальність в реалізації права громадян на свободу переміщення, протягом декількох років приймає збитки на себе і одночасно веде переговори з регіональною владою, сподіваючись на виконання останніми своїх зобов'язань (забезпечення оплати компенсацій за перевезення пільгового контингенту).

Перехресне субсидування, з одного боку, не дозволяє в достатньому обсязі фінансувати розвиток приміського комплексу, з другого боку, завдає збитку іншим сегментам діяльності підприємства. Регіональна влада, за якою законодавчо закріплено рішення питань з організації приміського пасажирського сполучення і право регулювати тарифи на приміські пасажирські перевезення (встановлювати тариф за умови відшкодування збитків, що виникають внаслідок цього, перевізнику), свої обов'язки і права повною мірою не реалізують.

Дані обставини є стримуючим чинником для розвитку залізничного приміського комплексу в Україні, підвищення його конкурентоспроможності в порівнянні з іншими видами транспорту, а також розвитку внутрішньовидової конкуренції. І, як наслідок, – значне відставання за рівнем якості і набору послуг, що надаються залізничним транспортом пасажиром.

Тому рішення проблем подальшого розвитку приміського пасажирського комплексу неможливе без змін в його організаційно-правовій сфері.

З метою реорганізації затвердженої Урядом Концепції реформування залізничного транспорту та «Програми дій та заходів щодо покращення організації перевезень пасажирів у приміському сполученні», затвердженої Генеральним директором Укрзалізниці від 23.07.2007 р., на залізницях України було передано в підпорядкування служб приміських перевезень залізниць і Головного управління приміських пасажирських перевезень (ЦПП) моторвагонні депо. Тобто відбулося виведення з локомотивного господарства приміського сполучення та розподілу локомотивних депо на локомотивну і моторвагонну частини.

Схема управління господарства приміських пасажирських перевезень після структурних

перетворень станом на 01.07.2010 р. по Південній залізниці наведено на рис. 1.

На думку автора, всі ці структурні перетворення не дали очікуваного результату – підвищення ефективності роботи приміських пасажирських перевезень. На жаль, приміські пасажирські перевезення і надалі залишаються збитковими у зв'язку зі збільшенням експлуатаційних витрат та тарифами, які, з одного боку, є соціально виправданими, а з іншого, економічно необґрунтованими. Відшкодування збитків від перевезень пільгових категорій громадян в приміському сполученні обласними (місцевими) органами влади та міністерствами і відомствами виконуються не в повній мірі і сягають не більше 30 % витрат залізниці для забезпечення пільгового проїзду громадян залізничним транспортом по території України. Тому необхідні подальші перетворення у секторі приміських пасажирських перевезень, які дадуть змогу уникнути перехресного фінансування за рахунок рентабельних вантажних перевезень.

У всіх країнах світу визнаються три форми власності: державна (муніципальна), пайова за участю держави (колективна) та приватна.

За державною формою власності держава виконує дві функції: виступає як власник залізниць та є їх клієнтом. При цьому механізмом, який регулює питання взаємодії між державою та залізницею, є контракт-план. Це – згода між власником державного підприємства та його адміністрацією, яка встановлює виробничі завдання, надані ресурси, делегує повноваження або тільки принципи компенсації витрат за виконання підприємствами збиткових перевезень [5].

При колективній або приватній формах власності власник та клієнт залізниці вступають в економіко-правові відношення, які у кожному окремому випадку регулюються по-своєму.

Сьогодні у розвинених країнах світу є два типи функціонування залізничного транспорту:

- американський (орієнтований на приватні залізниці);

- європейський (використовує як державне управління, так і приватні залізниці) [2].

Звертаючи увагу на досвід інших країн, з метою підвищення ефективності діяльності приміських пасажирських перевезень зацікавленим компаніям в Росії, що пройшли відповідну сертифікацію, надається можливість придбання ліцензій на право здійснення приміських перевезень протягом певного періоду (франшизи). Також збільшується кількість компаній,

що здійснюють приміські перевезення, що належать частково або повністю суб'єктам Російської Федерації і/або муніципальним владам. Компаніям приміських пасажирських перевезень належать: моторвагонний рухомий склад;

моторвагонні депо; вокзали з переважно приміським рухом; павільйони, платформи, касове устаткування; частина майна пасажирського господарства, що відноситься до приміських перевезень.

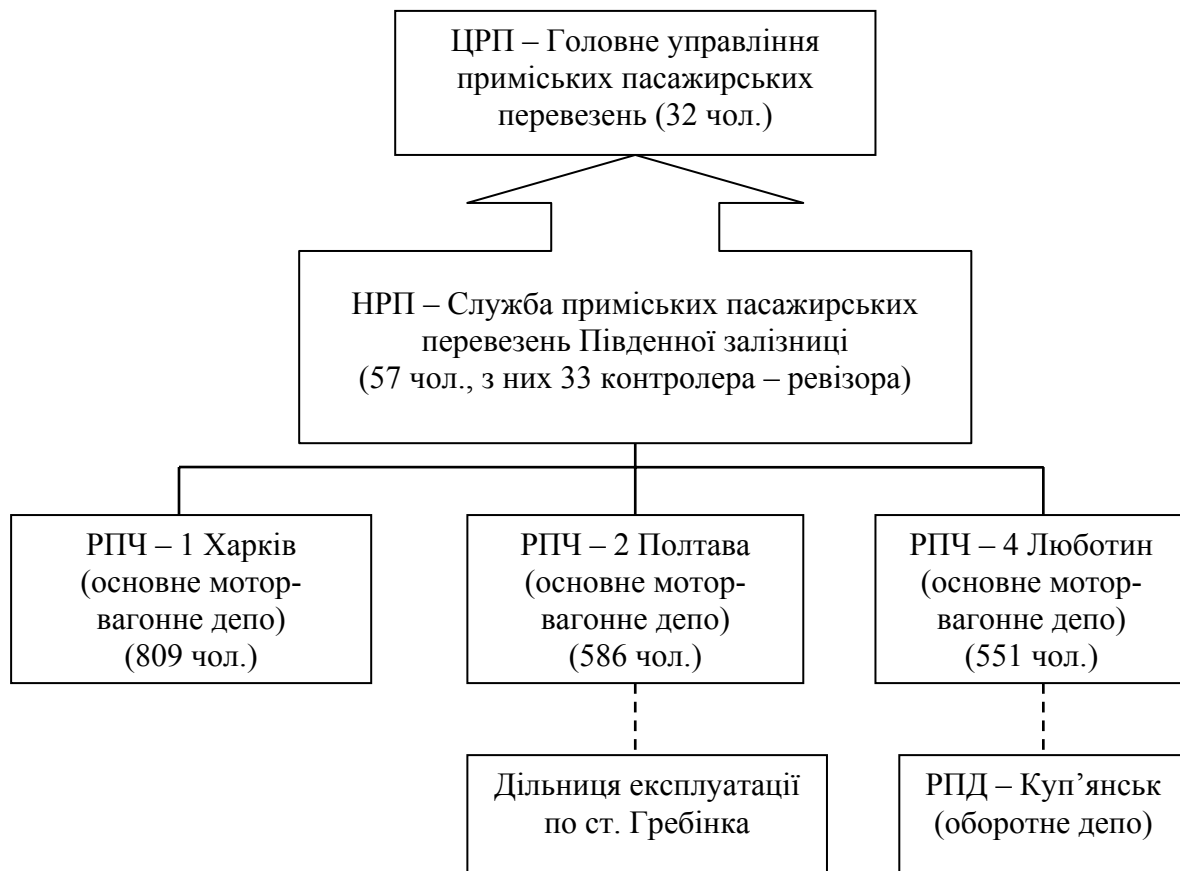


Рис. 1. Схема управління господарства приміських пасажирських перевезень після структурних перетворень по Південній залізниці

Особливістю АТ «Німецькі залізниці» є регіоналізація місцевого пасажирського сполучення шляхом переказування відповідальності за організацію та фінансування з федерацій до районів та спільнот. Так, приміське, місцеве сполучення (протягом 70 км) передано до адміністрації округу Дюрен, який самостійно вирішує транспортні питання, включаючи автобусні сполучення. Приміські перевезення здійснюються на принципах замовлень округу та муніципалітету, які і сплачують за них (наприклад, біля 40 % від вартості проїзду сплачує пасажир, а решта – 60 % – компенсується з бюджетів) [4].

На залізницях Великобританії працюють 26 пасажирських компаній. Замовник пасажирських перевезень структура (служба) при Міністерстві транспорту. Ця служба визначає дотації за соціально-важливими перевезеннями та умовами експлуатації, видає франшизи на паса-

жирські перевезення. Компанії-оператори орендують рухомий склад для пасажирських перевезень у трьох приватизованих компаній. Контроль за доступом конкурентних компаній до мережі RAILTRACK здійснює незалежна служба. Ця служба захищає інтереси замовників транспортних послуг та займається тарифоутворенням [6].

В Україні формування організаційно-правових умов для функціонування приватних операторських компаній пасажирських перевезень та утворення у сфері приміських пасажирських суб'єктів господарювання у формі господарських товариств за участю ДАК і підприємств, утворених органами місцевого самоврядування та інших юридичних осіб передбачається на третьому етапі реформування (2013 – 2015 рр.).

Дані заходи запропоновано концептуально і не має практичних засад для впровадження

цих структурних перетворень. Тому досягнення мети програми реформування на другому та подальших етапах можливо в повній мірі лише за умови відповідності її положень основним напрямкам реформування залізничної галузі.

Існуючі на сьогоднішній день організація і управління пасажирськими перевезеннями на залізницях та їх забезпечення здійснюється службами приміських пасажирських перевезень, що входять до складу залізниць як їх структурні підрозділи без права юридичної особи, які можуть бути утворені у формі:

- підприємств, створених у формі самостійного господарського товариства – акціоне-

рного товариства (компанії), з участю фондів майна України, органів місцевого самоврядування, залізниць і інших зацікавлених осіб;
- муніципальних підприємств.

Висновки та перспективи подальших наукових розробок в даному напрямі

Вибір варіанту організаційної форми управління приміськими перевезеннями залежить від конкретних регіональних умов і особливостей. Автором запропоновано альтернативні організаційно-правові форми управління приміськими пасажирськими перевезеннями, які наведено на рис. 2.

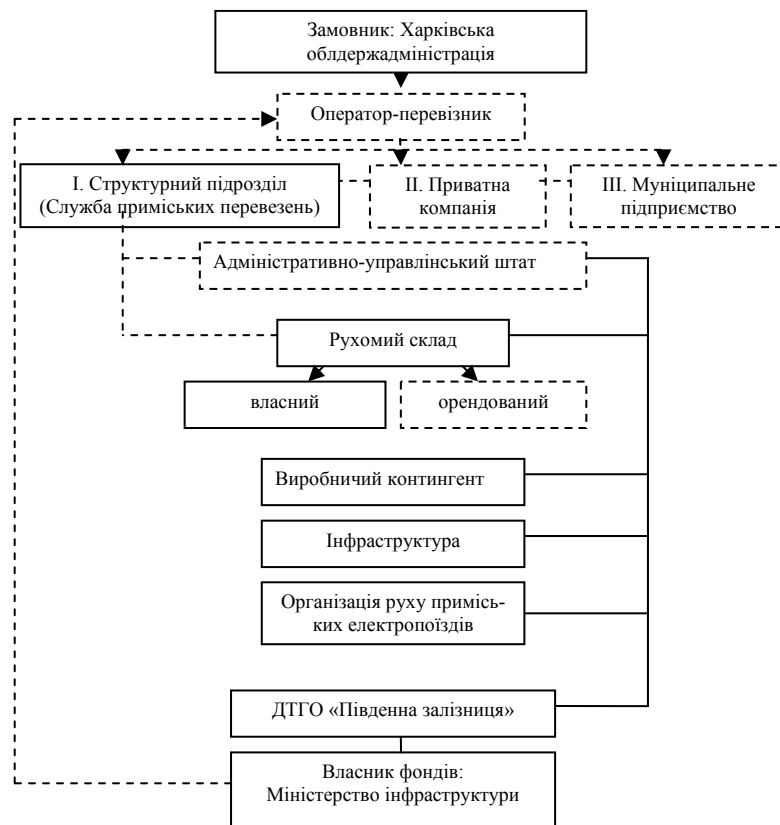


Рис. 2. Альтернативні організаційно-правові форми управління приміськими пасажирськими перевезеннями

Створення таких підприємств (а саме, Приватна компанія або Муніципальне транспортне підприємство, що є більш вірогідною формою управління в сучасних умовах) у приміських пасажирських перевезеннях у подальшому припускає досягнення максимальної ефективності функціонування пасажирського комплексу на основі об'єднання в єдиному центрі оперативно-виробничих і фінансово-економічних функцій управління, якісне забезпечення платоспроможного попиту населення в пасажирських перевезеннях при підвищенні прибутковості за послуги, що надаються, зниження збитковості приміських перевезень.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Аксенов, И. М. Реформирование экономики пассажирского комплекса [Текст] / И. М. Аксенов // Залізн. трансп. України. – 2005. – № 4. – С. 24-27.
2. Бараш, Ю. С. Досвід європейських країн щодо реформування структури управління залізничним транспортом [Текст] / Ю. С. Бараш // Проблеми економіки транспорту: 3 міжн. наук.-практ. конф., 1 – 8 червня 2003 р.: тези доп. – Д.: ДНУ, 2003. – С.49-50.
3. Бараш, Ю. С. Основні напрямки структурної реформи залізничного транспорту [Текст] /

- Ю. С. Бараш // Залізн. трансп. України. – 2004. – № 2. – С. 3-5.
4. Беридт, Т. Железные дороги Германии: десять лет реформ [Текст] / Т. Беридт, С. В. Власенко // Железные дороги мира. – 2004. – № 9. – С. 9-13.
5. Буркхард, Э. А. Эффективна ли смешанная собственность предприятий? [Текст] / Э. А. Буркхард // Залізн. трансп. України. – 2003. – № 1. – С. 58-59.
6. Власенко, С. В. Темпы реформ на европейских железных дорогах [Текст] / С. В. Власенко // Железные дороги мира. – 2002. – №7. – С. 9-11.
7. Дейнека, А. Г. Новые формы реформирования в условиях рыночных отношений [Текст] / А. Г. Дейнека, Л. А. Позднякова // Вісник Харківського нац. ун-ту ім. В. Н. Каразіна. Економічна теорія. – 2004. – Вип. 570. – С. 29-35.
8. Жердєв, М. Д. Реформування пасажирських перевезень залізничного транспорту в умовах ринкової економіки [Текст] / М. Д. Жердєв, Ю. В. Мирошніченко // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2007. – № 17. – С. 73-75.
9. Жердєв, М. Д. Реформування залізничного транспорту України в пасажирських перевезеннях [Текст] / М. Д. Жердєв, Ю. В. Мирошніченко, О. С. Гулай // Маркетинг і логістика в системі менеджменту пасажирських перевезень на залізничному транспорті: Матеріали І наук.-практ. конф. – К.: ДАЗТУ, 2008. – С. 35-37.
10. Мукмінова, Т. А. Реформування залізничної галузі: ключові аспекти [Текст] / Т. А. Мукмінова // Залізн. трансп. України. – 2006. – № 3. – С. 10-13.

Надійшла до редколегії 02.06.2010.

Прийнята до друку 21.06.2010.

ПРОБЛЕМИ ФОРМУВАННЯ ВИТРАТ ОБ'ЄКТІВ КОЛІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Досліджуються проблеми урахування факторів, що впливають на зношування об'єктів колійної інфраструктури, з метою оптимального планування витрат на відтворювальні заходи та розробки витратного методу формування тарифу за доступ до інфраструктури.

Ключові слова: об'єкти інфраструктури; планування зносу, витрат; витратний метод формування тарифу

Исследуются проблемы учёта факторов, которые влияют на износ объектов путевой инфраструктуры с целью оптимального планирования затрат на воспроизводственные мероприятия и разработки затратного метода формирования тарифа за доступ к инфраструктуре.

Ключевые слова: объекты инфраструктуры; планирование износа, затрат; затратный метод формирования тарифа

The problems of account of factors, which influence on the wear of objects of the track infrastructure with the purpose of the optimum planning of expenses on reproduction measures and the development of expense method of forming of tariff for access to the infrastructure, are under investigation.

Keywords: infrastructure objects; planning of wear, expenditures; expenditure-based method of tariff formation

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

Працівниками колійного господарства Укрзалізниці постійно виконуються значні обсяги ремонтних робіт. Такий підхід дозволяє забезпечити безпеку руху поїздів та подальший стабільний розвиток господарства. Перспективними напрямками діяльності є продовження робіт по розмежуванню пасажирського та вантажного руху, сприяння впровадженню швидкісного руху поїздів. Забезпечення виконання роботи з посилення інфраструктури на напрямках транспортного забезпечення ЄВРО-2012 відповідно до заходів Державної цільової програми підготовки та проведення в Україні фінальної частини чемпіонату по футболу. Виконання робіт з реконструкції інфраструктури та збільшення пропускної спроможності залізниць.

Загалом по залізницях йде постійне нарощування обсягів виконання ремонтних робіт. Це відбувається внаслідок неухильного моніторингу стану колії, своєчасного виявлення «проблемних зон», з метою попередження виникнення несправностей та забезпечення безперебійного функціонування залізничного транспорту, ефективного розвитку галузі. Модернізацією колії при річному плані 414 км відремонтовано 422,7 км (102 %), в т.ч. в тривалі «вікна» відремонтовано 253,3 км, капітальним ремонтом колії при плані 1040 км відремонтовано 1074 км (103 %), в т.ч. в тривалі «вікна» відремонтовано 373 км. Забезпечення виконання модернізації, капітального ремонту колії в тривалі «вікна»

дало змогу за рахунок мінімального пробігу колійних машин зменшити загальні витрати на суму 11432 тис. грн, досягти значної економії щепеню, скоротити витрати на оплату праці, залізничний тариф, паливно-мастильні матеріали та ін. Досягнуто загальної економії коштів за останній рік від використання таких «вікон» в сумі 21915,9 тис. грн.

Проводиться перспективна робота з укладання плітей безстикової колії на 1005,1 км, в т.ч. 360,3 км при капітальному ремонті. Плітей безстикової колії з нових рейок укладено на 595,2 км.

Відремонтовано 1036,9 км середнім ремонтом колії при плані 887 км (117 %). Виконано комплексно-оздоровчий ремонт колії в обсязі 872,7 км при плані 830 км (105 %).

Фахівцями замінено 1092 комплекти нових стрілочних переводів, при плані 963 (113 %), в т.ч. 950 комплектів на залізобетонних брусах при плані 840 (113 %). Старопридатних стрілочних переводів замінено 605 комплектів при плані 536 (113 %), в т.ч. на залізобетонних брусах 324 комплекти при плані 285 (114 %).

В цілому при розгорнутій довжині залізничної колії 29628,9 км, протяжність колії на залізобетонних шпалах складає 23992,0 км.

Аналіз досвіду експлуатації залізничної колії на залізобетонних шпалах показав, що вихід залізобетонних шпал з ладу відбувається в основному внаслідок механічного ушкодження (у першу чергу в підрейкових зонах). Механічне ушкодження шпал (деформація їх під підкладками й утворення тріщин) є критерієм їхньої служби й необхідності їхньої заміни.

$$\begin{aligned}
& + \frac{\sum_{w_T=1}^{m_T} \sum_{w_e=1}^{m_e} \sigma_{\text{ввш}, w_e w_T}^2 \cdot Q_{\text{вв}, w_e w_T}}{[\sigma_{\text{ш}}]^2 \cdot [B]} + \\
& + \frac{\sum_{j_B=1}^2 \sum_{j_T=1}^{P_T} \sum_{j_e=1}^{P_e} \sigma_{\text{пл.ш.}, j_e j_T j_B}^2 \cdot Q_{\text{пл.}, j_e j_T j_B}}{[\sigma_{\text{ш}}]^2 \cdot [B]} + \\
& + \frac{\sum_{r_T=1}^{d_T} \sum_{r_e=1}^{d_e} \sigma_{\text{пвш}, r_e r_T}^2 \cdot Q_{\text{пв}, r_e r_T}}{[\sigma_{\text{ш}}]^2 \cdot [B]}.
\end{aligned}$$

У виразі прийнято такі позначення:

$\sigma_{\text{вл.ш.}, K_e K_T K_B}$ – напруги в шпалах від колеса K_e -го вантажного локомотива K_T -го типу, K_B -го виду, МПа;

$\sigma_{\text{пл.ш.}, j_e j_T j_B}$ – напруги в шпалах від колеса j_e -го пасажирського локомотива j_T -го типу, j_B -го виду, МПа;

$\sigma_{\text{ввш}, w_e w_T}$ – напруги в шпалах від колеса w_e -го вантажного вагона w_T -го типу, МПа;

$\sigma_{\text{пвш}, r_e r_T}$ – напруги в шпалах від колеса r_e -го пасажирського вагона r_T -го типу, МПа.

Також на сьогоднішній день дуже велика увага приділяється дослідженню несучої здатності баластового шару й земляного полотна. Залишкові деформації основної площадки, що накопичуються в процесі, експлуатації земляного полотна – першопричина багатьох його хвороб, усунення яких вимагає значних трудових і матеріальних витрат. Накопичення деформацій відбувається, в основному, внаслідок переупаковки, а також зношування часток при багаторазовій дії навантаження. Таким чином, залишкові деформації що накопичуються в процесі експлуатації основної площадки земляного полотна визначають термін служби полотна й необхідність його ремонту.

Методика оцінки стану основної площадки земляного полотна залежно від експлуатаційних факторів була запропонована М. Ф. Вериги [1]. Дефектний стан основної площадки земляного полотна в цій методиці оцінюється величиною залишкової деформації основної площадки земляного полотна в підрейкових зонах.

Розрахункове значення накопичених пошкоджень або деформацій для основної площадки земляного полотна, що знаходиться в експлуатації на ділянках колії:

$$h_{\text{зп}} = \frac{3,28 \cdot B \cdot t \cdot \gamma^2 \cdot \sigma_{\text{ср.}}^2}{B \cdot t + 57,2},$$

де B – вантажонапруженість лінії, млн т-км брутто / км колії – рік;

t – строк експлуатації, років;

$$\gamma = \frac{1 + 3C_6^2}{1 + C_6^2}.$$

Значення коефіцієнта C_6 визначається за формулою:

$$C_6 = \frac{S_p}{P_{\text{ср.}}},$$

де $P_{\text{ср.}}$ – середнє значення вертикальних динамічних сил впливу коліс рухомого складу на колію у розрахунковому перетині;

S_p – середнє квадратичне відхилення значень вертикальних динамічних сил впливу коліс рухомого складу на колію у розрахунковому перетині, Н;

$\sigma_{\text{ср.}}$ – середні напруги в основній площадці земляного полотна від впливу коліс рухомого складу, МПа.

Якщо величину B виразити таким чином

$B = N \sum_{i=1}^n Q_i$, то величина накопичених деформацій визначиться як:

$$h_{\text{зп}} = \frac{3,28 \cdot N \cdot t \cdot \gamma^2 \cdot \sum_{i=1}^n \sigma_{\text{п}i}^2 \cdot Q_i}{t \cdot N \cdot \sum_{i=1}^n Q_i + 57,2},$$

де N – кількість поїздів, що пройшли по ділянці залізниці за рік;

Q_i – маса i -ої одиниці рухомого складу, т;

$\sigma_{\text{п}i}$ – напруги в основній площадці земляного полотна від впливу i -ої одиниці рухомого складу, МПа;

n – кількість одиниць рухомого складу в поїзді.

Відносну зміну величини деформації основної площадки земляного полотна порівняно з нормативним рівнем впливу визначимо як:

$$\alpha_{\text{зп}} = \frac{h_{\text{зп}}}{[h_{\text{зп}}]} = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_{\text{п}i}^2 \cdot Q_i}{[\sigma_{\text{п}}]^2 \cdot [B]},$$

де $h_{\text{зп}}$, $[h_{\text{зп}}]$ – відповідно фактичний і нормативний рівень деформації основної площадки земляного полотна;

$[\sigma_{\text{п}}]$ – гранична (нормативна) величина напруг в основній площадці земляного полотна, МПа.

Беручи до уваги з однієї сторони відсутність даних про величину деформацій, що накопи-

чуються в баластовому шарі, залежно від умов експлуатації й, з іншої, подібність багато в чому умов експлуатації баластового шару й основної площадки земляного полотна, допускаємо, що характер зміни деформацій баластового шару подібний з характером зміни деформацій основної площадки земляного полотна. Тоді відносну зміну деформації баластового шару можна визначити як:

$$\alpha_6 = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_{6i}^2 \cdot Q_i}{[\sigma_6]^2 \cdot [B]},$$

де σ_{6i} , $[\sigma_6]$ – напруги в баласті, відповідно, від впливу i -ої одиниці рухомого складу й граничні (нормативні), МПа.

Виділяючи вплив на баласт локомотивів і вагонів вантажних і пасажирських поїздів, функціональний вираз пропонованого показника зміни деформації баластового шару визначимо як:

$$\begin{aligned} \alpha_6 = & \frac{\sum_{K_B=1}^2 \sum_{K_T=1}^{l_T} \sum_{K_e=1}^{l_e} \sigma_{\text{вл.б.}K_eK_TK_B}^2 \cdot Q_{\text{вл.}K_eK_TK_B}}{[\sigma_6]^2 \cdot [B]} + \\ & + \frac{\sum_{w_T=1}^{m_T} \sum_{w_e=1}^{m_e} \sigma_{\text{ввб.}w_e w_T}^2 \cdot Q_{\text{вв.}w_e w_T}}{[\sigma_6]^2 \cdot [B]} + \\ & + \frac{\sum_{j_B=1}^2 \sum_{j_T=1}^{P_T} \sum_{j_e=1}^{P_e} \sigma_{\text{пл.б.}j_e j_T j_B}^2 \cdot Q_{\text{пл.}j_e j_T j_B}}{[\sigma_6]^2 \cdot [B]} + \\ & + \frac{\sum_{r_T=1}^{d_T} \sum_{r_e=1}^{d_e} \sigma_{\text{пвб.}r_e r_T}^2 \cdot Q_{\text{пв.}r_e r_T}}{[\sigma_6]^2 \cdot [B]}. \end{aligned}$$

У виразі прийнято такі позначення:

$\sigma_{\text{вл.б.}K_eK_TK_B}$ – напруги в баласті від колеса K_e -го вантажного локомотива K_T -го типу, K_B -го виду, МПа;

$\sigma_{\text{пл.б.}j_e j_T j_B}$ – напруги в баласті від колеса j_e -го пасажирського локомотива j_T -го типу, j_B -го виду, МПа;

$\sigma_{\text{ввб.}w_e w_T}$ – напруги в баласті від колеса w_e -го вантажного вагона w_T -го типу, МПа;

$\sigma_{\text{пвб.}r_e r_T}$ – напруги в баласті від колеса r_e -го пасажирського вагона r_T -го типу, МПа.

Визначення величин напруг у шпалах, баласті, що входять у попередню розглянуті формули здійснюється за допомогою теоретико-імовірнісних методів розрахунку залізничної колії.

Використовуючи раніше визначені показники $\alpha_{\text{ш}}$, α_6 , встановлюємо показник відносної зміни величини робочої сили, необхідної для поточного утримання колії – $\alpha_{\text{р.с.}}$:

$$\alpha_{\text{р.с.}} = K_1 \cdot \alpha_{\text{ш}} + K_2 \cdot \alpha_6, \text{ при цьому:}$$

$$K_1 + K_2 = 1,$$

де K_1 – питома вага (у долях від одиниці) робочої сили, необхідної для одиночного вилучення шпал при поточному утриманні залізничної колії;

K_2 – питома вага (у долях від одиниці) робочої сили, необхідної для поповнення баласту при поточному утриманні залізничної колії.

K_1 та K_2 встановлюються відповідно до діючих нормативів витрат робочої сили при поточному утриманні залізничної колії.

Висновки з даного дослідження

Виконане дослідження дозволяє виділити найбільш суттєві фактори, що впливають на процес зношування об'єктів колійної інфраструктури. Отримана методика визначення величини зношування дає змогу оптимально планувати витрати на відтворювальну діяльність у колійному господарстві з урахуванням перспективних вимог з боку рухомого складу.

Перспективи подальших розробок у даному напрямі

Запропонована методика може бути покладена в основу витратного методу формування тарифу за користування залізничною інфраструктурою в перспективних умовах виділення суб'єктів перевізної діяльності та об'єктів інфраструктури.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Вериги, М. Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава [Текст] / М. Ф. Вериги, А. Я. Коган; под ред. М. Ф. Вериги. – М.: Транспорт, 1986. – 559 с.
2. Міщенко, М. І. Удосконалювання планування витрат інфраструктури залізниць України. [Текст] / М. І. Міщенко // Проблеми підвищення ефективності інфраструктури. Зб. наук. пр. – Вип. 28. – Київ: НАУ, 2010. – С. 247.
3. Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України [Текст] : Затв.: Наказ Укрзалізниці від 10.08.2004 № 630-ЦЗ.

Надійшла до редколегії 02.06.2010.

Прийнята до друку 17.06.2010.

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ЩОДО УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧИМИ ЗАПАСАМИ

Статтю присвячено дослідженню актуальної проблеми підприємств, в світі їх стратегічної діяльності, – визначенню методологічного підходу щодо управління виробничими запасами. Розглянуто моделі управління, можливість і доцільність їх застосування.

Ключові слова: моделі управління виробничими запасами, стратегічна діяльність підприємств, методологічні підходи

Статья посвящена исследованию актуальной проблемы предприятий, в свете их стратегической деятельности, – определению методологического подхода к управлению производственными запасами. Рассмотрены модели управления, возможности и целесообразность их применения.

Ключевые слова: модели управления производственными запасами, стратегическая деятельность предприятий, методологические подходы

The article covers research of the topical problem of enterprises in the light of their strategic activity. This is the definition of the methodological approach to the management of productive reserves. The management models, possibilities and expediency of their application are considered.

Keywords: models of management of productive reserves, strategic activity of enterprises, methodological approaches

Мета управління виробничими запасами – забезпечити в потрібний момент потрібну кількість сировини і матеріалів для виробництва запланованої продукції. Від того, як буде вестись управління запасами, значною мірою залежать фінансові результати діяльності підприємства. Так, якщо підприємство має запаси менші ніж необхідно, то можливі зупинки виробництва, з наслідками, що впливають при цьому. При запасах більших за необхідні вивільняються з обороту грошові кошти, які могли б бути вкладені в інші проекти, внаслідок чого підприємство втрачає прибуток, який могло б отримати.

Важливим моментом в управлінні виробничими запасами є оцінювання витрат щодо виконання замовлень на них, на їх збереження та навантажувально-розвантажувальні роботи. Витрати щодо виконання замовлення включають в себе витрати з оформлення замовлення, телефонні переговори та відрядження з укладання договорів поставки, транспортні витрати і витрати з приймання замовлення. При збереженні перевищених запасів від оптимального рівня на підприємстві виникає додаткова потреба в складських приміщеннях і додаткових працівників складу.

Якщо ми розглянемо взаємодію витрат на виконання замовлення та на зберігання запасів, то виявимо, що вони мають тенденцію компенсувати один одного. Так, при збільшенні обсягу

замовлення зменшуються витрати на його виконання, але водночас збільшуються витрати, пов'язані зі зберіганням ресурсів. При зменшенні обсягу замовлення, навпаки, збільшуються витрати на річний обсяг ресурсів та зменшуються витрати на їх зберігання. Саме тому важливим моментом управління виробничими запасами є визначення та дотримання їх оптимальної величини, за якої витрати були б мінімальними.

Ознайомлення з літературними джерелами показує, що питання управління виробничими запасами розглядалися в працях ряду науковців, серед яких можна виділити таких: Бланк І. А., Брігхем Є. Ф., Корецька С. А., Пшінько О. М., Радіонов А. Р. і Фольмут Х. Й. та ін.

Але окремі аспекти управління виробничими запасами, зокрема і на підприємствах залізниць, на нашу думку, викликають необхідність додатково розглянути цю тему.

Сучасні українські підприємства, включаючи підприємства залізничного транспорту, ще не в повній мірі розглядають питання управління виробничими запасами у контексті основних напрямів активно здійснюваної стратегії поведінки в ринковому середовищі.

Через велику кількість вже існуючих класичних систем і моделей управління цілий ряд підприємств у процесі формування виробничих запасів стикаються з проблемою вибору най-

більш ефективної, доцільної системи, яка б чітко поєднувалась із особливостями їх господарської діяльності. Вибрана система не повинна діяти відокремлено, а враховувати стратегію підприємства, цілі та засоби, за допомогою яких вона буде реалізовуватись. Саме тому, так важливо проаналізувати існуючі системи та моделі управління запасами, визначити їх переваги та недоліки, і можливість їх застосування на підприємствах залізничного транспорту України.

Як відомо, моделі управління запасами класифікуються за двома ознаками – спосіб визначення моменту замовлення і об'єму замовлення. Класичними є дві основні моделі управління запасами:

- модель управління запасами з фіксованим розміром замовлення або двобункерна система (two-bin system)

- модель управління запасами з фіксованим інтервалом між замовленнями (fixed-order-interval model).

Методика управління запасами на основі фіксації розміру замовлення полягає в тому, що замовлення на поповнення запасів робиться в момент його зниження до визначеного (порогового) рівня в обсязі, рівному оптимальному його розміру.

Управління запасами на основі фіксації інтервалу між замовленнями полягає в тому, що його поповнення робиться в раніше визначений момент через фіксовані інтервали між замовленнями в розмірі, який забезпечує запас до максимально бажаного рівня.

Якщо порівнювати вищеназвані дві моделі, то можна виділити як переваги, так і недоліки їх застосування. Дані моделі передбачають можливість згладжувати збої в поставках і споживанні. Так, наприклад, модель управління запасами з фіксованим розміром замовлення враховує затримку поставки. На такий випадок на підприємстві формується страховий або резервний запас, який містить певну кількість сировини та матеріалів, якої підприємству достатньо, щоб виконати договірні зобов'язання по поставці готової продукції, поки не відбудеться нова поставка. А пороговий рівень запасу забезпечує підтримку системи в бездефіцитному стані. Модель з фіксованим розміром замовлення потребує безперервного обліку поточного запасу на складі, що призводить до збільшення витрат на її використання, в той час як модель з фіксованим інтервалом між замовленнями – лише періодичного контролю кількості запасів, що, в свою чергу, спрощує процедуру

використання моделі і як наслідок, знижує операційні витрати.

Існують також і прості моделі управління запасами. Прикладами може бути метод червоної лінії, коли товари зберігаються на складі в контейнерах, в середині яких червоною лінією позначений рівень, за яким слід робити наступне замовлення. Другим методом є метод двох контейнерів – спосіб управління запасами, за якого наступне замовлення робиться після того, як один із контейнерів спустошується [3, с. 851].

В основі оптимізації рівня запасу лежить розрахунок розміру замовлення, який може забезпечити оптимальний рівень запасу при обслуговуванні потреби на заданому рівні. Тож класичні моделі управління запасами зводяться до розрахунку основного параметра – оптимального розміру замовлення. Найбільш популярною системою розрахунку даного параметра вважається модель економічного розміру замовлення (Economic Order Quantity Model), яка передбачає застосування формули Вільсона, що була розроблена в 1915 році і з тих пір не набула сильної модифікації.

Розрахунковий механізм моделі EOQ заснований на мінімізації сукупних операційних витрат по закупівлі та зберіганні запасів на підприємстві. Він визначає розмір партії поставки, при якому загальні витрати на виконання замовлення і його зберігання будуть мінімальними і дає відповідь на питання: скільки необхідно замовляти, але не забезпечує інформацією стосовно моменту розміщення такого замовлення.

Незважаючи на популярність даної моделі, на сьогодні вона не є ідеальною. Дана модель базується на ряді припущень, а саме: потреба в запасах, витрати на замовлення і зберігання запасу на складі, виробничі потужності. Існує ряд обмежень, які роблять недоцільним, а іноді й неможливим, її практичне застосування, зокрема це:

- модель застосовується для одного найменування запасу, що для деяких підприємств, які мають безліч найменувань запасів, є недоцільним;

- рівень попиту постійний протягом планового періоду. В сучасних кризових умовах, що склалися в Україні, крива попиту різко коливається, що призводить лише до умовного припущення застосування даної моделі;

- інтервал часу між поставками постійний.

На деяких підприємствах України, зокрема підприємствах залізничного транспорту, існує централізована система поставок сировини, яка

базується на принципі поставки «коли є, тоді і поставляємо структурним підрозділам», що не робить інтервал часу між замовленнями постійним значенням;

- ціни на закупівлі постійні. Це припущення не актуальне для українських підприємств, оскільки високий рівень інфляції може призвести до додаткових фінансових витрат, так як ціна на момент закупівлі може збільшитись у порівнянні з плановою ціною;

- знижки в залежності від обсягу замовлення не передбачаються або дуже рідко, що унеможливає їх урахування при розрахунках витрат на замовлення.

Розробка політики управління запасами охоплює ряд послідовно виконуваних етапів робіт, серед яких відмітимо і запропоновані І. А. Бланком [2, с. 132].

Основними етапами формування політики управління запасами на підприємстві є:

- аналіз запасів у попередньому періоді;
- визначення цілей формування запасів;
- оптимізація розміру основних груп;
- оптимізація загальної суми запасів, які формуються за рахунок оборотного капіталу;
- побудова ефективних систем контролю за рухом запасів;
- реальне відображення у фінансовому обліку вартості запасу ТМЦ в умовах інфляції.

Основним завданням аналізу являється виявлення рівня забезпеченості виробництва і реалізації продукції належними запасами ТМЦ в попередньому періоді і оцінка ефективності їх використання. При цьому розглядаються як загальна сума виробничих запасів, їх динаміка, структура в обсязі оборотних активів так і в розрізі основних їх видів.

Запаси товарно-матеріальних цінностей можуть утворюватись на підприємствах з різними цілями. Це забезпечення поточної виробничої діяльності, поточного запасу готової продукції та сезонних запасів.

Для оптимізації розміру поточних виробничих запасів та запасів готової продукції може бути використана ЕОQ-модель, але як було зазначено вище, її недоцільно застосовувати при значній номенклатурі запасів. В таких випадках проводять *ABC*- та *XYZ*-аналіз. *ABC*-класифікація, відома також як закон Парето, є добре розвинутим інструментом класифікації номенклатури запасу в цілях виявлення рівня впливу стану запасу на результати діяльності підприємства.

Суть методу полягає в тому, що залежно від вартості закупівлі всі запаси діляться на 3 гру-

пи: *A*, *B* та *C*. При даному аналізі співставляються показники в натуральному і вартісному вираженні. При його проведенні потрібно виявити ті величини в натуральному вираженні, яким відповідають найбільші вартісні значення. В рамках цього аналізу розглядаються кількість і вартість матеріалів в розрізі постачальників. Фольмут Х. Й. [7, с. 16] розрізняє три групи постачальників: *A*-постачальники – це ті, з якими підприємство має 75 % обороту, це приблизно 5 % постачальників; *B*-постачальники (20 %) мають 20 % обороту; для *C*-постачальників (75 %) оборот складає приблизно 5 %. Звідси випливає висновок, що найбільшу увагу керівники підприємства повинні приділяти групі *A*, оскільки вони займають основну питому вагу. Що ж стосується категорії *C*, то тут конкретних розрахунків можна й не здійснювати, оскільки їхній стан суттєво не впливає на результати діяльності підприємства.

Для отримання додаткової інформації про матеріали, що використовуються на підприємстві, *ABC*-аналіз доцільно комбінувати із *XYZ*-аналізом, в якому використовується єдиний параметр – характеристика потреби в запасах. Так, запас групи *X* характеризується високою стабільністю попиту і як наслідок, мінімізація може бути єдиним вірним підходом до управління запасами даної групи. Споживання запасу групи *Y* має тенденції до підвищення або зниження попиту, або підлягає сезонним коливанням. Тому, доцільно буде застосовувати підхід, що базується на оптимізації рівня запасів. До групи *Z* відносяться ті запаси, які не мають ні тенденції до коливання, ні постійного попиту. Відповідно, прогнозування потреби в цих запасах можливе з доволі низькою точністю. Об'єднання результатів *ABC*-аналізу та *XYZ*-аналізу в матрицю *ABC-XYZ* – сьогодні популярний інструмент управління запасами. Таким чином, дана матриця надає наглядну інформацію про стан запасів підприємства по різних критеріях оцінювання, що дає змогу керівництву підприємства приймати відповідні рішення щодо ефективного управління ними.

Ще одним варіантом доробки основних моделей управління запасами є модель «максимум – мінімум». Вона розроблена для умов, коли витрати зберігання запасів перевищують витрати при їх дефіциті. Суть цієї моделі полягає в тому, що замовлення проводяться не в кожний заданий момент часу, а тільки в ті моменти, коли запас виявився меншим або рівним встановленому мінімальному рівню запасу, і запас поповнюється до максимально бажаного рівня.

Отже, дана модель враховує два рівні запасу – мінімальний та максимальний. Через фактор того, що не існує конкретно визначеного часу замовлення, дану модель підприємствам залізничного транспорту небажано застосовувати у своїй стратегії діяльності.

Удосконалюючи модель управління запасами з фіксованим розміром замовлення, безліч підприємств застосовує модель планування потреби в ресурсах (MRP – Material and Manufacturing Resource Planning). В основі даної моделі лежить поняття залежності від попиту. Для ефективного застосування моделі MRP потрібно точні специфікації матеріалів по кожному готовому продукту. Логіка MRP дозволяє одночасно визначати, скільки продукції та коли треба замовляти. В даній системі спочатку визначають кількість готової продукції, що планується до випуску, а потім визначають потребу в сировині і матеріалах, і тоді роблять відповідне замовлення.

Даний метод успішно застосовується на підприємствах України, оскільки він, перш за все передбачає використання істинної інформації, а не припущення, як у моделі – EOQ, а саме: графік основного виробничого процесу, норми використання матеріалів та інші. З розвитком інформаційних технологій MRP-системи були значно удосконалені, зокрема, стало можливим планування потреб в потужності (CRP model). Ціллю даної моделі є вимірювання випуску продукції і порівняння його із заданим планом. Така інформація дозволяє виявити «вузькі» ділянки і необхідні для постійного планування потужності. MRP-систему на даний момент удосконалили впровадженням системи ERP, що представляє собою програмне забезпечення, яке дозволяє всім підрозділам залізниці об'єднувати та аналізувати отриману інформацію. Так, дана система дозволяє відділу поставок отримувати інформацію про замовлення, отримані відділом продаж, а виробничому цеху – про отриману кількість сировини та матеріалів.

Значним розширенням системи MRP є метод DRP (Distribution Resource Planning), який дозволяє формувати потребу в запасах в структурних підрозділах залізниці. Таким чином, впровадження MRP-системи забезпечує спеціалістів інформацією, прив'язаною до графіка виробництва, щоб вони мали відповідні дані і могли співпрацювати з постачальниками.

Найновішою моделлю і найбільш успішною в зарубіжних країнах є модель «точно за часом» («Just in time», JIT). При застосуванні JIT-

системи компоненти сировини та матеріалів надходять на виробництво саме тоді, коли в них виникає потреба. Такий підхід істотно зменшує складські витрати на збереження запасів. Використання даного методу забезпечує високу якість продукції, причому відповідальність лягає на виробника продукції, а не на відділ контролю якості. Основна ідея системи полягає в тому, щоб скоротити виробничий процес та оптимізувати використання ресурсів. JIT потребує активної поведінки та добросовісної роботи, як робочих, так і менеджерів. Головними перевагами даного методу є скорочення часу переходу до нового виду виробів, ефективно використовується обладнання, у працівників зростають можливості для оволодіння суміжними спеціальностями, зменшення складських площ. Оскільки дана система передбачає зберігання на складі невеликої кількості запасу ТМЦ, то збільшується ризик зупинки виробничого процесу внаслідок непередбачуваних ситуацій, що є суттєвим недоліком системи.

Одним із відомих різновидів системи JIT є т.зв. система «канбан», що ефективно впроваджувалась компанією «Toyota». Канбан японськи означає карточку, яку, по суті, використовують для замовлення комплектних виробів з конкретної ділянки виробництва. Можна виділити два типи систем канбан: з однією карточкою та двома. В системах з двома карточками застосовується карточка передачі (С-канбан) і карточка виробництва (Р-канбан). Впровадження системи канбан надає підприємству певні переваги: швидкість та надійність постачання, висока якість обслуговування, зменшення витрат на одиницю виробу.

Незважаючи на успішне використання даної системи в зарубіжних компаніях, на українських підприємствах через недосконалість та недостатню налагодженість системи постачання, низький рівень договірно-правової культури менеджменту та вимог виробничої поведінки робітників, неможливо на даний час застосовувати її через високий ризик.

Розрахунок оптимальної суми величини запасів, що включаються до складу оборотних активів, як в цілому так і по основним групам їх номенклатури, можливо виконати за формулою:

$$Z_{\text{п}} = (H_{\text{пз}} \cdot O_0) + Z_{\text{сз}} + Z_{\text{щп}},$$

де $Z_{\text{п}}$ – оптимальна сума запасу на кінець запланованого періоду;

$H_{пз}$ – норматив запасу поточного збереження в днях обороту;

O_o – одnodенний обсяг виробництва (для запасу сировини і матеріалів) або продажу (для запасу готової продукції) в запланованому періоді;

$Z_{сз}$ – запланована сума запасу сезонного збереження;

$Z_{цп}$ – запланована сума запасу цільового призначення.

Основним завданням побудови ефективної системи контролю за рухом виробничих запасів на підприємстві є своєчасне розміщення заказу на поповнення запасу і скоріше задіяння в господарський оборот його позанормативних запасів та продажу непотрібних підприємству сировини і матеріалів. Серед систем контролю за рухом виробничих запасів в країнах з ринковою економікою найбільш широке застосування отримала система *ABC*.

Таким чином, вибір оптимальної моделі планування замовлень і контроль за рухом виробничих запасів дозволяє мінімізувати витрати підприємства і є дуже важливим етапом стратегії діяльності підприємства. Чітко налагоджена система управління запасами повинна забезпечувати безперервне порівняння нормативних показників із фактичними. Можливість виявлення обсягу, часу та періодичності поповнення запасів сприяє процесу оптимізації запасів - мінімізації витрат, пов'язаних із формуванням запасів.

Виконане дослідження дозволяє зробити наступні **висновки**:

1. Розглянуті в статті методологічні підходи щодо управління виробничими запасами можуть бути складовою частиною стратегічного планування діяльності підприємства в частині визначення і вибору системи управління виробничими запасами.

2. Широке застосування, на нашу думку, на підприємствах повинна знайти модель планування виробничих запасів товарно-матеріальних цінностей залежно від попиту на продукцію – система MRP в парі з ERP-системою, що представляє собою програмне забезпечення, що дозволить структурним підрозділам залізниці об'єднувати та аналізувати отриману інформа-

цію. Значним розширенням системи MRP є метод DRP, який дозволяє формувати виробничі запаси ТМЦ в структурних підрозділах залізниці.

3. Заключним етапом формування політики управління виробничими запасами є реальне відображення у фінансовому обліку їх вартості в умовах інфляції, якщо цього не зробити, реальна вартість запасу буде знижена. Для відображення реальної вартості запасів може бути використаний метод ЛІФО, який полягає у використанні в обліку останньої ціни їх придбання за принципом «останній прийшов – перший пішов», що дозволить одержати реальну оцінку цих активів в умовах інфляції та ефективно управляти вартісною формою руху запасів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бланк, И. А. Управление активами [Текст] / И. А. Бланк. – К.: Ника-Центр, 2003. – 448 с.
2. Бланк, И. А. Финансовый менеджмент [Текст] : учеб. курс / И. А. Бланк. – К.: Ника-Центр, 2002. – 528 с.
3. Брігхем, Є. Ф. Основи фінансового менеджменту [Текст] : [пер. з англ.] / Є. Ф. Брігхем; під ред. В. Біленького. – К.: Молодь, 1997. – 1000 с.
4. Корецкая, С. А. Выявление резервов снижения издержек управления нормируемыми производственными запасами материально-технических ресурсов на предприятиях железнодорожного транспорта [Текст] / С. А. Корецкая // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 15. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007. – С. 241-244.
5. Пшинько, А. Н. Логистический подход к управлению материальными запасами [Текст] / А. Н. Пшинько, С. А. Корецкая // Економіка і управління : Зб. наук. пр. КУЕТТ. – 2004. – Вип. 5. – С. 227-234.
6. Радионов, А. Р. Логистика. Нормирование сбытовых запасов и оборотных средств предприятия [Текст] : учеб. пособие / А. Р. Радионов, Р. А. Радионов. – М.: Дело, 2002. – 485 с.
7. Фольмут, Х. Й. Инструменты контроллинга от А до Я [Текст] : [пер. с нем.] / под ред. М. Л. Лукашевича и Е. И. Тихоненковой. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 288 с.

Надійшла до редколегії 07.04.2010.

Прийнята до друку 20.04.2010.

АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ЗАТРАТ НА ТРАНСПОРТІ В УМОВАХ ЙОГО РЕФОРМУВАННЯ

В статті розглянуто методи аналізу та оцінки затрат на підприємствах залізничного транспорту в цілях управління грошовими потоками підприємства, а також можливі способи групування та розподілу витрат на залізничному транспорті в умовах його реформування.

Ключові слова: фінансові потоки, прибуток, амортизаційні відрахування, витрати

В статье рассмотрены методы анализа и оценки затрат на предприятиях железнодорожного транспорта в целях управления денежными потоками предприятия, а также возможные способы группирования и распределения затрат на железнодорожном транспорте в условиях его реформирования.

Ключевые слова: финансовые потоки, прибыль, амортизационные отчисления, затраты

In the article the methods of analysis and estimation of expenses at railway transport enterprises aimed at management of the enterprise cash flows and all possible ways of grouping and cost sharing on the railway transport in the conditions of its reformation are considered.

Keywords: financial flows, profits, depreciation, expenses

Вступ

Управління фінансовими ресурсами підприємства передбачає у більшості випадків управління його фінансовими потоками в процесі ведення звичайної діяльності, в першу чергу – фінансовими потоками від операційної діяльності підприємства. В свою чергу, управління фінансовими потоками підприємства передбачає управління основними складовими його чистих вхідних грошових потоків від операційної діяльності, а саме – прибутком та амортизаційними відрахуваннями підприємства.

Постановка задачі

Можливості будь-якого маневру сумами амортизаційних відрахувань в процесі господарської діяльності підприємства, як правило, в значній мірі обмежені нормативно заданою методикою нарахування сум амортизації в системі податкового обліку, яка практично виключає гнучкість в управлінні сумами амортизаційних відрахувань. Саме тому при аналізі чистих вхідних грошових потоків підприємства з метою управління його фінансовими ресурсами найбільший інтерес представляє розгляд питань управління прибутком підприємства, в першу чергу – питань управління чистим прибутком від операційної діяльності.

Оскільки в умовах ринкових відносин наслідок дії механізму попиту та пропозиції можливості управління доходом від реалізації продукції (робіт, послуг), як складової прибутку підприємства, дуже обмежені, то основну увагу

доцільно приділяти питанням управління другої складової прибутку – витратам підприємства. Саме витрати підприємства в сукупності з сумами амортизаційних відрахувань, які також можна розглядати як окремий елемент витрат, представляють певні можливості для управління грошовими потоками підприємства.

Результати

Для оцінки ступеня виживаності підприємств в довгостроковій перспективі в умовах жорсткої ринкової конкуренції та динамічних змін зовнішнього середовища зазвичай аналізуються три базові стратегії за Портером: стратегія зниження витрат (лідерства по витратах), стратегія диверсифікації та стратегія зосередження на сегменті. При цьому, для оцінки виживаності підприємств транспорту по ряду причин найбільш підходить стратегія зниження витрат і стратегія зосередження на сегменті (на вантажних і пасажирських перевезеннях тощо).

Традиційно в економіці України розрахунок та аналіз витрат виробництва та реалізації продукції (робіт, послуг) є основним етапом ціноутворення. Й хоча в умовах ринкових відносин при ціноутворенні першорядне значення має механізм попиту та пропозиції, і хоча собівартість продукції зазвичай безпосередньо не використовується для встановлення ціни продажу, але обов'язково береться до уваги при ціноутворенні. Продавець хоче встановити ціну продукту на рівні, що відшкодовує, перш за все, витрати на його виробництво і реалізацію.

На транспорті такі витрати традиційно називають експлуатаційними витратами [4].

В промисловості України склад витрат, що безпосередньо пов'язані з виробництвом і реалізацією продукції (на транспорті – із здійсненням перевезень), регламентується затвердженням Постановою Кабінету міністрів України Положенням про склад витрат по виробництву і реалізації продукції (робіт, послуг), що включаються до собівартості продукції (робіт, послуг), а також порядком формування фінансових результатів з метою оподаткування прибутку в фінансовій звітності підприємств.

Витрати групуються за різними ознаками – за економічними елементами, за цільовим призначенням, з точки зору формування собівартості і фінансових результатів, контрольованості, прийняття управлінських рішень і т.д.

Групування витрат за економічними елементами потрібне для визначення потреби підприємства в різних ресурсах, аналізу витрат з метою виявлення можливостей економії ресурсів. Для цілей подання фінансової звітності витрати показуються за економічним змістом з групуванням за такими елементами витрат: матеріальні витрати (на залізниці поділяються на матеріали, паливо, енергію); витрати на оплату праці, відрахування на соціальні заходи; амортизація; інші операційні витрати, інші витрати.

Групування витрат за цільовим призначенням (за статтями витрат) дозволяє визначити на виконання яких робіт або комплексу виробничих операцій, а також для обслуговування та відновлення яких видів технічних засобів та іншого майна спрямовуються витрати. Це групування витрат, поряд з групуванням за економічними елементами, використовується при плануванні, дозволяє визначити величину витрат в розрізі структурних підрозділів і окремих виробничих ділянок і з'ясувати їх роль у справі раціонального використання ресурсів. На транспорті дані про витрати за статтями витрат широко використовуються при калькулюванні різних видів перевезень та інших видів робіт і послуг, у тому числі – для цілей ціноутворення, обґрунтування рівня тарифів на перевезення і зборів за додаткові операції. Зазвичай розподіл витрат за статтями витрат регламентовано нормативними актами. На залізничному транспорті – це Номенклатура витрат по основній діяльності залізниць України [5].

Для більш ретельного контролю витрат та управління ними доцільно ділити їх за місцями виникнення витрат – по цехах, дільницях, бригадах і навіть робочих місць, тобто за тими під-

розділами, де відбувається первісне споживання виробничих ресурсів – за так званим центром відповідальності, керівник кожного з яких несе персональну відповідальність за витрачання своїх ресурсів. При цьому розподіл витрат за виробничими сегментами є близьким до поділу витрат за статтями калькуляції, однак планування і облік витрат за центрами відповідальності можуть здійснюватись в інтересах управлінського обліку із застосуванням внутрішньої номенклатури, розробленої виходячи з особливостей діяльності конкретної ділянки і поставлених перед ним завдань [3].

За способом включення до собівартості конкретних видів продукції (робіт, послуг) розрізняють витрати прямі (пов'язані з одним видом продукції і тому безпосередньо відносяться на його собівартість) і непрямі (пов'язані з декількома видами продукції і розподіляються між ними розрахунковим шляхом). Наявність прямих і непрямих витрат береться до уваги при калькулюванні собівартості продукції, перевезень, робіт, послуг.

На транспорті розподіл витрат на прямі і непрямі досить відносний. Наприклад, на залізничному транспорті при складанні звітів обчислюється середня собівартість 10 пас.-км, 10 т-км нетто і 10 приведених т-км з розподілом за видами тяги та видами сполучення. Визначається також собівартість перевезень багажу і пошти. При цьому безпосередньо на вантажні або пасажирські перевезення можна віднести близько 40 % витрат, які в даному випадку є прямими. Інші 60 % витрат розподіляються між основними видами перевезень пропорційно різним вимірникам роботи, заробітної плати або сум всіх раніше розподілених витрат. При розрахунках ж собівартості перевезень окремих видів вантажів або пасажирів у вагонах різних типів майже всі витрати стають непрямими. Треба зауважити, що відсутність у витратах залізничного транспорту витрат на сировину (а ці витрати в промисловості, як правило, пов'язані з конкретним видом продукції) істотно збільшують частку непрямих витрат у порівнянні з іншими галузями народного господарства.

На транспорті прийнято ділити витрати по стадіях (основних операцій) перевізного процесу: початково-кінцевим, рухомим, а на залізничному транспорті – ще й за операціями переформування поїздів на попутних станціях. Такий поділ необхідний для визначення впливу дальності перевезень на їх собівартість, обґрунтування диференціації тарифів по відстанях пере-

везень. Справа в тому, що тарифи на всіх видах транспорту встановлюються з урахуванням витрат на перевезення однієї тонни вантажу або на проїзд одного пасажирів на ту або іншу відстань. Витрати на початкові і кінцеві операції (в пунктах відправлення і прибуття) від відстані не залежать. Витрати по пересуванню змінюються пропорційно відстані перевезення. Витрати з переформування вантажних поїздів на залізницях також пов'язані з відстанню перевезення, хоча і не пропорційні йому.

Діюча система обліку витрат на залізничному транспорті дозволяє прямо віднести витрати за низкою статей на ту або іншу стадію (основну операцію) перевізного процесу. За багатьма статтями розподіл витрат доводиться здійснювати розрахунковим шляхом.

За ступенем можливості впливати на величину витрат розрізняють контрольовані і не контрольовані витрати. Цей поділ неоднаково для різних рівнів управління і різних центрів відповідальності. Певні витрати можуть контролюватися менеджером на одному рівні відповідальності, але на них здатні впливати менеджери інших центрів відповідальності, для яких ці витрати будуть контрольованими [3].

За характером залежності витрат від обсягу продукції (робіт, послуг) зазвичай розрізняють змінні витрати, загальна величина яких змінюється при зростанні чи зменшенні кількості продукції (робіт, послуг) і постійні (звані іноді періодичними), абсолютна величина яких в аналізованому періоді залишається незмінною. Суму змінних і умовно-постійних витрат називають повними, сукупними, сумарними або загальними витратами. На транспорті змінні витрати традиційно називаються залежними від обсягу перевезень, розмірів руху або від обсягу роботи, а постійні витрати – мало залежними або умовно незалежними від обсягу роботи.

При аналізі витрат підприємства для цілей управління з суми загальних витрат виділяють окрему групу витрат, які при істотних змінах обсягів реалізації можуть змінюватися стрибкоподібно, ступінчасте. За відносно короткий період такі витрати залишаються постійними в межах так званого релевантного діапазону, що дає підставу вважати їх для цього періоду постійними. Однак у тривалому періоді, коли відбувається одне або кілька стрибкоподібних змін витрат при істотній зміні обсягів, такі витрати переходять у категорію умовно-змінних, тобто залежних від обсягу.

У практиці аналізу витрат можуть бути випадки, коли витрати якої-небудь групи можуть бути віднесені на певний вид продукції, але ма-

ло мінятися від її кількості. Наприклад, на залізничному транспорті є такі статті витрат як «Поточний ремонт будівель і споруд господарства вантажної і комерційної роботи» або «Поточний ремонт будівель і споруд пасажирського господарства», які є прямими, оскільки можуть бути відразу віднесені на вантажні або пасажирські перевезення. Але, якщо їх розглядати за відносно нетривалий період часу, вони суттєво не змінюються при незначних коливаннях обсягів перевезень, тобто є умовно постійними.

У той же час на залізничному транспорті є залежні від обсягів робіт, але непрямі витрати. Наприклад, при розгляді за досить тривалий період витрати з поточного утримання залізничної колії виявляються частково залежними від обсягу перевезень, але такі витрати не можна прямо і економічно доцільним шляхом віднести на вантажні та пасажирські перевезення, а тому подібні витрати треба вважати непрямими.

При аналізі витрат необхідно мати на увазі, що частка змінних витрат тим вище, чим триваліше аналізований період і чим більше змінюються обсяги робіт (послуг). Особливо сильно це помітно на залізничному транспорті, де присутня значна питома вага витрат з утримання стаціонарних пристроїв. Оскільки за короткий період часу, коли обсяги робіт змінюються мало, технічна оснащеність залізниць та чисельність працівників залишаються стабільними, змінюються лише витрати, безпосередньо пов'язані з роботою і поточним ремонтом рухомого складу. При цьому зміна ряду груп витрат проявляється не відразу, а знаходить відображення у фінансовій звітності наступних звітних періодів. Однак у тривалому періоді зміна обсягів діяльності може дуже істотно вплинути на завантаження існуючих виробничих потужностей, що може викликати необхідність їх збільшення при збільшенні обсягів або скорочення певної кількості робочих місць (зменшення чисельності працівників) при зменшенні обсягів.

При аналізі за достатньо тривалий період стає більш відчутним вплив обсягів робіт на витрати з капітального ремонту, а також інших видів ремонту, де встановлені високі міжремонтні норми (значні обсяги роботи між ремонтами або тривалі міжремонтні періоди). Це обумовлює високу частку залежних від обсягів витрат (змінних витрат) у довгостроковому періоді порівняно з часткою витрат у короткостроковому періоді. Наприклад, на залізничному транспорті частка змінних витрат у довгострокових періодах за даними різних джерел становить близько 50...60 %. При аналізі витрат на

короткострокових періодах (до року) частки залежних від обсягів витрат по залізницях зменшуються і коливаються в діапазоні 15...40 %, причому, чим менше період аналізу витрат, тим менше частка змінних витрат [4].

Дуже важливо розрізняти вплив обсягу виробництва та реалізації на загальну величину всіх змінних і постійних витрат і на їх середні питомі величини, що припадають на одиницю продукції (товару, роботи, послуги).

При аналізі витрат в межах релевантного діапазону сума повних витрат передбачається у вигляді суми двох лінійних складових:

а) сума загальних постійних витрат, яка є незмінною в межах релевантного діапазону;

б) сума загальних змінних витрат, яка пропорційна обсягу робіт (послуг).

Середня питома величина витрат в межах релевантного діапазону передбачається у вигляді суми двох складових:

а) питома величина змінних витрат на одиницю продукції (роботи, послуги);

б) питома величина постійних витрат, обернено пропорційна обсягу робіт (послуг).

Таким чином, загальні змінні витрати на продукт (роботу, послугу) змінюються пропорційно зміні обсягу виробництва, але на одиницю їх величина залишається постійною. Загальні постійні витрати залишаються стабільними при зміні обсягу виробництва, але при розрахунку на одиницю продукції змінюються обернено пропорційно до зміни обсягу виробництва.

В аналізі витрат з метою прийняття управлінських рішень різницю між доходом від реалізації продукції і величиною загальних змінних витрат називають маржинальним доходом (сумою покриття). Різниця між ціною одиниці продукції і величиною питомих змінних витрат називають питомим маржинальним доходом або питомою сумою покриття.

Загальний маржинальний дохід (сума покриття) складає суму коштів, частина яких іде на відшкодування постійних витрат, а інша, частина, що залишилася, утворює прибуток.

У ринковій економіці поряд зі змінними і постійними витратами поведінку витрат при зміні обсягу виробництва характеризує також поняття граничних витрат (прирістних, маржинальних, диференціальних). Це зміна величини повних витрат, що викликана зміною обсягу реалізації продукції на одну одиницю.

Граничні і змінні витрати – близькі за своєю суттю поняття. Проте граничні витрати більш повно характеризують поведінку витрат при зміні обсягу роботи, починаючи з якого-небудь

певного моменту і в конкретних умовах діяльності підприємств. Величини граничних витрат бажано визначати з можливо точним відображенням стрибків постійних витрат при значних змінах обсягів виробництва або реалізації продукції (робіт, послуг), тобто з урахуванням тих випадків, коли названі витрати стають змінними. Коли ж мова йде про змінні витрати, зазвичай передбачається зміна їх по плавній лінії, що отримується за допомогою згладжування (вирівнювання) рядів фактичних даних, тобто поточний аналіз витрат завжди проводиться в межах так званого релевантного діапазону.

На початкових етапах виробництва граничні витрати можуть містити стартові витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції. Далі звичайно граничні витрати знижуються до моменту, коли зростання обсягу виробництва викликає стрибок постійних витрат [2].

Поняття граничних витрат широко використовують в економічному аналізі діяльності підприємств розвинених країн за кордоном, у тому числі найбільш часто – в процесі ціноутворення з використанням економічних підходів. При цьому граничні витрати завжди зіставляються з граничним доходом – середнім значенням зміни доходу від реалізації в результаті зміни обсягу реалізації на одиницю продукту.

Найбільш просто граничний дохід можна розрахувати, якщо відома крива функції доходу. У цьому випадку граничний дохід – це перша похідна функції доходу.

Умова максимізації прибутку зводиться до знаходження екстремуму функції прибутку для обсягу реалізації, при якому граничний дохід дорівнює граничним витратам.

Якщо на сегменті ринку продаж додаткової кількості певного продукту забезпечує граничний дохід менше граничних витрат, то при випуску додаткового продукту потрібно скорочувати граничні витрати. Звідси випливає, що при вирішенні питань ціноутворення, так чи інакше пов'язаних зі зміною обсягів виробництва і реалізації продукції (робіт, послуг), необхідно орієнтуватися на граничні витрати.

Граничні витрати можна відносно просто визначити на малих підприємствах. Але їхній розрахунок ускладнюється у великих виробничих системах, таких, як залізничний транспорт. Найбільші труднощі викликає визначення граничних витрат у випадках, коли виробничий процес здійснюється з участю декількох відособлених підприємств. Наприклад, в принципі, можливе визначення граничних витрат на перевезення за окремими залізничними лініями та

ділянками, але набагато важче це зробити у середньому по залізниці, а тим більше – при перевезеннях по декількох залізницях.

Витрати на одиницю продукту (роботи, послуги) або собівартість приймаються рівними нижньої межі ціни. При цьому багато підприємств України, в тому числі і підприємства залізниць, вважають нижньою межею питомі повні витрати. Однак такий підхід при переході на ринковий механізм господарювання в даний час визнається неефективним. По-перше, при цьому недостатньо використовуються можливості гнучкого ціноутворення, а по-друге, віднесення непрямих постійних витрат на собівартість конкретного виду продукції будь-яким методом є умовним і вимагає великих обсягів роботи, витрат і припущень при поділі загальновиборничих накладних витрат на змінні і постійні. Тому в умовах реформування залізничного транспорту більш підходящою нижньою межею ціни для оцінки ефективності його діяльності, а також ефективності структур управління можуть бути питомі змінні витрати, оскільки в умовах ринку ціна не визнається судом демпінговою, якщо вона не менше середнього рівня питомих змінних витрат підприємства.

Розглянута вище методика аналізу і оцінки витрат передбачає, як правило, аналіз виробничих витрат на короткострокових інтервалах, тобто в межах релевантного діапазону. Але, на довгострокових інтервалах необхідно використовувати інші підходи в аналізі та оцінці витрат. Найбільш дієвим є підхід у межах стратегічного управління затратами (SCM). Концепція SCM розроблена наприкінці XX сторіччя як рекомендації з управління затратами підприємства у довгостроковій перспективі.

SCM з'явилася в результаті злиття трьох напрямів стратегічного менеджменту [7]:

1. Аналіз ланцюжка цінностей, під яким по М. Портеру розуміють узгоджений набір видів діяльності, що утворюють цінність для фірми, починаючи від джерел сировини у постачальників даної фірми до поставленої кінцевому споживачу готової продукції, включаючи й післяпродажне обслуговування споживачів. При цьому увагу концентрують не лише на процесах всередині фірми, а й за рамками фірми з точки зору узгодження всього ланцюжка цінностей фірми або галузі. Традиційна система будується на концепції доданої вартості, тобто на процесах тільки всередині підприємства.

2. Стратегічне позиціонування, яке впливає на процеси управління затратами підприємства в залежності від стратегічного вибору ним певних шляхів утворення конкурентних переваг.

За теорією конкурентоспроможності М. Портера, підприємство може забезпечити конкурентну перевагу такими стратегічними рішеннями:

а) стратегія лідерства на основі затрат – підтримуючи низькі затрати;

б) стратегія диференціації продукції, тобто підприємство пропонує споживачам різноманітну продукцію, яка переважає продукцію конкурентів;

в) стратегія концентрації на сегменті, сутність її полягає в тому, що підприємство обробляє певний сегмент ринку, забезпечуючи на ньому лідерство по затратам або диференціацію продукції, або і на те, і на інше.

3. Аналіз і управління факторами, що утворюють затрати. В системі SCM ці фактори розглядаються більш широко, ніж в оперативному управлінні затратами, їх список не вичерпується тільки носіями затрат, вони поділяються на структурні і функціональні і залежать від стратегічної орієнтації фірми на ринку з точки зору вибору одного з двох варіантів – «бути лідером» або «рухатися за лідером».

В рамках SCM на собівартість впливає не тільки об'єм, а багато різноманітних факторів, які також впливають один на одного. Із багатьох спроб класифікації факторів, які утворюють затрати, найкраще це вдалося Ріле. Він розділив всі фактори на дві категорії:

1. Структурні фактори:

а) масштаб – об'єм інвестицій, який необхідно здійснити у виробництво та в реалізацію, в дослідження та розробки;

б) ступень вертикальної інтеграції – визначає діапазон розростання управління фірмою;

в) власний досвід, що показує, скільки разів компанія успішно виконувала подібні дії;

г) технології на кожному етапі ланцюжка цінностей компанії;

д) складність бізнесу, що переважно визначається асортиментом продукції, робіт і послуг.

2. Функціональні фактори – впливають на ті витрати фірми, які визначають спроможність її успішної діяльності. Для цих факторів «більше» завжди означає «краще». Основні положення функціональних факторів:

а) залучення робітників, які приймають на себе зобов'язання з удосконалення діяльності з точки зору витрат;

б) комплексне управління якістю, засноване на переконанні, що якість продукту – головний фактор забезпечення конкурентної переваги;

в) раціональне використання виробничих потужностей з точки зору завантаження їх за обсягом, за часом тощо;

г) ефективність планування підприємства з точки зору внутрішньозаводської логістики;

д) використання зв'язків з постачальниками і замовниками з точки зору ланцюжка цінностей та витрат підприємства.

Система SCM відрізняється від традиційної системи управління витратами підприємства наступними чинниками:

а) відмінність з точки зору цілі. У традиційній системі управління витратами при встановленому управлінні основною метою вважається зниження витрат будь-яким шляхом. В рамках системи SCM мета залежить від обраної стратегії. При цьому можливе навіть збільшення витрат на певному елементі ланцюга цінностей;

б) різниця з точки зору способів аналізу витрат. В традиційному підході розраховується собівартість на одиницю продукції або на підрозділ підприємства, а в рамках SCM собівартість розглядається з точки зору різних етапів загального ланцюжка цінностей, часткою якого вважається підприємство;

в) різниця з точки зору опису поведінки витрат. Якщо в оперативній системі управління витратами основним фактором формування затрат являється об'єм, то в системі SCM витрати, перш за все, залежать від стратегічного вибору і є функцією структурних та функціональних факторів більш загального вигляду.

Висновки

Дослідження витрат, проведені в даній роботі, показали наступне:

1. Управління витратами підприємства в сукупності з можливими змінами амортизаційних відрахувань надають відповідні можливості для управління прибутком підприємства, тобто й для управління його чистими вхідними грошовими потоками, отже й для управління фінансовими ресурсами підприємства.

2. Для більш ретельного контролю витрат та управління ними у процесі ведення звичайної діяльності підприємства доцільно формувати усі витрати підприємства за місцями їх виникнення, а також ділити їх на змінні та постійні з наступним розрахунком показників маржинального доходу (сум покриття) по кожному виду продукту (робіт, послуг).

3. При проведенні поточного аналізу витрат у межах релевантного діапазону дуже важливо розрізняти вплив змін обсягу виробництва або реалізації на загальну величину змінних і по-

стійних витрат, а також на питомі змінні та постійні витрати на продукт (роботу, послугу).

4. В умовах реформування залізничного транспорту питомі змінні витрати доцільно застосовувати у якості нижньої межі ціни для оцінки ефективності діяльності залізниць.

5. Якщо методика аналізу і оцінки витрат на короткострокових інтервалах передбачає, як правило, аналіз виробничих витрат в межах релевантного діапазону, то на довгострокових інтервалах необхідно використовувати інші підходи в аналізі та оцінці витрат. Найбільш дієвим є підхід у межах стратегічного управління затратами (SCM).

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бабенко, А. В. Система управління фінансовими потоками промислового підприємства [Текст] : автореф. дис. ... канд. екон. наук / А. В. Бабенко. – Національна академія наук України; Ін-т економіки промисловості. – Донецьк, 2006. – 20 с.
2. Бригхем, Ю. Финансовый менеджмент [Текст] : полный курс: В 2-х т. / Ю. Бригхем, Л. Гапенски; пер. с англ. под ред. В. В. Ковалева. – СПб.: Экономическая школа, 2005.
3. Голов, С. Ф. Управлінський облік [Текст] : підручник. – 3-тє вид. / С. Ф. Голов. – К.: Лібра, 2006. – 704 с.
4. Кірдіна, О. Г. Економічні аспекти управління витратами на підприємствах залізничного транспорту [Текст] : автореф. дис. ... канд. екон. наук: 08.07.04 / Олена Григорівна Кірдіна; Харківська держ. акад. залізн. трансп. – Х., 2001. – 15 с.
5. Номенклатура витрат по основній діяльності підприємств залізничного транспорту України [Текст]. – 2-е вид. / наук. кер. М. В. Макаренко, Ю. М. Цветов. – К.: ВАТ «ІКТП-Центр», 2001. – 139 с.
6. Грей, С. Дж. Финансовый учет: глобальный подход [Текст] : учеб.-метод. пособие : [пер. с англ.] / С. Дж. Грей, Б. Е. Нидлз. – М.: Волтерс Клувер, 2008. – 616 с.
7. Шанк, Дж. Стратегическое управление издержками [Текст] / Дж. Шанк, В. Говиндараджан. – СПб.: Бизнес-Микро, 1999.
8. Яструбецька, Л. С. Організаційно-економічний механізм управління грошовими потоками промислових підприємств України [Текст] : Автореф. дис. канд. екон. наук. / Л. С. Яструбецька; Львівський нац. ун-т ім. І. Франка. – Львів, 2006. – 18 с.

Надійшла до редколегії 18.05.2010.

Прийнята до друку 27.05.2010.

ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРАЦІ ПО ГОСПОДАРСТВУ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРЗАЛІЗНИЦІ

Наведено аналіз господарства сигналізації та зв'язку залізничного транспорту України, розглянуто продуктивність праці та її зміни за рахунок впливу різних факторів.

Ключові слова: залізничний транспорт, господарство сигналізації та зв'язку, вплив різних факторів на продуктивність праці

Представлен анализ хозяйства сигнализации и связи железнодорожного транспорта Украины, рассмотрена производительность труда и её изменение за счёт влияния различных факторов.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, хозяйство сигнализации и связи, влияние различных факторов на производительность труда

In the article the analysis of signaling and communication facilities of Ukrainian railway transport is presented; the labour productivity and its change due to the influence of different factors are considered.

Keywords: railway transport, signaling and communication facilities, influence of different factors on labour productivity

Господарство сигналізації та зв'язку залізничного транспорту Укрзалізниці забезпечує належне утримання засобів автоматики, телемеханіки та зв'язку шляхом їх обслуговування працівниками дистанції сигналізації та зв'язку, яких на залізницях України 69 одиниць, 60 відсотків залізниць держави обладнано автоблокуванням та диспетчерською централізацією (АБ та ДЦ).

В господарстві зайнято близько 20,6 тис. працівників. Для задоволення інформаційних потреб галузі та її управління функціонує головний інформаційний центр (ГІОЦ) УЗ та 6 інформаційно-обчислювальних центрів (ІОЦ) залізниць. Залізничний транспорт України має трьохрівневу систему управління:

- державний рівень – «Укрзалізняця»;
- рівень залізниці – 6 управлінь;
- лінійний рівень – 28 Дирекцій залізничних перевезень та відокремлені структурні підрозділи залізниць.

Засоби автоматики, телемеханіки та зв'язку відіграють виключно важливу роль в забезпеченні безпеки руху поїздів, підвищенні пропускних можливостей залізниць, надійного зв'язку між підрозділами залізничного транспорту, а також, своєчасної передачі необхідної інформації. Надійність засобів автоматики, телемеханіки та зв'язку визначає ефективне використання всіх технічних засобів транспорту, особливо рухомого складу, забезпечує зростання продуктивності праці, зниження собівартості перевезень.

Засоби автоматики, телемеханіки та зв'язку на залізничному транспорті включають:

- засоби автоматики, телемеханіки та зв'язку, які необхідні для руху поїздів на перегонах (автоблокування, напівавтоблокування);
- засоби автоматики, телемеханіки, які дозволяють управляти сигналами, стрілками на станціях (електрична та механічна централізація стрілок);
- диспетчерську централізацію;
- телефонний, телеграфний та інші види провідного зв'язку;
- радіозв'язок;
- вокзальну автоматику.

Основним виробничим процесом у дистанціях сигналізації та зв'язку є технічне та експлуатаційне обслуговування пристроїв. Цим процесом зайнято біля 75 % працівників дистанцій. Виходячи з цього, основною продукцією, що виробляє дистанція, прийнято вважати надійне функціонування засобів сигналізації автоматики, телемеханіки та зв'язку.

Продуктивність праці ($\Pi_{\text{пр}}$) дистанції сигналізації та зв'язку визначається як відношення технічних одиниць ($T_{\text{од}}$) до кількості працівників дистанції ($Ч_{\text{шч}}$):

$$\Pi_{\text{пр}} = \frac{T_{\text{од}}}{Ч_{\text{шч}}} \left[\frac{\text{тех. один.}}{\text{чол.}} \right].$$

За одну технічну одиницю приймають таку кількість засобів автоматики, телемеханіки та зв'язку, на обслуговування яких потрібно ви-

тратити працю одного працівника за один місяць, тобто 168 годин.

Отже, кількість основної продукції дистанції пропорційна її технічній оснащеності, яку вимірюють в технічних одиницях:

$$B_{\text{пр}} = T_{\text{д}} + T_{\text{н}} + T_{\text{е}},$$

де $T_{\text{д}}$ – обслуговування засобів автоматики, телемеханіки та зв'язку, які знаходяться в експлуатації; $T_{\text{н}}$ – введення в експлуатацію нової техніки; $T_{\text{е}}$ – експлуатація телеграфно-телефонних станцій.

Технічні одиниці виражають перш за все обслуговування засобів автоматики, телемеханіки та зв'язку.

Окремі техніко-економічні показники господарства автоматики, телемеханіки та зв'язку Укрзалізниці наведені в табл. 1.

Як видно із табл. 1, контингент працівників та експлуатаційна довжина ліній АБ та ДЦ даного господарства за десять років майже не змінились, що вказує на достатньо обґрунтовані технічні норми і нормативи обслуговування.

Техніко-економічні показники господарства однієї із залізниць наведені в табл. 2.

Таблиця 1

Техніко-економічні показники господарства автоматики, телемеханіки та зв'язку Укрзалізниці

Найменування показників	Роки										
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Середньоблікова кількість працівників, зайнятих на експлуатаційній роботі в господарстві автоматики, телемеханіки та зв'язку, тис. чол.	21,0	20,8	20,7	20,8	20,9	20,9	20,8	20,8	20,7	20,6	20,6
Експлуатаційна довжина ліній, обладнаних автоблокуванням та диспетчерською централізацією, км	13506	13551	13491	13458	13405	13395	13375	13378	13377	13368	13369

Таблиця 2

Показники плану по праці господарства сигналізації та зв'язку однієї із залізниць України

Показники	Роки										
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Технічна оснащеність, тех. один.	5888	5718	5584	5716	5726	5752	5921	6345	6488	6615	6879
Кількість працівників звичайної діяльності, чол.	3265	3260	3246	3211	3188	3184	3153	3157	3169	3163	3168
Продуктивність праці, тех.один./чол.	1,80	1,75	1,72	1,78	1,80	1,81	1,88	2,01	2,05	2,09	2,17

Аналіз табл. 2 показує, що, починаючи з 2001 року, продуктивність праці по господарству сигналізації та зв'язку залізниці має стабільні темпи до зростання. Так, за 9 років продуктивність праці по одній з залізниць у господарстві сигналізації та зв'язку зросла на 26 %, що показано на рис. 1.

Як видно на рис. 1, продуктивність праці за 8 років має стабільні темпи зростання. Це відбувається під впливом різних факторів, головними з яких є втілення в перевізний процес

досягнень науково-технічного прогресу, перехід на новітні технології засобів автоматики, телемеханіки та зв'язку, суворе дотримання технічних норм та нормативів.

Подальше зростання продуктивності праці в господарстві може бути досягнуто за рахунок автоматизації та механізації працемістких профілактичних робіт, індустріалізації підготовки процесу обслуговування, впровадження новітніх засобів технічної діагностики.

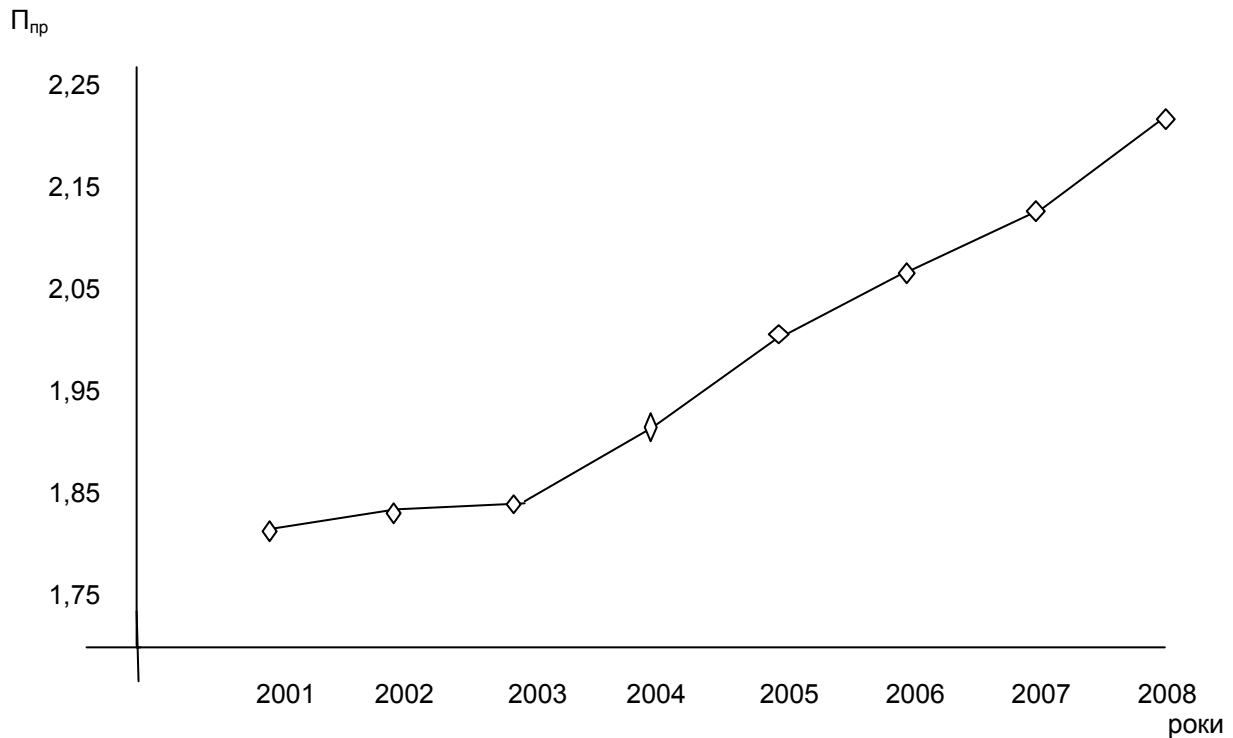


Рис. 1. Продуктивність праці в господарстві сигналізації та зв'язку однієї із залізниць

БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Довідник основних показників роботи залізниць України (1998-2008 роки) [Текст]. – К., 2009. – 48 с.
2. Кулаєв, Ю. Ф. Економіка залізничного транспорту [Текст] / Ю. Ф. Кулаєв. – Д., 2006. – 231 с.

Надійшла до редколегії 18.05.2010.

Прийнята до друку 26.05.2010.

О. М. СИНІКОВА (УкрДАЗТ, Харків)

ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ

У статті розглянуто основні чинники, що характеризують особливу роль інноваційної діяльності для ефективного функціонування залізничної галузі. Доведено необхідність інноваційного розвитку залізничного транспорту України.

Ключові слова: залізничний транспорт України, інноваційний розвиток, інноваційна діяльність, ефективне функціонування

В статье рассмотрены основные факторы, характеризующие особую роль инновационной деятельности для эффективного функционирования железнодорожной отрасли. Доказана необходимость инновационного развития железнодорожного транспорта Украины.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт Украины, инновационное развитие, инновационная деятельность, эффективное функционирование

In the article the basic factors, which characterize a special role of innovation activity for the effective functioning of railway industry, are considered. The necessity of innovation development of the railway transport in Ukraine is proven.

Keywords: railway transport in Ukraine, innovation development, innovation activity, effective functioning

Ефективне функціонування залізничного транспорту України грає виняткову роль в створенні умов для модернізації, переходу на інноваційний шлях розвитку і стійкого зростання національної економіки.

В даний час інновації і інноваційна діяльність набувають все більше значення для економічної і фінансово-господарської діяльності транспортних підприємств, будучи одним з базових елементів ефективної стратегії і важливим інструментом придбання і збереження конкурентних переваг.

Темпи розвитку національної економіки в сучасних умовах визначаються інноваційною активністю. Інтеграція в світовий економічний простір можлива лише на основі динамічного розвитку інноваційних процесів. Україна не може встати в ряд європейських держав без технологічного оновлення виробництва і без освоєння інноваційних важелів конкурентоспроможності економіки.

На сьогоднішній день інноваційний чинник розвитку галузі стає визначаючим для підтримки її конкурентоспроможності.

Розвиток залізничного транспорту направлений на забезпечення зростаючих потреб в перевезеннях вантажів і пасажирів в умовах зростаючої економіки України при дотриманні високих стандартів якості в обслуговуванні споживачів. Це можливо на основі ефективного функціонування і модернізації залізничного

транспорту, постійного оновлення техніки, впровадження сучасних технологій обслуговування ремонту рухомого складу, передавальних пристроїв та інфраструктури вдосконалення процесів організації праці і управління на залізничному транспорті.

Необхідно відзначити ряд чинників, що характеризують особливу роль інноваційної діяльності для ефективної роботи залізничного транспорту.

По-перше, висока фондомісткість залізничного транспорту і значний ступінь морального і фізичного зносу матеріально-технічної бази визначає масштаби інноваційного оновлення основних виробничих фондів галузі.

По-друге, скорочення можливості підтримки технічного рівня основних фондів за рахунок капітального ремонту, оскільки більшість ремонтних підприємств має морально і фізично застарілий парк устаткування і технологічне оснащення, орієнтоване на підтримку ресурсу технічних засобів, тоді як ситуація, що склалася, вимагає наявності сучасних інноваційних технологій по відновленню і продовженню ресурсу техніки.

По-третє, недостатня інвестиційна активність, фінансування якої за рахунок власних джерел галузі практично вичерпано, а масштаби залучення позикових засобів незначні, що посилює значення інноваційної складової в реалізації інвестиційних заходів.

Далі, рівень інформатизації на залізничному транспорті, де інформаційні технології використовуються не тільки безпосередньо для управління перевізним процесом і функціонування інфраструктури, але й в управлінні маркетингом, економікою і фінансами, а також в соціальній сфері, вимагає високих темпів технічного і програмного переоснащення інформаційних процесів, що обумовлює необхідність постійного інноваційного супроводу.

І, нарешті, значна матеріаломісткість і енергоємність залізничного виробництва визначають актуальність інноваційних заходів, що направлені на ресурсозбереження.

Реформування та розвиток залізничного транспорту направлено на забезпечення зростаючих потреб в перевезеннях вантажів і пасажирів в умовах зростаючої економіки України, при дотриманні високих стандартів якості в обслуговуванні споживачів. Це можливо на основі ефективного функціонування і модернізації залізничного транспорту, постійного оновлення техніки, впровадження сучасних технологій обслуговування ремонту рухомого складу, передавальних пристроїв і інфраструктури, вдосконалення процесів організації праці і управління на залізничному транспорті. Одним з ключових моментів в досягненні поставленої мети є створення дієвих ефективних інструментів стимулювання інноваційного розвитку галузі. Необхідність стійкого інноваційного розвитку транспортної індустрії диктується, перш за все, принциповими особливостями глобальних, геополітичних, науково-технологічних, соціальних і інших загальних змін, які відбуваються в сучасній Україні.

Сучасний етап інноваційного розвитку залізничного транспорту не є досконалим.

До головних чинників, які гальмують інноваційні процеси в залізничній галузі України, можна віднести:

- відсутність достатніх джерел фінансування;
- недосконалість законодавчої бази у сфері інновацій;
- міграція висококваліфікованих фахівців до високо розвинутих країн;
- відсутність інформаційної та технологічної бази.

Необхідна консолідація єдиного науково-технічного комплексу, проведення єдиної науково-технічної політики, робота в режимі інноваційного науково-технічного інкубатора (технопарку), взаємодія із сторонніми замовниками і споживачами науково-технічних розробок,

оптимізація і підвищення віддачі від ресурсів, направлених на розробку науково-технічної продукції, для основної діяльності.

Основні труднощі ведення успішної інноваційної діяльності підприємств залізничного транспорту пов'язані з браком власних коштів, обмеженістю бюджетного і позабюджетного фінансування по всьому ланцюгу, що визначає результативність інноваційного циклу: освіта, наука, виробництво, реалізація і сервіс в споживанні. Рішення даної проблеми можливо тільки в поєднанні державного і підприємницького секторів, які дозволять ефективно використовувати стратегії, активізувати інноваційну активність і нарощувати об'єми виробництва конкурентоздатної наукоємної продукції.

Механізм формування і реалізації державної і підприємницької політики відносяться до прямих методів підтримки інноваційної діяльності на підприємствах залізничного транспорту.

Окрім цього, значна увага приділяється непрямым методом державної підтримки впровадження інновацій.

Аналіз міжнародного досвіду показує, що ефективний процес застосування інновацій і комерціалізації технологій можливий у разі існування в країні цілісної і комплексної інноваційної системи, а державна участь в активізації інноваційної діяльності є ключовою. Єдино можливим механізмом створення та впровадження інновацій є поступова інтеграція науково-дослідних установ до складу інноваційно-інвестиційних формувань, які можуть забезпечити галузеві принципи управління інноваційно-інвестиційним розвитком матеріально-технічної бази транспортного виробництва.

Інноваційний шлях розвитку залізничної галузі дозволить реально інтегрувати залізничну галузь України в єдину світову транспортну систему. Таким чином, для успішної реалізації інноваційно-інвестиційних проектів на транспорті і оптимізації інноваційного процесу в цілому доцільно створення комплексного організаційно-економічного механізму.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Гончарова, П. П. Теоретико-методические аспекты формирования инновационной политики [Текст] / П. П. Гончарова // Актуальні проблеми економіки. – 2008. – № 4. – С. 62-72.
2. Денисенко, М. П. Проблеми формування національної інноваційної системи України [Текст] / М. П. Денисенко, Т. Є. Воронова, С. В. Ладика // Актуальні проблеми економіки. – 2008. – № 4. – С. 73-81.

3. Жук, М. В. Передумови формування національної інноваційної системи прискореного розвитку економіки [Текст] / М. В. Жук // Актуальні проблеми економіки. – 2008. – № 7. – С. 30-36.
4. Гапанович, В. А. Инновации в области развития железных дорог, обновление и модернизация техники и совершенствование технологий [Текст] / В. А. Гапанович // Ж/д транспорт. – 2007. – № 12. – С. 22-25.
5. Алпысбаев, С. А. Подходы к инновационному развитию железнодорожного комплекса [Текст] / С. А. Алпысбаев // Мир транспорта. – 2005. – № 4. – С. 96-99.
6. Боярська, М. О. Обґрунтування моделей інноваційних процесів з урахуванням особливостей української економіки [Текст] / М. О. Боярська // Вісник нац. ун-ту «Львівська політехніка». – 2007. – № 579. – С. 27-32.
7. Іртищева, І. О. Інноваційні процеси – важлива передумова забезпечення сталого розвитку України [Текст] / І. О. Іртищева // Стратегія забезпечення сталого розвитку України. – К.: РВПС України НАН України. – 2008. – Ч. 3. – С. 151-155.
8. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <http://www.day.kiev.ua>
9. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <http://www.for-ua.com>
10. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <http://www.business.ua>
11. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <http://www.innovbusiness.ru>

Надійшла до редколегії 30.11.2009.

Прийнята до друку 10.12.2009.

ІНОЗЕМНІ ІНВЕСТИЦІЇ ЯК СПОСІБ РЕФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

В даній статті розглянуто основні напрямки фінансування «Укрзалізниці», проблеми інвестування в умовах кризи та важливість іноземних інвестицій у розвитку залізничного транспорту як єдиної сучасної системи.

Ключові слова: фінансування залізничного транспорту, іноземні інвестиції, криза

В данной статье рассмотрены основные направления финансирования «Укрзалізниці», проблемы инвестирования в условиях кризиса и важность иностранных инвестиций в развитии железнодорожного транспорта как единой современной системы.

Ключевые слова: финансирование железнодорожного транспорта, иностранные инвестиции, кризис

This article is devoted to consideration of the basic directions of financing of «Ukrzaliznytsia» (Ukrainian Railways), the problem of investment in the conditions of crisis and the importance of foreign investments into the development of railway transport as a uniform modern system.

Keywords: financing of railway transport, foreign investments, crisis

Міжнародний рух капіталу є неоднозначним процесом, що виступає значущим фактором економічного розвитку й одночасно несе істотні проблеми. Прямі іноземні інвестиції (ПІІ) являють собою найважливішу частину світового руху капіталу. Досвід країн з перехідною економікою свідчить про високу роль ПІІ в здійсненні структурної перебудови економіки, інвестиційної реконструкції і модернізації виробництва. ПІІ полегшують рішення таких важливих для економіки завдань, як забезпечення виходу інноваційної продукції на внутрішній і зовнішній ринки, заміщення імпорту і перехід промислового виробництва до стадії стійкого економічного росту. Особливе значення в цих умовах здобуває розробка нових форм і методів залучення іноземного капіталу до економіки України. Таким чином, у сучасних умовах важливість здобувають задачі ефективного залучення і використання зовнішніх фінансових ресурсів, зокрема прямих іноземних інвестицій.

Інвестиції відіграють центральну роль в економічному процесі, вони визначають загальний ріст економіки. В результаті інвестування засобів в економіку збільшуються обсяги виробництва, росте національний прибуток, розвиваються та йдуть вперед в економічній конкуренції галузі та підприємства, що в найбільшій ступені задовольняють попит на ті чи інші товари та послуги.

Залучення іноземних інвестицій є пріоритетним напрямком розвитку економіки України, який в умовах економічної кризи потребує особливої уваги з боку держави. Для виходу на світові ринки необхідні значні капітальні вкла-

дення, але ситуація ускладнюється тим, що проблема інвестування вирішується в умовах не лише економічної, а й політичної кризи в Україні.

Політична ситуація в Україні є ключовою проблемою. Адже неефективна модель розвитку, неадекватність управління, нерозвиненість демократичних інститутів, невідповідність професіоналізму влади та характеру завдань не дозволяє забезпечити надійний соціально-економічний розвиток країни і створити привабливий інвестиційний клімат. Кожному іноземному інвестору важливо знати, що держава, в економіку якої він вкладає свої кошти, здатна забезпечити достатній механізм здійснення інвестицій та гарантувати належний захист прав інвестора.

Новим джерелом зростання добробуту країни мають стати інвестиції.

Економічні перспективи України на світовому ринку є сприятливими для зростання, яке спирається на інвестиції. Вигідне географічне положення, помірні кліматичні умови, багатогалузева національна економіка, а також широкий обсяг внутрішніх споживчих ринків є серйозним потенціалом для розвитку транспорту України. Україна розташована на пересіченні шляхів Росії з Європою, що визначає її високий транзитний потенціал як держави та відіграє важливу роль у міжнародних транспортних зв'язках, які формують напрямок міжнародної торгівлі. Рішення подібної комунікаційної задачі може автоматично привернути мільярди інвестицій у вітчизняну економіку.

Однак розкриття цього потенціалу потребує значного покращення якості ділового середовища. За даними Світового Банку, Україна займає 142 місце зі 183 країн за рівнем доступності ведення бізнесу.

Для поліпшення бізнес-клімату Україна має створити прозоре законодавче поле і реформувати суди, знизити витрати на ведення бізнесу і спростити регуляторне середовище, поліпшити систему державного управління і мінімізувати корупцію, укласти угоду про вільну торгівлю з ЄС та стимулювати інвестиції в технології.

Доцільність інвестицій для економіки України очевидна – вона диктується тим, що її реструктуризація вимагає значних вкладень, що за рахунок власних джерел покривати не вдається. Звідси кредити МВФ і СБ, окремих держав і приватних фірм, розширення практики спільних з іноземним капіталом підприємств, залучення закордонного капіталу в будівництво важливих для країни об'єктів, поліпшення виробничої і соціальної інфраструктури і зон вільного підприємництва (ЗВП). Особливо ефективним виявилось використання траншів, грантів, обмін фахівцями і т.п. Усе це приводить до необхідності створення в країні визначених привабливих умов для іноземних інвесторів, тобто створенню хоча б відносного сприятливого для них інвестиційного клімату.

Разом з тим, високі відсотки по кредитах, частка прибутку, що привласнюється, з об'єктів спільного підприємництва, у ряді випадків кабальні умови «допомоги» викликають законне неприйняття іноземних інвестицій. Загальновідомо: учені-економісти вважають, що сума іноземного капіталу в реципієнті не повинна перевищувати 30 % від ВВП, оскільки перевищення цієї границі може викликати погрозу її економічній (національній) безпеці. Поки для України такої небезпеки не існує – загальний обсяг прямих іноземних інвестицій у країні не досягає стосовно ВВП і трьох відсотків. На початок 2009 року в економіку України іноземними інвесторами вкладено прямих інвестицій на суму 35723,4 млн дол. США, що складає 774 дол. на людину. Для прикладу в Угорщині ще в 2005 році на одну людину приходилося 6,1 тис. дол. іноземних інвестицій, Польщі – 2,4 тис. дол., Латвії – 2,1 тис. дол., Литві – 1,8 тис. дол. Інвестиції надійшли з 114 країн світу, серед яких перші позиції належать Кіпру, Німеччині, Нідерландам, Австрії, Великобританії, Росії, США. На тлі тенденції збільшення питомої ваги країн, що розвиваються, і країн з перехідною економікою в загальному обсязі експорту інве-

стиційних ресурсів Україна має дуже низькі показники. Обсяг інвестицій в економіку країн світу на 1 січня 2009 року склав 6198,6 млн дол. США

Розглядаючи положення, яке займає Україна сьогодні на світовому ринку економіки, необхідно прикладати максимальні зусилля для розвитку та зростання України як держави, приймати всі можливі заходи для покращення становища.

Аналіз фінансових ринків показує, що світовий капітал знаходиться в активному пошуку нових місць свого застосування, які забезпечать високий рівень прибутку капіталу. За останні роки певну зацікавленість інвесторів викликав транспорт та зв'язок. Приток капіталу у цей вид економічної діяльності до початку кризи поступово зростав і в загальному обсязі збільшився майже в 3 рази. За останні п'ять років, в період з 2003 по 2008 роки, у наземний транспорт України (в т.ч. і залізничний) як вітчизняними, так і іноземними інвесторами було вкладено 33,6 млн грн, що сприяло загальному збільшенню перевезень на 5,4 %.

Від об'єму капітальних вкладень у залізничний транспорт залежить науково-технічний прогрес галузі. Укрзалізниця досі користується застарілими технологіями, яким вже по пів століття. Це технології другого покоління, в той час, коли в усій Європі впровадили четверте. Морально застаріле обладнання призведе лише до негативних наслідків, а саме, до нераціонального використання енергоресурсів, що в подальшому потягне за собою вже збільшення собівартості перевезень та знизить на них попит за невигідністю використання. Всі витрати із державного бюджету на закупівлю енергоресурсів для Укрзалізниці складають 24 млрд грн, модернізувавши, їх можна скоротити на 15 %.

В 2009 році їх знос був на рівні 84 %, коли норма становить не більш як 50 %. Переважна частина колій змонтована на дерев'яних шпалах, з яких 15...17 % непридатні до дальшого використання. Більшу частину інфраструктурних об'єктів залізниці необхідно визнати застарілими і такими, що не відповідають сучасним вимогам щодо виконання своїх основних функцій. Насамперед, це стосується залізничних вокзалів, станцій, готелів, засобів зв'язку і управління рухом поїздів. Техніко-економічні та експлуатаційні характеристики залізниці знижуються також через те, що ширина колії відрізняється від західноєвропейської, а це особливо негативно відбивається на закордонних і транзитних перевезеннях. Це потребує утри-

мання на західних кордонах країни 14 спеціально обладнаних станцій, 11 станцій, де здійснюється перевантаження імпортованих вантажів, та 8 пунктів перестановки вагонів на візки західноєвропейської колії.

Структура і виробничі потужності підприємств, пов'язаних з даною галуззю, які перейшли під юрисдикцію України після розпаду СРСР і мають підтримувати ефективне функціонування залізниці, не забезпечують її пропорційного і гармонійного розвитку в перспективі. Потрібні їх реконструкція і переоснащення, часткове перепрофілювання, поступове згортання надлишкових і будівництво нових потужностей.

Першим кроком повинно бути поліпшення технічного стану основних виробничих фондів та підвищення рівня технологічних процесів. Це дозволить зберегти конкурентоспроможність залізничного транспорту у порівнянні з іншими видами транспорту.

Адже залізничний транспорт є найрозвинутішим в Україні. За загальною довжиною колії він посідає четверте місце у світі (після США, Росії та Канади). За вантажообігом він виконує основні обсяги перевезень – 40...50 % (навіть у рік найбільшого спаду – 1997 р. – понад 40 %), а за пасажирообігом є незаперечним лідером – на нього припадає 50...70 % від загального обсягу перевезень. При великій розгалуженості колійної мережі, більша половина якої – колійна мережа підприємств і організацій, значний відсоток становлять електрифіковані ділянки (близько 40 %), дво- і багатоколійні ділянки (майже третина загальної довжини).

Укрзалізниця працює в форматі, що виконує функції державного управління і не є господарюючим суб'єктом, а це в Європі не практикується уже давно. Тому структура Укрзалізниці залишається єдиною і останньою пострадянською структурою неринкового типу, що стає серйозною перешкодою для іноземних інвесторів та кредитування.

Останні роки залізничний транспорт кредитувався Європейським банком реконструкції і розвитку, що в попередні роки вже дало певні позитивні результати.

Зупинка кредитування Укрзалізниці може грозити дефолтом системи, адже потребується термінове оновлення основних виробничих фондів. За підрахунками експертів модернізація Укрзалізниці вимагає близько 80 млрд грн, що при кредитуванні під 6...8 % річних може скласти значні суми.

На даний час потреба у фінансуванні Укрзалізниці більш як утричі перевищує кредитні можливості галузі. Тому вигідним варіантом вирішення цієї проблеми може стати випуск облігацій Укрзалізницею, як суб'єктом господарювання, для задоволення довготермінових капітальних потреб. Але облігації є альтернативним способом фінансування відносно акцій, які дають змогу налагоджувати безпосередні стосунки з інвесторами. Про це свідчить і досвід західних корпорацій. Вони, відповідно рекомендаціям Дональдсона та запропонованій американськими авторами теорії вартісного циклу, частіше використовують емісію облігацій, ніж емісію акцій. Це пояснюється такими обставинами.

По-перше, акціонери є співвласниками фірми, а власники облігацій – лише її кредиторами. Для того, щоб уникнути «розмивання» власності компанії внаслідок випуску значної кількості акцій, її правління віддає перевагу використанню облігацій.

По-друге, виплата відсотків по облігаціях вираховується з прибутку фірми, тобто не входить у собівартість її продукції. Отже, за інших рівних умов вони сприяють зменшенню оподаткованого прибутку, а значить і самого податку. Дивіденди ж становлять частину прибутку виділеного господарською структурою після сплати всіх податків та боргових зобов'язань.

По-третє, в періоди інфляції виплата боргів по облігаціях обходиться корпорації дешевше, оскільки заздалегідь визначена величина доходу – певний відсоток від номіналу облігації. Дивіденди по акціях залежать від розміру прибутку корпорації.

По-четверте, правління компанії, як правило, сподівається на збільшення доходів фірми порівняно з початковим періодом. У цій ситуації виплата відсотків по облігаціях буде економічнішим видом витрат, ніж дивіденди.

По-п'яте, в умовах депресії, тобто коли спостерігаються застійні явища в економіці та низький попит на різні товари, значно легше реалізувати облігації, ніж акції. Основна причина – стабільність доходу по облігаціях та порівняно менший ризик.

В Україні є необхідні стартові умови для формування сучасної системи транспортних комунікацій, яка відповідала б європейським стандартам. До них насамперед належать: необхідність в усіх видах транспорту докорінного технічного переоснащення галузі і суттєвих організаційних змін; достатня ресурсна база і рівень розвитку техніки і технологій; наявність

кваліфікованого трудового потенціалу і передових науково-технічних розробок; вигідні природно-кліматичні й географічні характеристики території; наявність конкурентоспроможних науково-технічних проектів, які пройшли відповідну експертизу і готові до реалізації; заінтересованість зарубіжних інвесторів у розміщенні капіталів в Україні; стійка тенденція до визнання України світовим співтовариством як європейської держави, з якою бажано мати стабільні ділові відносини на широкій і довготривалій основі і яка в перспективі справлятиме серйозний вплив на ключові проблеми європейської політики; наявність затвердженої концепції створення і функціонування в Україні національної мережі міжнародних транспортних коридорів.

Відчутний вплив на формування довгочасної стратегії розвитку транспортних комунікацій України має справляти вигідне геостратегічне розміщення її території, через яку традиційно пролягають давні торговельні шляхи між Сходом і Заходом та між Півднем і Північчю. Наявність на території України міжнародних транспортних коридорів накладає свій відбиток на функціонування всієї мережі транспортних комунікацій держави. Зокрема, вона зобов'язує її працювати у злагодженому, синхронному режимі, з більшою відповідальністю щодо дотримання графіків роботи і доставки вантажів до вузлових точок, поступово і неухильно змушуватиме всю транспортну мережу працювати в режимі і на рівні функціонування міжнародних транспортних коридорів, тобто на європейському рівні. Це означає, що рівень техніки, технології, організації, нормативно-правового забезпечення має бути відповідним європейському.

Інвестиційне забезпечення розвитку і функціонування транспортної мережі в цілому і трансєвропейських транспортних коридорів зокрема, як правило, покладається на їх власників. В Україні транспортна залізнична мережа як основа транспортних коридорів належить до галузей і об'єктів, які не підлягають роздержавленню і приватизації, тому основним джерелом інвестування проектів, пов'язаних з цим видом транспорту є, насамперед, державний бюджет і власні кошти структурних одиниць залізничного транспорту з можливим залученням кредитів вітчизняних та зарубіжних інвесторів. Однак, як свідчить практика останніх років, іноземні інвестори направляють свої ресурси переважно на проекти з короткими строками окупності, з перспективами на монополь-

ний характер кінцевої продукції, з великою нормою прибутку; на проекти не виробничої сфери, а якщо й виробничої, то не базових галузей. Щоб змінити цю тенденцію, слід цілеспрямовано формувати привабливий інвестиційний клімат шляхом удосконалення нормативно-правової бази та досягнення її стабільності, визначення і дієвого стимулювання інвестиційних пріоритетів, розробки і реалізації програм їх державної підтримки. Першорядне розв'язання саме цих питань є основою нарощування інвестиційних потоків для створення та розвитку трансєвропейських коридорів на території України.

Комплексно поставити проблеми, пов'язані з розвитком транспортної системи, визначити завдання і шляхи їх розв'язання, дати їм належне забезпечення (фінансове, матеріально-технічне, ресурсне, організаційне, правове тощо), організувати і здійснити процес виконання завдань і заходів можна лише за умови розробки та реалізації Державної програми розвитку транспортної системи України. Закономірно, що при формуванні цієї програми доцільно враховувати й пріоритети суміжних програм, насамперед, соціально-економічного розвитку окремих регіонів, які вже затверджені або перебувають на розгляді в Кабінеті Міністрів України.

Рівень розвитку транспортної системи держави – одна з найважливіших ознак її технологічного прогресу і цивілізованості. При інтеграції в європейську і світову економіку потреба у високорозвинутій транспортній системі дедалі посилюється, вона стає базисом для ефективного входження України у світове співтовариство та зайняття в ньому місця, яке відповідає рівню високорозвинутої держави.

Важливість припливу іноземних інвестицій – не тільки в збільшенні обсягів залучених капіталів. Разом з ними приходить корпоративна культура і новий сучасний менеджмент. Інвестиції ідуть безпосередньо в реальний сектор економіки, сприяють диверсифікації експорту, створенню додаткових робочих місць і, на відміну від іноземних кредитів, не збільшують заборгованість країни, тим самим зменшуючи відтік валюти за кордон.

Залученню іноземного капіталу в Україну заважає економічна та політична нестабільність, недосконалість законодавчої бази тощо, що спонукає українських інвесторів вкладати капітал в інші країни і відповідно зменшує обсяги інвестування в країну.

Якщо найближчим часом Україна не зуміє створити інвестиційно-привабливий клімат, то на так необхідну нам економічну реструктуризацію у нас підуть десятиліття. Розвиток інвестиційної діяльності в Україні зробить поштовх для нашої держави. Це стане перспективою розвитку майбутнього життя країни, та надійною опорою для економіки.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Федоренко, В. Г. Інвестознавство [Електрон. ресурс]. – Ч. 2 / В. Г. Федоренко. – Режим доступу: <http://ukrknighta.org.ua>
2. Лоза, С. П. Напрямки удосконалення механізму розподілу інвестицій на залізницях України [Текст] / С. П. Лоза // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2009. – № 25.
3. Вовк, О. М. Формування системи управління інвестиційними ресурсами авіаційно-ремонтних підприємств [Текст] / О. М. Вовк // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2009. – № 28.
4. Савчук, В. П. ФМ [Текст] / В. П. Савчук. – К., 2002. – 884 с.
5. [Текст] // Газета «Цінні папери України». – № 42 (434).
6. [Текст] // Щоденна всеукраїнська газета «День». – № 162. – 26 вересня 2006.
7. Вакаріна, С. І. Інвестиції в Україні [Текст] / С. І. Вакаріна. – К., 2003. – 372 с.

Надійшла до редколегії 28.04.2010.

Прийнята до друку 06.05.2010.

М. П. СНАЧОВ, Т. В. ПОЛІШКО, М. Ф. СТРЮКОВАТСЬКА (ДІПТ)

ДЕЯКІ ШЛЯХИ ПОДОЛАННЯ КРИЗИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

В даній статті проаналізовано основні причини зменшення рентабельності діяльності залізничного транспорту та запропоновано можливі шляхи вирішення даної проблеми, реалізація яких може підвищити показники роботи залізниць України.

Ключові слова: рентабельність, криза, фінансування залізничного транспорту, транспортна система

В данной статье проанализированы основные причины уменьшения рентабельности деятельности железнодорожного транспорта и предложены возможные пути решения данной проблемы, реализация которых может повысить показатели работы железной дороги.

Ключевые слова: рентабельность, кризис, финансирование железнодорожного транспорта, транспортная система

This article is dealt with the main causes of reducing the railway transport profitability. The possible ways for solving the given problem are proposed. It should be noted that the realization of the above-mentioned ways could improve the operation indices of the Ukrainian railways.

Keywords: profitability, crisis, financing of railway transport, transport system

У 2008 році світова економіка зіткнувся із кризою, яка почалась з США та поглинула весь світ. Не обійшло стороною це явище і нашу державу. А за наявності нестабільної ситуації в країні як в економічному, так і політичному аспекті, економіка України постраждала найбільше. Не останню роль зіграло і те, що останнім часом Україна намагалась виконати вимоги світових та зарубіжних банківських структур, з метою отримання додаткових кредитів, що ще більше розхитувало нестійку позицію нашого економічного життя. До того ж позначилась сильна залежність України від іноземних валют, а саме долару США та євро. В сукупності дані фактори призвели до майже повного краху економічного життя країни, тим самим зменшивши її виробництво, а в деяких галузях і зупинивши його повністю.

Транспортна мережа будь-якої держави – це не лише внутрішній зв'язок її регіонів, а також і зв'язок з зовнішнім світом. Розвинута транспортна мережа свідчить про високу мобільність кожного регіону держави, що сприяє соціально-економічному розвитку регіону та як наслідок – держави загалом. Час у сучасних умовах є досить важливим фактором як у виробництві, так і в реалізації продукції в країні та за її межами. Занепад транспортного комплексу в цілому або окремих його складових є свідомством неефективного управління транспортною галуззю. Наслідки неефективного управління транспортною галуззю є не лише зупинка виробничих галузей країни та розвитку соціального життя, які в свою чергу вплинули на погіршення стану транспортної системи України, але й загроза безпеки країни.

Транспортний комплекс складається з залізничного, автомобільного, повітряного, морського та трубопровідного транспорту. Найбільш популярними залишаються залізничний та автомобільний види транспорту, які без урахувань трубопровідного транспорту забезпечують майже 100 % обсягу вантажних перевезень. Конкуренція між ними зростає і останнім часом не на користь залізниць.

На залізничний транспорт припадає близько 80 % вантажообігу та близько 50 % пасажирообігу в країні. Але за умов кризи ці показники в країні знизились. Причин такого результату роботи залізниць багато і кожна вимагає вирішення.

На сьогоднішній день стан українських залізниць неможливо назвати навіть задовільним він прямо кажучи – критичний. Зношеність основних фондів складає 80 %, неефективна тарифна сітка, низька якість послуг – все це змушує споживачів послуг шукати альтернативу залізниці і це як наслідок зменшує прибуток Укрзалізниці.

Зважаючи на це «Укрзалізниця» визначила основні стратегічні цілі щодо подальшого розвитку галузі, серед них: збільшення масштабу транспортного бізнесу та виробничо-економічної ефективності, покращення якості та безпеки перевізного процесу, інтеграція в Євразійську транспортну систему та збільшення стійкості фінансового стану залізниць України. Але визначення шляхів покращення діяльності залізниці це лише перший крок на шляху до створення якісної та економічно стійкої транспортної мережі у країні.

Досить давньою є проблема реформування залізниці. Концепція реформування транспорт-

ного сектора України була прийнята у 2006 році, а наприклад в Росії подібний документ з'явився вже у 1998 році. Її основними цілями були: реформування транспортного сектору економіки, інтеграція в світову та європейську транспортні системи, створення умов для модернізації та розвитку транспортного сектору та інші. Однак, особливу увагу в даному документі було приділено питанню фінансування даного заходу здебільшого зі сторони приватних осіб. Але дана Концепція так і не була втілена в життя. В липні 2008 року відбувся круглий стіл «Реформування залізничного транспорту України – питання виживання галузі», на якому «Укрзалізниця» та Міністерство транспорту і зв'язку дещо переробили програму реформування, скоротивши її до двох етапів (перший за період 2009-2010 рр. і другий – 2010-2015 рр.). Пізніше Постановою Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. №1390 «Про затвердження Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010-2015 роки» було оприлюднено нову програму реформування галузі. В даному документі передбачено реформування залізничного транспорту шляхом удосконалення законодавчої бази, розмежування господарських функцій і функцій державного управління, створення сприятливих умов для залучення інвестицій тощо.

Виконання програми здійснюється в три етапи:

- на першому етапі (2010-2011 рр.) передбачається створення урядового органу залізничного транспорту; державного господарського об'єднання у формі державного концерну, до складу якого увійдуть залізниці, підприємства, установи та організації залізничного транспорту, що забезпечать його діяльність як єдиного виробничо-технологічного комплексу.

- на другому етапі (2012-2013 рр.) передбачається: оптимізація організаційної структури залізничного транспорту і розроблення та впровадження автоматизованої системи управління у сфері залізничного транспорту; утворення головного і регіональних центрів управління перевезеннями.

- на третьому етапі (2014-2015 рр.) передбачається здійснення заходів щодо утворення вертикально-інтегрованої системи господарського управління залізничним транспортом.

Орієнтовний обсяг коштів, необхідних для виконання Програми, становить 1,4 млрд грн. Фінансування Програми передбачається здійснювати за рахунок коштів державного бюджету, коштів залізниць, підприємств залізничного транспорту та інших джерел.

На кінець 2010 року питання реорганізації Укрзалізниці в державне акціонерне товариство залишається відкритим на невизначений тер-

мін, що не зовсім позитивно впливає на розвиток українських залізниць.

Брак фінансування було і є одною з головних проблем розвитку транспортної мережі країни, але невизначеність у питаннях юридичного статусу Укрзалізниці гальмує вирішення і цієї проблеми. Надання кредиту неможливе за умов невизначеності в цьому питанні, а реальна політика залучення інвесторів також відсутня. Проблема реорганізації Укрзалізниці створює перешкоди у вирішенні інших не менш важливих питань, одне з яких приведено вище. З початку 2000 року за рахунок власних джерел (амортизація та частина прибутку) потреба залізниць України в інвестуванні була покрита лише на 8...18 % [8]. Це занадто мало для отримання позитивного результату. Перш за все, це пов'язано з інфляційними процесами, які призвели до зниження балансової вартості майже вчетверо відносно їх реальної вартості і як наслідок – зниження амортизаційних відрахувань.

У світовій практиці останнім часом більш розповсюджені, так би мовити, «швидкі капітали», а за умов нестабільності вони стають ще більш актуальними. На жаль, проекти, які розробляються для покращення стану української мережі залізниць, розраховані на довготривалу перспективу. Цей факт досить сильно звужує коло потенційних стратегічних інвесторів.

До того ж Укрзалізниця має досить великі фінансові витрати, що навіть за наявності великих сум доходу та валового прибутку зменшує або зводить до нуля чистий прибуток. За оцінкою експертів для погашення вже наявних кредитів та доведення основних фондів до нормального стану Україні потрібно близько 20 млрд дол. США. Це є ще одним свідченням того, що залучення стратегічних іноземних інвесторів є необхідним заходом.

На даний момент за умов кризи, в результаті якої Україна опинилася серед найбільш постраждалих країн, виробничий комплекс майже повністю зупинився. Це не залишило осторонь і залізницю. За дев'ять місяців 2009 року обсяг вантажних перевезень знизився на 29,4 % порівняно з аналогічним торішнім періодом. Більшість вантажів, які транспортувались Укрзалізницею, були замовленнями гірничо-металургійного та нафтохімічного комплексів. Доля їх вантажів у загальному вантажообігу складала близько 80 % вантажів перевезень залізницею. Зупинка даних галузей привела до відповідних результатів. Розглядаючи причини цього явища, перш за все, потрібно відзначити те, що газове питання відіграло не останню роль у цій ситуації. Подорожчання газу майже у 7 разів відповідно збільшило собівартість продукції гірничо-металургійної галузі, адже в Україні переважна більшість виробників металу використовують газ як основну складову матеріаль-

них витрат. Цей факт, у свою чергу, вплинув і на тарифи залізниці через подорожчання металу. На дані 2008 року будівництво 1 км шляху коштувало близько 2 млн грн, а на середину 2009 року – ця цифра вже складала 2,6...2,7 млн грн. Тобто окрім збільшення витрат на газ збільшилась і транспортна складова вартості продукції металургійного комплексу.

На додаток до цієї ситуації негативним фактором фінансового положення залізничного транспорту стала консервація рівня транспортних тарифів для основних вантажовиробників, що прийнята Урядом у відповідності з програмами підтримки підприємств металургійної, хімічної, будівельної галузей. Дані програми не надто допомогли галузям, на які вони були спрямовані, але фінансовий стан залізниці під їх впливом постраждав ще більше. Тобто вирішення даної проблеми потребує врегулювання цінової політики на внутрішньому ринку та підтримки залізниці не лише з боку держави, але і з боку інших галузей економіки.

Неефективна тарифна система також розхищує і так досить нестабільну позицію Укрзалізниці. В Україні тарифний механізм на вантажоперевезення поки що не відповідає ринковим тенденціям. В порівнянні з іншими країнами залізничні тарифи України значно нижче, наприклад, ніж у Росії – в 1,5...1,7 разу, Польщі – у 6,4 разу. Остання індексація вантажних тарифів відбулась 01.10.2008 р. із підвищенням всього на 9,65 %. А надалі відбувалися лише зниження на окремі групи товарів.

Своєрідним порятунком для залізниці може стати новий Збірник вантажних тарифів. Застаріла тарифна система не передбачала можливості проведення гнучкої тарифної політики. Але вимога виконання Наказу Президента України від 17.11.2008 № 1046 «Про додаткові заходи із подолання фінансової кризи в Україні» та Меморандумів для підприємств гірничо-металургійного та нафтохімічного комплексів, які були підписані 10.11.2008 р. і 17.11.2008 р. відповідно, бажана корекція тарифів поки що не проводиться. Але розробка гнучкої тарифної системи не лише для вантажних, а й для пасажирських перевезень є не менш важливим кроком на шляху подолання кризи. Цікавим є те, що рівень доходів від пасажирських перевезень нижче, ніж рівень змінних витрат. Що черговий раз доводить необґрунтованість тарифів.

Конкуренція є невід'ємною складовою ринкової системи, як у будь-якій країні, так і на міжнародному ринку. Транспортний комплекс повинен орієнтуватися на клієнта. Залізниці ж лише тоді зможуть вирішувати свої завдання, коли зможуть швидко реагувати на потреби ринку та задоволення потреб замовників.

Загальне падіння об'ємів перевезень зумовило перерозподіл вантажів між видами транс-

порту, в першу чергу на користь автомобільного, частка якого у перевезеннях цінних експортних та імпорتنих вантажів зростає за рахунок оновлення рухомого складу та зменшення вартості закордонних дозволів.

Виходячи з даних умов, підвищення конкурентоспроможності є першочерговою задачею для залізниць України.

Оновлення рухомого складу може надати неабиякого поштовху у підвищенні конкурентоспроможності, забезпечити відповідність залізниць сучасним вимогам і критеріям якості. Підвищення пропускнув спроможності також є одним із важливих показників роботи залізниць. Одна з причин вибору альтернативних видів транспорту серед замовників – це простота. Середня швидкість руху вантажів Україною складає приблизно 12 км/год і вантаж знаходиться на території держави 5...6 діб, що є неприпустимим. Тож вирішення даного питання не тільки підвищить вантажообіг залізниці, а й покращить становище України на міжнародному рівні в якості покращення сервісу транспортування вантажів. А вдосконалення нормативно-правової бази у сфері транзитних перевезень та прив'язка її до світових багатосторонніх транспортних документів лише прискорить процес розвитку конкурентоспроможності залізниць України.

На сьогоднішній день залізничний транспорт України поставлений перед необхідністю вироблення та реалізації заходів, котрі адекватні намірам європейських та азійських транспортних компаній. Основні з них – це створення єдиної транспортної системи, вирішення питань транзиту, створення транспортних коридорів на взаємовигідній і рівноправній основі, узгоджене формування тарифної політики на послуги транспорту та комунікацій.

Однією з найважливіших проблем України, у плані її інтеграції у європейську єдину залізничну систему, є приведення ширини української залізничної колії (1524 мм) до європейської зразка (1435 мм) як у Польщі, Словаччині, Угорщині, Румунії та ін. Зараз на кордоні з цими державами існують складні системи переведення локомотивів і рухомого складу поїздів з колії на колію, що значно знижує ефективність роботи залізничного транспорту, зокрема в часі. До того ж, більшість вагонів вітчизняної залізниці мають строк використання більше 16 років і в'їзд до країн Європи їм заборонено, що віддаляє від України бажані «одні рейки» з країнами Євросоюзу. Але заміна колії на кордоні з європейськими країнами лише перенесе проблеми на схід держави – до кордонів з Росією. Можливим виходом є прокладення колій по стратегічно важливих напрямках держави, але тоді за рахунок чого це фінансувати і чи доцільно це взагалі?

Значну частину інфраструктурних об'єктів залізниці необхідно визнати застарілими, вони не відповідають сучасним вимогам по виконанню своїх основних функцій. Насамперед, це стосується залізничних вокзалів, станцій, готелів, засобів зв'язку і керування рухом потягів. Техніко-економічні й експлуатаційні характеристики залізниці знижуються також через те, що ширина колії відрізняється від західноєвропейської, що особливо негативно відбивається на закордонних і транзитних перевезеннях. Це вимагає утримання на західних границях країни 14 спеціально обладнаних станцій, 11 станцій, де здійснюється перевантаження імпортованих вантажів, і 8 пунктів перестановки вагонів на візки західноєвропейської колії. Як заходи щодо підвищення ефективності залізничного транспорту необхідні реконструкція і переоснащення, часткове перепрофілювання, поступове згортання надлишкових і будівництво нових потужностей.

Урядом розроблено багато програм щодо українських залізниць як по їх реорганізації, так і по підтримці у період кризи. Але жодна програма, запропонована урядом, не передбачає зниження податків для цієї галузі народного господарства. Залізниці на сьогодні сплачує близько 75...80 % нарахувань на прибуток від звичайної діяльності. Настільки високі податки не дають можливості задовольнити навіть частину внутрішніх потреб галузі. Гнучке регулювання податкових ставок надасть залізниці можливість більш швидкими темпами вийти з кризового стану.

Перелік питань, які виникають на залізницях, неупинно зростає з кожним днем, адже старі питання залишаються без відповіді, а нові неупинно з'являються. Транспортний комплекс є одним із головних сегментів економіки будь-якої держави, в тому числі й нашої. Зв'язок регіонів та держав підвищує доходи країни та її становище на міжнародній арені. Тому правильний підхід до організації цієї галузі та її підтримка в періоди кризи дасть можливість відновити позитивні показники роботи транспорту. Але щоб подолати економічну кризу, потрібно спочатку подолати кризу влади та політичного життя в країні. Лише коли ці негативні тенденції підуть на спад – з'являться позитивні тенденції в розвитку економіки країни і в розвитку залізничного транспорту в тому числі. Хоча, прогнози спеціалістів свідчать про можливість другої хвилі кризи, яка може привести країну до технічного дефолту по зобов'язаннях країни та ще більшого знецінення національної валюти за рахунок емісії. Хоча, курс гривні може поступово знизитися й без емісії, оскільки зовнішньоторговельний баланс України ще не вирівнявся – імпорт перевищує експорт. За

цих умов Україна може повторити свій шлях початку 1990-х років, коли надмірне збільшення грошової маси для фінансування державних видатків призвело до гіперінфляції та стрімкого зубожіння населення. Йдеться не лише про соціальні наслідки. Падіння реальних доходів населення означатиме зменшення попиту, а за цих умов чимало підприємств будуть змушені скоротити виробництво або навіть збанкрутувати. Як би там не було, а 2010 року уряд і далі лататиме бюджетні дірки за допомогою друкарського верстата. А з 2012 року Україні треба буде повертати кредит МВФ, так само як вітчизняним банкам уже з наступного року доведеться розраховуватися за реструктуризованими в 2009 році боргами. Тож не виключено, що Україні загрожує ще й третя хвиля кризи.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Петренко, Е. А. Управление железнодорожным транспортом в условиях кризиса [Текст] / Е. А. Петренко // Заліз. трансп. України. – 2009. – № 4.
2. Бараш, Ю. С. Аналіз методики визначення витрат на пасажирські перевезення у дальньому сполученні [Текст] / Ю. С. Бараш, М. П. Сначов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – № 25. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 215-218.
3. Каличева, Н. С. Аналіз напрямків забезпечення конкурентоспроможності залізничного транспорту [Текст] / Н. С. Каличева // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2009. – № 28.
4. Уткіна, Ю. М. Визначення якості обслуговування залізничних перевезень [Текст] / Ю. М. Уткіна // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2009. – № 26.
5. Якименко, Н. В. Методологічні аспекти конкурентоспроможності залізничного транспорту [Текст] / Н. В. Якименко // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2009. – № 28.
6. Транспортна система України, напрями її інтеграції в транспортній структури Європи [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: www.ua.textreferat.com
7. Зеленський, А. 2010-й вал. Друга хвиля кризи накопиться на Україну 2010 р. [Текст] / А. Зеленський // Український Тиждень. – 2009. – № 30.
8. Лашко, А. Д. Реформування залізничного транспорту як один з кроків на шляху України до світового співробітництва [Текст] / А. Д. Лашко // Проблемы экономики и управления на железнодорожном транспорте: Материалы Второй межд. науч.-практ. конф. – К.: КУЭТТ, 2007. – Том 1. – С. 49-51.

Надійшла до редколегії 12.12.2010.

Прийнята до друку 17.12.2010.

Н. Г. ШПАНКОВСЬКА, Ю. Т. ТРУШ (НМетАУ, Дніпропетровськ),
А. В. ТРУШ (Дніпропетровська філія ВАТ «КРЕДОБАНК»)

УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНОЮ СПРЯМОВАНІСТЮ ДІЯЛЬНОСТІ КОМЕРЦІЙНИХ БАНКІВ

Проведено аналіз сучасних теоретичних підходів до визначення сутності соціальної діяльності суб'єктів господарювання. Визначено напрямки розвитку соціальної діяльності комерційних банків. Обґрунтовано доцільність формулювання місії комерційних банків на підставі ключової компетенції і загальні вимоги до місії.

Ключові слова: комерційний банк, соціальна діяльність, управління, сучасні теоретичні підходи

Проведен анализ современных теоретических подходов к определению сущности социальной деятельности субъектов хозяйствования. Определены направления развития социальной деятельности коммерческих банков. Обоснована целесообразность формулирования миссии коммерческих банков на основе ключевой компетенции и общие требования к миссии.

Ключевые слова: коммерческий банк, социальная деятельность, управление, современные теоретические подходы

The modern theoretical approaches to definition of essence of social activity of enterprises are analyzed. The directions of development of social activity of commercial banks are determined. The expedience of formulation of mission of commercial banks and general requirements it must meet to is grounded.

Keywords: commercial bank, social activity, management, modern theoretical approaches

В індустріальну еру суб'єкти господарювання (СГ) створювали вартість, використовуючи передусім матеріальні активи у формі сировини і перетворювали їх у кінцеву продукцію. На початку 90-х років балансова вартість матеріальних активів, створена таким чином, становила 62 % від ринкової вартості СГ. Вже через 10 років ситуація дещо змінилася в бік зменшення частки матеріальних активів до 38 %, а наприкінці століття – до 10...15 % [1, с. 73]. Тому в постіндустріальній або інформаційній ері управління СГ передусім базується на використанні їх нематеріальних активів. Згідно з цим зростання вартості активів досягається удосконаленими соціально-орієнтованими: взаємовідносинами з клієнтами; інноваційними продуктами і послугами; інформаційними технологіями; здібностями, вміннями і мотивацією персоналу; телекомунікаціями та ін. Оцінку соціальної діяльності СГ доцільно здійснювати на рівні держави, оскільки результати її ведення залежать у більшій мірі від стадії еволюційного розвитку і рівня інтелекту суспільства, ніж від закономірностей економічного розвитку окремих СГ. Крім того, результати соціальної діяльності є складовою національного багатства країни, що, в свою чергу, підсилює роль діяльності цього виду, викликає об'єктивну необхідність поглибленого дослідження і обумовлює **актуальність проблеми** її удосконалення.

Вимоги суспільства до функціонування СГ, результатів їх праці та напрямків розподілу отриманих прибутків є загальними стосовно усіх СГ. У дослідженні [2, с. 382] на базі обґрунтованої класифікації суспільних вимог за ознакою їх відношення до СГ виділені основні або загальні вимоги, які висуваються до будь-яких СГ, та конкретні вимоги, які обумовлені галузевими особливостями цих СГ. Так, до сучасних загальних вимог пропонується відносити: протидію фінансово-економічним кризам; охорону навколишнього середовища; врахування особливостей фінансово-господарського механізму регулювання національної економіки та соціальну спрямованість діяльності СГ.

Необхідність дотримання суспільних вимог стосується передусім комерційних банків (КБ), оскільки їх діяльність надає визначальний вплив на економіку держави, фінансово-майновий стан СГ і населення країни, пронизуючи сферу матеріального виробництва і невиробничу сферу національної економіки. При цьому КБ не є самодостатніми інститутами, оскільки їх функціонування можливе тільки за наявності суспільної потреби в банківських послугах і послугах (БПП). Самі ж КБ, як система виробничих відносин, належать до класу складних соціально-економічних систем, що обумовлено: інтересами окремих підрозділів, які не тільки об'єктивно не співпадають між собою, а і часто протирічають один одному та цілями роз-

витку КБ як системи; асиметричністю інформації, на підставі якої учасниками банківського ринку приймаються рішення.

Спрямованість діяльності банків на потреби соціуму особливо загострилася в період трансформаційних процесів, які відбуваються в економіці України з початку її незалежності, що, в більшій мірі, пов'язане з появою недержавних банківських установ, які функціонують в умовах вільної конкуренції [1]. В сучасних умовах ефективний розвиток системи вимагає створення та удосконалення механізму гармонізації взаємодії між її складовими. З позиції соціальної діяльності доречно розглядати зв'язки КБ з клієнтами, трудовим колективом, акціонерами і соціумом, з яких найбільш соціально незахищеними є клієнти і трудовий колектив, тому в даному дослідженні в більшій мірі буде розглядатись соціальна діяльність КБ, спрямована на гармонізацію стосунків з ними.

Суспільні вимоги реалізуються через принципи, які покладаються в основу стратегічних, поточних і оперативних управлінських рішень. Зокрема, стратегії розвитку КБ підпорядковані його місії, тому вона як управлінська домінанта повинна враховувати сучасні та майбутні вимоги суспільства до банків.

У зв'язку з цим *метою даної роботи* є дослідження недостатньо вивченої проблеми – соціальної діяльності КБ та закріплення її принципів в місії шляхом удосконалення її формулювання.

Для досягнення поставленої мети вирішено наступні **завдання**:

- проаналізовано сучасні теоретичні підходи до визначення сутності соціальної діяльності суб'єктів господарювання та надана їх оцінка;
- визначено напрямки розвитку комерційних банків з угрупуванням суспільних потреб;
- запропоновано та обґрунтовано доцільність формулювання місії комерційних банків з відображенням їх ключової компетенції та підсиленням соціальної спрямованості.

Огляд і аналіз літературних джерел та виклад основного матеріалу дослідження

Максимізація прибутку та вартості капіталу СГ є сучасними критеріями оцінки ефективності їх діяльності або впровадження інвестиційного проекту чи будь-якого управлінського рішення і передбачають вибір оптимальної з альтернатив, які розглядаються, при наявності достатнього інформаційного забезпечення. Разом з тим показники прибутковості діяльності та розраховані на їх підставі показники ефективності використання капіталу не характеризують

ють соціальну спрямованість СГ, а, навпаки, вступають з ними у протиріччя як у зовнішньому середовищі (з інтересами клієнта), так і у внутрішньому, бо нерідко прибутковість СГ досягається зменшенням соціальних виплат трудовому колективу. Деякі автори [1, с. 65] пропонують вирішувати це протиріччя віднесенням соціальних витрат до виробничої собівартості продукції (послуг), але такий спосіб покриття соціальних витрат в остаточному висновку спровокує відповідне підвищення цін на продукцію (послуги), тобто тягар реалізації соціальних програм всередині СГ буде перекладений на споживача. Крім того, деякі суб'єкти господарювання з метою штучного підвищення іміджу, як свідчить зарубіжний досвід [3], намагаються викривляти інформацію, яка стосується їх соціальних програм, що надає асиметричності інформації, якою володіють різні учасники ринку.

Для забезпечення розвитку СГ і суспільства в цілому науковці [1] вважають, що необхідно удосконалювати усі види активів: природно-матеріальний, техніко-технологічний, людський, фінансовий, інформаційний і, безперечно, соціальний, під яким, зокрема, розуміють соціальний капітал.

Стосовно соціальних активів слід відзначити, що їх роль в країнах з ринковою економікою підсилилась наприкінці минулого століття в період зародження інституціональної теорії, яка ґрунтується на соціальних інститутах, що засновані на людській взаємодії. Інституціональна теорія визначає новий вид капіталу – інституціональний, тобто такий, що відображає продуктивні неформальні зв'язки СГ із зовнішнім середовищем. У дослідженнях [1, с. 6, 61; 3] обґрунтовано доцільність використання інституціонального капіталу як прояву соціального капіталу на мікрорівні, який створюється не СГ, а за рахунок розвитку всієї суспільно-економічної системи та попередніх поколінь, а також розроблені механізми його відображення в системі бухгалтерського обліку.

В Україні соціальна діяльність розвивається дуже повільно. Вчені вважають, що основними причинами цього є затяжний характер реформ, економічний спад, соціальна поляризація в суспільстві [4, с. 38], несприятливий інвестиційний клімат [1, с. 251], недосконалість і нестабільність законодавства [5]. Важливою, на нашу думку, причиною є також розбіжності поглядів самих науковців не тільки відносно вмісту цієї мало дослідженої наукової категорії, а й форми її надання та навіть назви, що показано у табл. 1.

Таблиця 1

**Дослідження сутності соціальної діяльності
та її складових**

Автори, джерело	Визначення і формулювання соціальної діяльності та її складових
Веблен Торстейн [6]	Соціальний капітал розглядається як взаємовідносини між СГ і середовищем, у якому вони функціонують
Данілка В. К., Травін В. В. [1 с. 61]	Соціальний капітал – це актив, здатністю якого є отримання вигоди у майбутньому та тим самим збільшення вартості економічного суб'єкта
Шевчук В. А. [7]	Соціальний компонент є цільовим орієнтиром, який направляє господарство в гуманістичне русло
Небава М. І. [4, с. 38]	Соціальна політика визначається як сукупність законодавчо та нормативно закріплених економічних, правових і соціальних гарантій, які надає суспільство своєму члену в разі безробіття, втрати або різкого зменшення доходів, хвороби, старості та ін.
Великий тлумачний словник [8]	Соціальна діяльність – це суспільна діяльність через уповноважені органи, яка цілеспрямована на забезпечення належного соціального, культурного та матеріального рівня життя членів суспільства та надання допомоги їх різним категоріям.
Чижевська Л. В. [1, с. 163]	Соціальна відповідальність фірм міститься у поступовому змінненні підходів їх поведінки у суспільстві в бік активізації своєї участі у поліпшенні якості життя його членів. У соціально-орієнтованій економіці фірми розглядаються не як створювачі прибутку, а як створювачі цінностей, які добровільно дотримуються високих етичних і професійних стандартів
Сімченко Н. О. [9, с. 65]	Соціальна відповідальність визначається як специфічна компетенція організації

Визначення соціального аспекту діяльності в формулюваннях, наведених в таблиці 1, є або загальним [1, 6, 7], або обмеженим окремими елементами [4, 8]. Разом з тим, різноманіття поглядів свідчить про складність проблеми та необхідність адаптивного управління, у першу

чергу, на базі накопиченого вітчизняного досвіду. По-друге, в умовах трансформаційного функціонування економіки створення та постійне удосконалення системи соціального захисту, який є важливим фактором збереження людського капіталу, вимагає виявлення і дослідження світового досвіду. А він свідчить, що у розвинених країнах проблема вирішується не тільки урядом, а і роботодавцями, і суспільними інститутами, до яких відносяться благодійні фонди, громадські організації, спонсори, в якості яких нерідко виступають КБ.

На тлі закордонного досвіду відомі українські вчені вже пропонують забезпечення соціального захисту та справедливості не тільки соціально-орієнтованим обліком, а й контролем [1] та забезпеченням прозорості звітної інформації [10] особливо в галузі соціальної та екологічної діяльності СГ. Так, кожному СГ пропонується мати свою внутрішню систему звітності про соціальний розвиток трудового колективу і соціальне забезпечення інтересів споживачів продукції та послуг, яку слід базувати на даних його бухгалтерського обліку. Вона є основою для статистичної звітності регіонів, галузей і національної економіки. Разом з тим, залишається ще ряд науковців, які вважають, що соціальна політика повинна базуватись на принципах адресності і безпосередньому наданні пільг та допомоги тільки з боку держави, а не СГ, та на диференційованому підході до різних груп населення [6]. З урахуванням останньої вимоги концепція реформування соціальної діяльності СГ повинна також передбачати диференціацію і розвиток спектру надання соціальних послуг за групами їх споживачів, а також удосконалення їх обліку і контролю на рівні СГ.

Успішно працюючі банки вже сьогодні приділяють належну увагу управлінню клієнтською базою [6, с. 239]; розробляють клієнтську політику, яка містить стратегічні і тактичні завдання із залучення успішних клієнтів; створюють бізнес-технології; кодекси прав клієнта; орієнтують свої зусилля на розвиток вітчизняного виробництва шляхом кредитування перспективних проектів, реалізація яких забезпечує додаткові робочі місця, підвищення ВВП країни, обсягів експорту та ін. На наш погляд, перевагою такого клієнтоорієнтованого підходу є забезпечення довіри клієнтів до банку та підвищення його стійкості. Збереженню вкладників і, як наслідок, – їх соціальному захисту також сприяє управління ризиками [11], які притаманні банківській діяльності, з урахуванням

факторів і усталених зворотних зв'язків з клієнтами. Але у часи нестабільної економічної ситуації відсутність чіткого окреслення соціальної спрямованості банківської діяльності з клієнтами зменшує стійкість і дієздатність КБ, як це підтверджує сучасна фінансово-економічна криза, яка загострила взаємовідносини КБ з клієнтами. Крім того, більшість КБ не забезпечили належний соціальний захист своїх працівників, а деякі з них навіть скоротили свої штати.

Деякі КБ свою соціальну діяльність проявляють наданням споживчого кредитування [6, с. 263], окремі види якого мають соціальну спрямованість: безвідсоткові кредити; кредити на лікування, відпочинок і навчання; кредити соціально слабкозахисним верствам населення: молодь, інваліди, пенсіонери за віком. Разом з тим, перелічені види кредитування мало розповсюджені серед КБ України через зловживання та асиметричність інформації, якою володіють кредитори, тобто КБ, і позичальники, якими є споживачі БПП.

Найбільш розвиненими в напрямку соціального захисту є країни Європейського співтовариства (ЄС), в яких відповідальність за соціальну безпеку громадян розподіляється між державами співтовариства, ринком, місцевими органами самоврядування та недержавними суспільними установами. Загальними цінностями Європейської соціальної моделі, дефініція якої прийнята в Барселоні у 2002 році [12, с. 59], є: соціальна солідарність, суспільний діалог і союз соціальної політики з економікою. На підставі цієї моделі у Данії створена і успішно функціонує соціальна модель гнучкої або еластичної безпеки (так звана «flexicurity» або стратегія постдерегуляції), яка поєднує: гнучкі умови договорів з працевлаштування; політику перемін на ринку праці та безперервне удосконалення умов соціального страхування працездатної верстви населення. На наш погляд, досвід стосунків між працівниками та роботодавцями, прийнятий в ЄС, доцільно і можливо адаптувати до взаємовідносин КБ з клієнтами в Україні, оскільки указані взаємовідносини мають багато спільного: причетність до соціуму; вони є елементами однієї системи; наявність протиріч, в наслідок чого їх характерною ознакою є асиметричність інформації, якою вони володіють; клієнти є найбільш незахищеною стороною на ринку БПП, як і робітники на ринку праці, та ін. Але також є і відмінності: різні роль і зміст, розбіжність мети, організаційні особливості, ресурсне забезпечення та ін.

Перелічені спільні риси надають можливість і підставу для аналогії. Тому модель гнучкої безпеки при використанні цього загальнонаукового методу та з урахуванням цілеспрямованості змістовних і організаційних особливостей банківської діяльності доречно розглядати в якості довгострокового інструментарію спрямованого на економічне зростання і соціальну безпеку трудового колективу та клієнтів КБ. Тісне їх співтовариство і економічна інтеграція відповідальності за соціальну сферу та строків моделі надає можливість розглядати її як стратегію, що, з одного боку, дозволяє поліпшити скоординованим і свідомим способом відносини між клієнтами і банком з урахуванням еластичності ринку БПП, а, з іншого, між безпечністю вкладів і доходів, позик і витрат. Запропонована стратегічна соціальна модель реалізується у тактичних планах діяльності банку, але започатковується у місії яка повинна враховувати соціальну спрямованість діяльності банку для сприяння солідарності та справедливості на базі досягнення стабільності, надійності та економічного зростання.

Визначення ж особливостей соціальної спрямованості можливе через розгляд і усвідомлення місій КБ, оскільки саме через місію вони відображають особливості свого зовнішнього середовища, надають суб'єктам цього середовища уяву про те, що являє собою банк, які блага він дає суспільству, і які переваги даного банку над іншими КБ та фінансовими установами, що пропонують аналогічні послуги. Обґрунтування місії КБ і забезпечення узгодженості сформульованих на її підставі цілей є не менш важливим при досягненні консолідації зусиль партнерських груп та гармонізації їх стосунків. До того ж КБ є системою масового обслуговування, тому його місія повинна давати психологічну установку і позитивно впливати не тільки на дійсних клієнтів КБ, а й на потенційних, та на суспільство в цілому. Усвідомлення місії позитивно впливає і на трудовий колектив КБ, бо зобов'язує його відповідати визначеним в місії стандартам взаємовідносин з клієнтами. Разом з тим дослідження офіційних сайтів провідних КБ України показав, що не всі з них формулюють свою місію та роблять її прозорою для розуміння усіма учасниками ринку, що певною мірою пов'язано з недостатнім усвідомленням топ-менеджерами цінності місії для залучення клієнтів та зі слабкою соціальною орієнтацією діяльності КБ.

Для забезпечення дієвості місії важливо розкрити в ній компетенції КБ, які в науковій

літературі поділяють на стандартні, специфічні та ключові. При їх визначенні вважаємо за можливе використання досвіду світових корпорацій, оскільки за формою їх компетенції, на наш погляд, характерні і для КБ, але їх вміст потребує уточнення з урахуванням особливостей банківської діяльності. Так, стандартна компетенція КБ полягає в його здатності надавати типові БПП, і тому вона є загальною для більшості КБ. Специфічні компетенції КБ представляють собою систему його цінностей та умов надання БПП, які забезпечують банку сучасні переваги і майбутнє лідерство в умовах невизначеності, притаманній ринковій економіці, або фінансово-економічної кризи. Специфічна компетенція є умовою інтеграції підтримки і розвитку партнерських взаємовідносин з учасниками ринку і, в першу чергу, з клієнтами КБ, і, як наслідок, забезпечення соціальної відповідальності банку перед ними та перед його трудовим колективом. Ключовими компетенціями є ті специфічні компетенції, яким притаманні властивості складності, унікальності, неповторності, незамінності і саме вони в конкретних умовах роблять КБ конкурентоспроможним. Ключові компетенції конкретного КБ забезпечують йому можливість надавати унікальні БПП і вирішувати завдання, які є нетиповими для більшості його конкурентів, завдяки чому він стає надійним і стійким, що значно підвищує його соціальну привабливість. Тому висвітлення в місії ключових компетенцій в соціальному напрямку є дієвим і вірним кроком уперед, оскільки шляхи підвищення ефективності діяльності та фінансової стійкості КБ, які сьогодні пропонуються науковцями [11, 12], соціальну складову або зовсім не розглядають, або формулюють з погляду її практичної корисності для підвищення «стратегічності» як підсумку конкурентних переваг КБ [13]. Ключові компетенції як система внутрішніх знань, оригінальних банківських технологій одночасно є складовими його комерційної таємниці та місії. Знання банківських технологій є недоступним для клієнтів КБ, що справедливо і для будь-якого іншого ринку з асиметричністю інформації, а досягнення місії КБ забезпечується здатністю його трудового колективу реалізувати ключові компетенції банку.

Аналіз місії деяких банків України на предмет охоплення зовнішнього середовища та її спрямованості наведений в табл. 2. Всі розглянуті місії КБ наголошують на важливості клієнта і його потреб та запевняють в найкращому їх задоволенні саме даним банком. Загальними їх недоліками є відсутність системного підходу

до формулювання місії, яке полягає в визначеності ознак класифікації, за якими виокремлюються групи клієнтів та види БПП.

Таблиця 2

Аналіз місій КБ, які функціонують в Україні

Місія банку	Елементи зовнішнього середовища	Сектор банківських послуг
1	2	3
БАТ «Ощадбанк»		
Відтворення ідеї тривалого заощадження коштів населення на принципах справедливої доходності та надзвичайної надійності і, завдяки копійчкій роботі, сприяння розвитку економіки України та забезпечення інтересів її громадян. Заради цього зберігається та відбудовується найширша філійна банківська мережа і ставиться мета забезпечити високоякісним сервісом індивідуальних та корпоративних клієнтів приватної та державної форм власності по всій Україні.	Населення, індивідуальні та корпоративні клієнти приватної та державної форм власності	Заощадження
Акціонерно-комерційний банк соціального розвитку «Укрсоцбанк»		
Місія базується на визначенні клієнта як центру уваги банку. З огляду на це, а також спираючись на корпоративні цінності, вибудовуються основні процеси його роботи: банк є універсальною фінансовою установою й обслуговує всіх клієнтів; банк використовує всі свої можливості для того, щоб як фінансовий посередник та консультант, який розуміє інтереси своїх клієнтів та має відповідні фінансові інструменти, допомагати їм вирішувати фінансові проблеми; банк прагне створити такі умови та канали продажу своїх продуктів, які б забезпечили клієнтам максимально можливий вибір часу, місця і способу отримання продукту чи послуги. Банк гарантує надійний захист банківської таємниці.	Всі клієнти	Універсальна фінансова установа

Таблиця 2 (закінчення)

1	2	3
ВАТ «КРЕДОБАНК»		
Найважливіша цінність КРЕДОБАНКу – клієнт. Банк буде сильну позицію на роздрібному ринку у сфері іпотечних кредитів, готівкових кредитів та кредитних карток, а також зміцнює позицію в галузі індивідуальних рахунків, пропонуючи безпечні та сучасні продукти, пристосовані до потреб клієнтів. Банк розвиває відносини з українськими фірмами, пропонуючи їм професійне обслуговування. Для польських фірм, що провадять діяльність в Україні, КРЕДОБАНК є найкращим партнером у бізнесі. КРЕДОБАНК забезпечує акціонерам ефективне управління капіталом та створює умови для кар'єрного розвитку працівників.	Всі клієнти, в тому числі: українські та польські фірми, акціонери, працівники банку	Роздрібний ринок у сфері іпотечних кредитів, готівкових кредитів та кредитних карток; індивідуальні рахунки; ефективне управління капіталом; кар'єрний розвиток

Пропоноване формулювання місії

Найважливіша цінність банку – клієнт. На підставі ключової компетенції банк буде сильну позицію на роздрібному ринку у сфері іпотечних і готівкових кредитів та кредитних карток, а також зміцнює позицію в галузі індивідуальних рахунків, пропонуючи безпечні та сучасні продукти, пристосовані до потреб клієнтів, з метою підвищення їх соціального захисту. Банк, пропонуючи професійне обслуговування, розвиває і консолідує відносини з українськими суб'єктами господарювання, завдяки специфічним компетенціям банк є найкращим партнером у бізнесі для закордонних фірм, які провадять діяльність в Україні. Банк забезпечує акціонерам ефективне управління капіталом та створює умови для кар'єрного і соціального розвитку працівників.	Всі клієнти, в тому числі: українські і закордонні фірми; фізичні особи; акціонери; працівники банку	Роздрібний ринок у сфері іпотечних кредитів, готівкових кредитів та кредитних карток; індивідуальні рахунки; ефективне управління капіталом; кар'єрний розвиток
--	--	---

Відсутність таких класифікацій не дозволяє деяким банкам відобразити усіх клієнтів, потреби яких вони готові задовольнити (ВАТ «Ощадбанк», ВАТ «КРЕДОБАНК»), а також не дає змогу висвітлити ті види БПП, які вони готові надати своїм клієнтам (ВАТ «КРЕДОБАНК»). Однак, навіть недостатньо якісні формулювання місій ВАТ «Ощадбанк» і ВАТ «КРЕДОБАНК» є більш вдалим і дієвим, ніж загальні формулювання, які представлені в місії Акціонерно-комерційного банку соціального розвитку «Укрсоцбанк», оскільки її усвідомлення не надає жодному клієнту відчуття унікальності й потреби. Слід відзначити місію ВАТ «КРЕДОБАНК» як таку, в якій доречно виділені такі групи зовнішнього середовища: клієнти, акціонери і працівники. Це те, що гарантує надання соціальних благ не тільки клієнтам банку, а й його акціонерам, які мають свої очікування по відношенню до банку, і працівникам КБ, які також мають свої соціальні потреби.

Формулювання місії ВАТ «КРЕДОБАНК», з нашого погляду, є найбільш вдалим, і тому воно покладене в основу пропонованого формулювання місії для КБ з урахуванням його ключових компетенцій.

Висновок

Соціальні пріоритети діяльності суб'єктів господарювання особливо ретельно повинні реалізовуватись в періоди фінансово-економічних криз і радикальних перетворень для запобігання таких негативних явищ, як відтік мозків і зубожіння населення в макроекономічному аспекті, а також задля забезпечення соціального захисту клієнтів і трудового колективу в мікроекономічному.

У зв'язку з цим важливим є усвідомлення сутності соціальної діяльності суб'єктів господарювання. Задля сприяння цьому надані її визначення і оцінка на сучасному етапі розвитку суспільства і СГ. Зокрема, для комерційних банків розглянуті основні напрямки розвитку їх соціальної діяльності. Оскільки суб'єкти господарювання свою соціальну спрямованість декларують суспільству через місію, то обґрунтована важливість наявності її формулювання для комерційних банків, діяльність, яких неможлива без позитивної оцінки суспільства. Крім того, наголошується на доцільності відображення в ній ключової компетенції конкретного КБ та його соціальної спрямованості задля підвищення конкурентноздатності і привабливості для наявних і потенційних клієнтів.

Постановку майбутніх соціальних цілей також необхідно починати з формулювання та усвідомлення місії КБ, яка відображається в стратегічних і тактичних планах за наявності достатнього економічного потенціалу. **Напрямок подальших досліджень** є змістовне визначення економічного потенціалу КБ та удосконалення методів його оцінки.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Наукові бухгалтерські школи світу: еволюція, сучасний стан, перспективи розвитку [Текст] // Тези VII Міжн. наук. конф. – Ч. 2. – Житомир: ЖДТУ, 2008. – 484 с.
2. Шпанковська, Н. Г. Принципи економічного аналізу у контексті загальних вимог до промислових підприємств [Текст] / Н. Г. Шпанковська, Н. П. Потрус, Г. М. Болдир // Економіка: проблеми теорії і практики. Зб. наук. пр. – Вип. 250, Т. II. – Д.: ДНУ, 2009. – С. 379-386.
3. Предвидение будущего: Беседы с финансовыми стратегами [Текст] : [пер. с англ.] / под ред. Л. Келенира, Д. Свогермана, В. Ферхуга. – М.: Инфра-М, 2003. – 229 с.
4. [Текст] // Прометей. Регіональний зб. наук. пр. з економіки. – ІЕПД НАНУ І ДЕГІ, 2009. – № 1. – 331 с.
5. Національна економіка [Текст] / за ред. В. М. Тарасевича. – К.: ЦУЛ, 2009. – 280 с.
6. Веблен Торстейн. Теория делового предприятия [Текст] : [пер. с англ.] / Торстейн Веблен. – М.: Дело, 2007. – 288 с.
7. Шевчук, В. А. Физическая экономия: мировоззренческий феномен и философия хозяйствования [Текст] / В. А. Шевчук // Философия экономики. – К.: 2002. – С. 76-107.
8. Великий тлумачний словник сучасної української мови [Текст] / за ред. В. Т. Бусел. – Ірпінь: ВТ Ф «Перун», 2004. – 1440 с.
9. Бутинець, Ф. Ф. Альфа і омега бухгалтерського обліку або моя болісна несповідь [Текст] : монографія / Ф. Ф. Бутинець. – Житомир: Рута, 2007. – 328 с.
10. Пушкар, М. С. Креативний облік (створення інформації для менеджерів [Текст] : монографія / М. С. Пушкар. – Тернопіль: Карт-бланш, 2006. – 334с.
11. [Текст] // Формування ринкової економіки в Україні. Наук. зб. ЛНУ. – Спецвип. 15 (ч. 2) Обліково-аналітичні системи суб'єктів господарської діяльності в Україні. – Львів: ЛНУ, 2005. – 771 с.
12. [Текст] // Соціально-економічні проблеми регіонального розвитку. Зб. наук. пр. ЗПІЕУ. – Д.: ІМА-прес, 2008. – 439 с.
13. Череп, А. В. Комплексна методика збільшення конкурентних переваг комерційного банку [Текст] / А. В. Череп, Н. В. Данилюк // Економіка: проблеми теорії і практики. Зб. наук. пр. – Вип. 250, Т. II. – Д.: ДНУ, 2009. – С. 321-327.

Надійшла до редколегії 09.02.2010.

Прийнята до друку 25.02.2010.

Наукове видання

В І С Н И К

Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Випуск 35

(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. 34,88. Тираж 100 пр. Зам. № 2364.

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

Адреса редакції, видавця та ділянки оперативної поліграфії:

вул. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ-10, 49010, Україна

Тел.: +38 (0562) 33-58-96, факс: +38 (0562) 33-58-97

<http://www.diitrvv.dp.ua>

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1315 від 31.03.2003.