

06
254

ISSN 1993-9175

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ



ВІСНИК

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

Випуск 26

**Дніпропетровськ
2009**

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

Випуск 26

Дніпропетровськ
2009

Редакційна колегія:

Головний редактор д-р техн. наук *Пишінко О. М.*
Заступник головного редактора д-р техн. наук *Мямлін С. В.*
Члени редколегії: д-р біолог. наук *Дворецький А. С.*;
д-ри техн. наук *Блохін Є. П., Бобровський В. І., Боднар Б. Є., Босов А. А.,*
Браташ В. О., Вакуленко І. О., Гетьман Г. К., Дубинець Л. В.,
Жуковицький І. В., Заблудовський В. О., Загарій Г. І., Казакевич М. І.,
Колесов С. М., Коротенко М. Л., Костін М. О., Курган М. Б.,
Петренко В. Д., Пунагін В. М., Радкевич А. В., Разгонов А. П., Рибкін В. В.,
Скалозуб В. В., Хандецький В. С., Шафіт Є. М.;
д-ри фіз.-мат. наук *Гаврилюк В. І., Кравець В. В.*;
д-ри хім. наук *Біляєв М. М., Нейковський С. І., Федін О. В.*;
д-ри екон. наук *Бараш Ю. С., Каламбет С. В., Копитко В. І.,*
Крамаренко В. Д., Покотілов А. А.
Відповідальний секретар канд. техн. наук *Корженевич І. П.*

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації КВ № 7704.
Видане Державним комітетом телебачення і радіомовлення України 08.08.2003 р.

Друкується за рішенням вченої ради Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна від 30.03.2009, протокол № 8

Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка
В53 В. Лазаряна. – Вип. 26. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна,
2009. – 244 с.

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.

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.

ББК 39.2

ЗМІСТ

ГАЛУЗЬ ТЕХНІЧНИХ НАУК

РОЗДІЛ «РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ»

В. В. АРТЕМЧУК, Н. А. МУХІНА, М. А. ГРІЧАНИЙ (ДІІТ) СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЗНОСУ ЕЛЕМЕНТІВ АВТОЗЧЕПНИХ ПРИСТРОЇВ	7
В. М. БУБНОВ (ООО «ГСКБВ», Мариуполь), С. В. МЯМЛИН (ДИИТ), Н. Л. ГУРЖИ (ООО «ГСКБВ», Мариуполь) СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ КОНТЕЙНЕРОВ	11
А. Я. КУЛІЧЕНКО (Львівська філія ДІІТу) ОСНОВИ РОЗРОБКИ ОПТИМАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ РЕМОНТУ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГОНІВ	15
Н. А. РАДЧЕНКО, Т. Л. ГУБА (Институт транспортных систем и технологий НАН Украины «Трансмаг», Днепропетровск), О. В. ЗВОНАРЕВА (ДИИТ), В. В. МАЛЫЙ (Институт технической механики НАН Украины и НКА Украины, Днепропетровск) К ВЫБОРУ РАЦИОНАЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ	18

РОЗДІЛ «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ»

Г. І. МУЗИКІНА, О. О. МАЗУРЕНКО, Т. В. БОЛВАНОВСЬКА (ДІІТ) ВИЗНАЧЕННЯ ЗАХОДІВ, НЕОБХІДНИХ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОВІЗНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ	23
В. В. МЯМЛИН (ДИИТ) АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННОГО ГИБКОГО ПОТОКА РЕМОНТА ВАГОНОВ И МЕТОДЫ ИХ РАСЧЕТА	28

РОЗДІЛ «ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ»

А. М. АФАНАСОВ (ДИИТ) ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЗАИМНОЙ НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА	34
М. П. БАДЕР, В. П. СЕМЕНЧУК (МИИТ, Москва, Российская Федерация), В. Г. СЫЧЕНКО (ДИИТ) ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСТРОЙСТВ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА СМЕЖНЫЕ УСТРОЙСТВА	39
Н. Г. ВИСИН, Б. Т. ВЛАСЕНКО, А. И. КИЙКО, В. В. КОВАЛЁВ (ДИИТ) МОДЕРНИЗАЦИЯ СИЛОВОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОВОЗА ДЭ1	43
Л. В. ДУБИНЕЦЬ, А. В. ШАПОВАЛОВ (ДІІТ) ВПЛИВ ВІДХИЛЕНЬ ПАРАМЕТРІВ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ НА ЯКІСТЬ КОМУТАЦІЇ ПІД ЧАС ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ З УРАХУВАННЯМ ОСЛАБЛЕНОГО ПОЛЯ	51
В. Г. КУЗНЕЦОВ (ДІІТ) ПРО КОЕФФИЦИЕНТ ЗАВАНТАЖЕННЯ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ ЗАЛІЗНИЦЬ	56
О. О. МАРЕНИЧ (ДІІТ) ВПЛИВ ВІДХИЛЕНЬ ПАРАМЕТРІВ ПРИВОДА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ КОНТАКТОРІВ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ ВІД ЇХ НОМІНАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ НА НАДІЙНІСТЬ РОБОТИ КОНТАКТОРІВ	60
О. О. МАТУСЕВИЧ (ДІІТ) МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ ЕКСПЕРТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	63

Ф. П. ШКРАБЕЦ (Национальный горный университет Украины, Днепропетровск), А. И. КОВАЛЕВ (ОАО «Южный ГОК», Кривой Рог)	
ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ НЕЙТРАЛИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ.....	67

РОЗДІЛ «ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ»

И. П. КОРЖЕНЕВИЧ (ДИИТ)	
ВЛИЯНИЕ ПЛАНА ПУТИ НА СКОРОСТЬ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ.....	71
М. Б. КУРГАН, Т. А. СЕНЧЕНКО, К. В. МОЙСЕШКО (ДІТ)	
ПОЛОЖЕННЯ СУМІЖНИХ СТРИЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ У ПЛАНІ Й ПОЗДОВЖНЬОМУ ПРОФІЛІ	75

РОЗДІЛ «ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ»

Н. Н. БЕЛЯЕВ (ДИИТ)	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАССЕЙВАНИЯ ТОКСИЧНОГО ГАЗА В УСЛОВИЯХ ЗАСТРОЙКИ.....	83
А. Н. ПШИНЬКО, Н. Н. БЕЛЯЕВ, П. Б. МАШИХИНА (ДИИТ)	
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА В АТМОСФЕРЕ С УЧЕТОМ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ НА БАЗЕ МОДЕЛИ ОТРЫВНЫХ ВИХРЕВЫХ ТЕЧЕНИЙ ИДЕАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ	86
А. Н. ПШИНЬКО, Н. Н. БЕЛЯЕВ, Л. В. ПОКУТНЕВА (ДИИТ)	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГАЗОВАННОСТИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ ТОКСИЧНЫМ ГАЗОМ	90

РОЗДІЛ «ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО»

Т. И. АФАНАСЬЕВА (ДИИТ)	
ШПАКЛЕВКА ДЛЯ ВНУТРЕННИХ РАБОТ	95
И. К. БАДАЛАХА (ДИИТ)	
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ УПРУГОГО ПОЛУПРОСТРАНСТВА ОТ ПОГОННОЙ ЛИНЕЙНОЙ НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НА ОГРАНИЧЕННОМ И НЕОГРАНИЧЕННОМ ПРОТЯЖЕНИИ ЕГО ПОВЕРХНОСТИ.....	98
Д. О. БАННИКОВ (ДІТ)	
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНОЇ ПОВЕДІНКИ СИПУЧОГО СЕРЕДОВИЩА В ЄМНІСНІЙ КОНСТРУКЦІЇ.....	103
В. И. БОЛЬШАКОВ, Ю. Л. САВИН, А. П. ПРИХОДЬКО, Л. С. САВИН, Е. Ю. САВИН, Д. В. КОНОНОВ, Е. Б. ЗОЛОЧИНА (ПГАСА, Днепропетровск), Б. Г. КЛОЧКО (ДИИТ)	
СТЕКЛООБРАЗОВАНИЕ В СИЛИКАТНЫХ СИСТЕМАХ И НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА СТЕКОЛ С ЗАМЕНОЙ АНИОНА КИСЛОРОДА НА ГАЛОИДНЫЕ ИОНЫ.....	112
В. В. ПУНАГИН (ДИИТ)	
ИЗМЕНЕНИЕ ДЕФОРМАТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНА ВЫСОТНЫХ МОНОЛИТНЫХ ЗДАНИЙ	123
А. Н. ПШИНЬКО, А. В. КРАСНЮК, В. Н. ГРЕБЕННИКОВ, А. С. ЩЕРБАК (ДИИТ)	
ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО НЕОРГАНИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ АЛЮМОСИЛИКАТНОГО СЫРЬЯ	127
А. Н. ПШИНЬКО, В. В. ПАЛИЙ, А. В. КРАСНЮК (ДИИТ)	
ПОЛИМЕРНО-ЦЕМЕНТНЫЕ РАСТВОРЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕМОНТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	130
А. В. РАДКЕВИЧ, С. О. ЯКОВЛЄВ, О. І. ШАПТАЛА (ДІТ)	
ДОСЛІДЖЕННЯ НЕОБХІДНОСТІ СТВОРЕННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО РЕАГУВАННЯ НА АВАРІЙНІ СИТУАЦІЇ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ	134
Д. В. РУДЕНКО (ДІТ)	
ВІДНОВЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЙ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД.....	137
О. Л. ТЮТЬКІН (ДІТ)	
ОСНОВИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПІДХОДУ ДО АНАЛІЗУ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СИСТЕМИ «КРІПЛЕННЯ – МАСИВ»	141

В. Н. ШАСТУН, А. И. БЕГУН, В. В. КОВАЛЕНКО (ДДАУ, Днепропетровск) ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ АДГЕЗИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ.....	147
--	-----

РОЗДІЛ «АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ»

В. С. НАУМОВ (Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет) АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ В ГОРОДАХ УКРАИНЫ.....	150
Р. В. РИБАЛКА (ДІПТ) УЗАГАЛЬНЕННЯ МЕТОДУ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЛІНІЙНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ СТУПЕНЕВОГО СИГНАЛУ.....	154
О. О. СТЕПАНЕНКО (ДІПТ) АНАЛІЗ УМОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ.....	160

РОЗДІЛ «МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»

І. О. ВАКУЛЕНКО (ДІПТ) АНАЛІЗ ДІАГРАМ ЦИКЛІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ МЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ.....	163
І. О. ВАКУЛЕНКО, М. А. ГРИЩЕНКО (ДІПТ), О. М. ПЕРКОВ (ІЧМ НАНУ) ПЕРСПЕКТИВИ ВИРІШЕННЯ ПИТАНЬ З ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІС І БАНДАЖІВ.....	166
Т. М. МЕЩЕРЯКОВА (Львівська філія ДІПТу), М. О. КУЗІН (Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАНУ) ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОСТРУКТУРИ ПІДШИПНИКОВИХ СПЛАВІВ У ЗОНІ ТЕРТЬОВОГО КОНТАКТУ.....	169

ГАЛУЗЬ ЕКОНОМІЧНИХ НАУК

РОЗДІЛ «ЕКОНОМІКА ТРАНСПОРТУ»

А. С. БЛОХИНА (ДІИТ) МЕТОД ОЦЕНКИ ПРОФИЛЕЙ КОЛЕС ПОДВИЖНОГО СОСТАВА.....	176
В. В. БОБИЛЬ (ДІПТ) ТРАНСФОРМАЦІЯ КОРПОРАТИВНИХ СТРУКТУР В УМОВАХ СТАНОВЛЕННЯ СУЧАСНОГО РИНКОВОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ.....	182
А. В. ГРЕЧКО (НТУУ «КПІ», Київ) ТРАНСФОРМАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ.....	187
С. В. КАЛАМБЕТ, І. В. НЕПІЙВОДА (ДІПТ) ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ПРИБУТКОВОСТІ КОМЕРЦІЙНОГО БАНКУ.....	194
С. В. КАЛАМБЕТ, Л. В. СУХІЧЕНКО-ЛЯЛЬКА (ДІПТ) ПОКРАЩЕННЯ СПІЛЬНОГО ЕКОНОМІЧНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ БАНКІВСЬКОЇ СИСТЕМИ І РИНКУ СТРАХОВИХ ПОСЛУГ.....	199
В. І. КОПИТКО (Львівська філія ДІПТу) МАРКЕТИНГОВО-ЛОГІСТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗВИТКУ ІНФРАСТРУКТУРИ РИНКУ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ.....	204
О. Р. МАРУТЯК, А. В. ШУЛЬГА (ДІПТ) ПРОБЛЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИТРАТ У СУЧАСНИХ РИНКОВИХ УМОВАХ.....	209
М. І. МІЩЕНКО (ДІПТ) ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ЗАРУБІЖНИХ КРАЇН.....	214
В. В. МЯМЛИН (ДІИТ) ТЕОРИЯ БЕСПРИБЫЛЬНОЙ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭКОНОМИКИ КАК ОСНОВА НОВОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО МИРОВОЗЗРЕНИЯ.....	222

І. І. ФУКАНЧИК, А. М. ЯКИМОВА (ДІТ) ОПТИМІЗАЦІЯ АКТИВНИХ ОПЕРАЦІЙ БАНКУ	231
В. В. ШЕВЧЕНКО (Міністерство транспорту та зв'язку України), О. М. ПШІНЬКО, С. В. МЯМЛІН, Д. М. КОЗАЧЕНКО (ДІТ) СИСТЕМНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ПІДХІД ДО БЕЗПЕКИ РУХУ ПОЇЗДІВ	236
А. М. ЯКИМОВА, І. В. НЕПІЙВОДА (ДІТ) ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ПРИБУТКОВОСТІ КОМЕРЦІЙНОГО БАНКУ	239

СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЗНОСУ ЕЛЕМЕНТІВ АВТОЗЧЕПНИХ ПРИСТРОЇВ

У статті викладено результати статистичних досліджень зношення хвостовиків корпусів автозчепів та упорних плит електровозів. За рахунок підвищеного зносу вказані елементи потребують особливої уваги.

В статье представлены результаты статистических исследований износа хвостовиков корпусов автосцепок и упорных плит электровозов. Из-за повышенного износа указанные элементы требуют особого внимания.

The results of statistical research of wear of automatic coupler body butts and thrust plates of electric locomotives are presented in the article. Due to the increased wear the mentioned elements require special attention.

Аналіз статистичних досліджень зносу хвостовиків та упорних плит автозчепних пристроїв дозволить вирішити такі задачі:

1) можливість своєчасного виключення із експлуатації автозчепів для запобігання причин, що можуть привести до аварій;

2) спрогнозувати середній знос хвостовиків та упорних плит в залежності від пробігу та визначити приблизну кількість автозчепних пристроїв, які потребують відновлення;

3) підвищити економічні показники ремонту локомотивів. Одним із чинників, що значно знижує економічні показники, є неплановий ремонт. Істотно впливає на погіршення технічного стану локомотивного парку недостатня якість ремонту і технічного обслуговування в локомотивних депо і капітальних ремонтів на локомотиворемонтних заводах; брак кадрів фахівців-ремонтників; відсутність сучасної бази ремонту і технічного обслуговування локомотивів і вагонів, технологічного оснащення; відсутність в необхідних кількостях технологічного запасу устаткування локомотивів, запасних частин і матеріалів; слабкий контроль над якістю поточних ремонтів і поточного обслуговування; невчасна постановка локомотивів на поточний ремонт ПР-1 і технічне обслуговування ТО-3;

4) розробити більш досконалу технологію відновлення деталей, яка буде до того ж ресурсозберігаючою.

В процесі експлуатації автозчепний пристрій безперервно піддається ударним навантаженням.

Основними відмовами автозчепного пристрою є [1]:

- порушення висоти автозчеплення від головки рейки;
- вигин хвостовика автозчеплення, деталей механізму;
- тріщини в корпусі автозчеплення: у кутках ударної стінки і в з'єднанні зіву з бічною стін-

кою, по кутах вікон для замку і замкотримача, у хвостовику;

– знос робочих поверхонь корпусу, ударної плити і тягового хомута;

– знос робочих поверхонь деталей механізму.

Ділянки корпусу автозчеплення (рис. 1), як показали контрольні вимірювання, мають різний за величиною знос. Очевидно, це зв'язано, перш за все, з різними чинниками, що впливають на корпус автозчеплення, наприклад, питомими навантаженнями, наявністю абразиву в контактуючих тілах, температурою та ін.

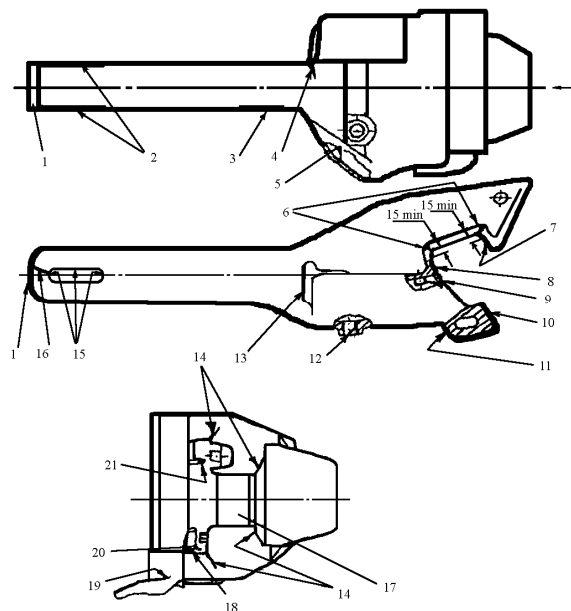


Рис. 1. Корпус автозчеплення

В результаті вимірювань елементів автозчепного пристрою локомотивів і вагонів можна зробити висновок, що найбільше зношуються торцева частина хвостовика корпусу автозчеплення 1 (див. рис. 1) і упорна плита (рис. 2).

- математичне очікування $m_x = \frac{a}{b}$;
- модальне значення випадкової величини $m_0 = \frac{a-1}{b} \quad (a \geq 1)$;
- дисперсія $D_x = \frac{a}{b^2}$;
- стандартне відхилення $\sigma_x = \sqrt{D_x} = \frac{\sqrt{a}}{b}$;
- асиметрія $\beta_1 = \frac{2}{\sqrt{a}}$;
- ексцес $\beta_2 = \frac{6}{a}$.

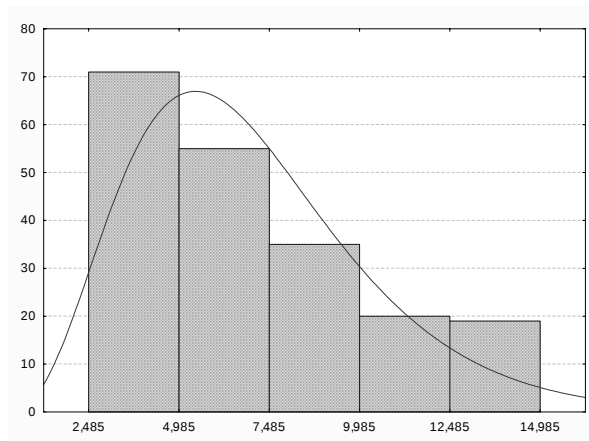


Рис. 5. Гістограма зносу хвостовика автозчепу ЧС4, ЧС8

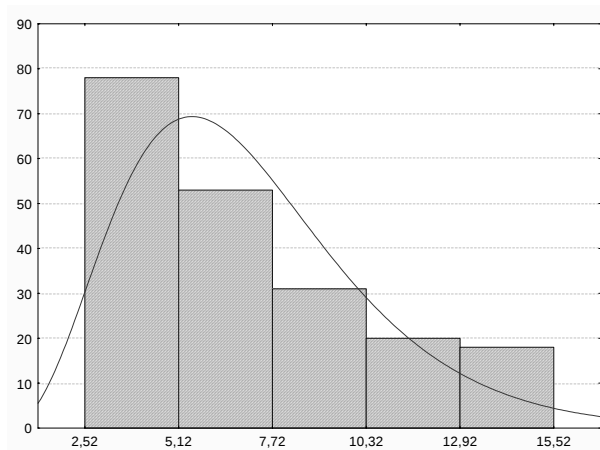


Рис. 7. Гістограма зносу хвостовика ВЛ8

Наведені емпіричні розподіли даних із відповідними теоретичними кривими, засвідчують про узгодженість обраних розподілень дослідних значенням.

Оцінку параметрів гама-розподілу проводили за допомогою пакету «STATISTICA».

Отже параметри гама-розподілу ймовірностей для хвостовиків та упорних плит визначені у табл. 1.

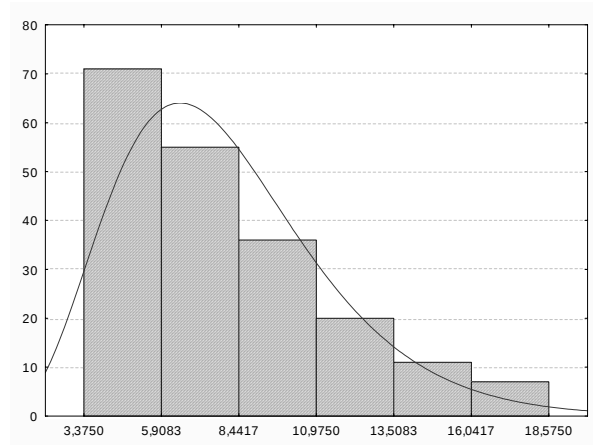


Рис. 6. Гістограма зносу упорної плити ЧС4, ЧС8

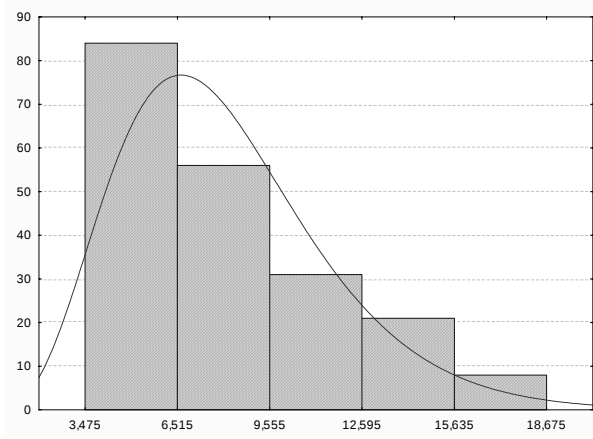


Рис. 8. Гістограма зносу упорної плити ВЛ8

Таблиця 1

Назва елементу	Параметри розподілу
Хвостовик автозчепу ЧС2 - ЧС7	$a = 4,34$ $b = 0,58$
Упорна плита ЧС2 - ЧС7	$a = 3,81$ $b = 0,49$
Хвостовик автозчепу ЧС4 - ЧС8	$a = 4,46$ $b = 0,64$
Упорна плита ЧС4 - ЧС8	$a = 4,28$ $b = 0,61$
Хвостовик автозчепу ВЛ8	$a = 4,86$ $b = 0,61$
Упорна плита ВЛ8	$a = 4,78$ $b = 0,59$

Числові характеристики розподілу досліджуваних елементів рухомого складу наведено в табл. 2.

Таким чином, аналізуючи ступінь зносу хвостовика автозчепу та упорної плити вище-

визначених серій локомотивів, можна зробити наступні висновки:

- середній знос хвостовика автозчепу дорівнює 7,47 мм, при цьому найменшим значенням (6,97 мм) характеризуються локомотиви серії ЧС4 – ЧС8, а найбільшим (7,96 мм) – відповідно локомотиви ВЛ8;

- щодо зносу упорної плити, середній знос сягає рівня 7,63 мм, при цьому найменший знос (7,02 мм) відповідає локомотивам серії ЧС4 – ЧС8, а найбільший (8,1 мм) – ВЛ8. Отже кращі показники мають місце для локомотивів серії ЧС4 – ЧС8, а гірші – для ВЛ8. Також зауважимо, що ступінь зносу упорної плити перевищує знос хвостовика автозчепу для усіх досліджуваних об'єктів.

Таблиця 2

Назва елементів	Середній знос	Стандартне відхилення
Хвостовик автозчепу ЧС2–ЧС7	7,48	3,6
Упорна плита ЧС2–ЧС7	7,79	3,98
Хвостовик автозчепу ЧС4–ЧС8	6,97	3,3
Упорна плита ЧС4–ЧС8	7,02	3,4
Хвостовик автозчепу ВЛ8	7,96	3,6
Упорна плита ВЛ8	8,1	3,7

Отже, в результаті статистичного аналізу приходимо до висновку, що знос на деяких ділянках автозчепного пристрою (ударна частина хвостовика) і ударної плити вельми великий. Технології відновлення, що застосовуються, не забезпечують високого ресурсу вказаних деталей, отже, вивчення проблеми зношування і відновлення ударно-тягових пристроїв є актуальним і вимагає глибокого вивчення.

БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Інструкція по ремонту і обслуговуванню автозчепного пристрою рухомого складу залізниць України ЦВ-ЦЛ-Цт-0014 [Текст]. – К., 2006.
2. Рыжов, Э. В. Математические методы в технологических исследованиях [Текст] / Э. В. Рыжов, О. А. Горленко. – К.: Наук. думка, 1990. – 184 с.
3. Солонин, И. С. Математическая статистика в технологии машиностроения [Текст] / И. С. Солонин. – М.: Машиностроение, 1972. – 213 с.

Надійшла до редколегії 25.03.2009.

В. М. БУБНОВ (ООО «ГСКБВ», Мариуполь), С. В. МЯМЛИН (ДИИТ), Н. Л. ГУРЖИ (ООО «ГСКБВ», Мариуполь)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ КОНТЕЙНЕРОВ

У зв'язку з розвитком контейнерних перевезень різко зріс попит на спеціалізований рухомий склад, найкращим чином пристосований для перевезення контейнерів. Стаття присвячена огляду вагонів-платформ для перевезення контейнерів, пропонує вітчизняними виробниками. Приведена порівняльна характеристика 80-футових вагонів-платформ. Також розглянуті зчленовані платформи, широко використовувані в Північній Америці і Західній Європі, а також їх аналоги, розроблені підприємствами України і Росії.

В связи с развитием контейнерных перевозок резко возрос спрос на специализированный подвижной состав, наилучшим образом приспособленный для перевозки контейнеров. Статья посвящена обзору вагонов-платформ для перевозки контейнеров, предлагаемых отечественными производителями. Приведена сравнительная характеристика 80-футовых вагонов-платформ. Также рассмотрены сочлененные платформы, широко используемые в Северной Америке и Западной Европе, а также их аналоги, разработанные предприятиями Украины и России.

In relation to development of container transportations the demand on the specialized rolling stock best adjusted for transportation of containers is sharply increased. The article is devoted to the review of flat cars for transportation of containers offered by domestic producers. A comparative description of 80-foot flat cars is presented. The joined flat cars widely used in North America and Western Europe, as well as their analogues developed by the enterprises of Ukraine and Russia, are also considered.

В настоящее время контейнерные перевозки являются одним из наиболее динамично развивающихся направлений транспортного процесса. Среднегодовой рост объема мировых контейнерных перевозок составляет около 3 %. До последнего времени перевозки контейнеров по железным дорогам стран СНГ осуществлялись как специализированным подвижным составом, так и в полувагонах, и на универсальных платформах, предназначенных для перевозки не только контейнеров, но и колесной техники, а также штучных грузов. Это, с одной стороны, позволяло обеспечивать имеющиеся объемы перевозок существующим эксплуатационным парком грузовых вагонов, но, с другой стороны, ограничивает грузоотправителей из-за конструктивных особенностей грузовых вагонов, приспособленных, а не специализированных для перевозок контейнеров. С увеличением объема контейнерных перевозок возникла необходимость в пополнении вагонного парка именно специализированными платформами-контейнеровозами, т.к. их конструкция оптимально приспособлена для данного вида продукции [1].

Вагоностроительные заводы России и Украины предлагают потребителю весьма широкий выбор моделей вагонов-платформ. Так, ОАО «Днепроввагонмаш» разработал платформу модели 13-4117 длиной 19,72 м, предназначенную для транспортировки трех 20-футовых

либо двух 30-футовых, либо одного 40-футового контейнера. Особенностью модели является пониженная до 20 т масса тары при грузоподъемности 72 т [2].

ОАО «Брянский машиностроительный завод» выпустил платформу модели 13-3103-01 [3], способную перевозить два 20-футовых или один 40-футовый контейнер. Грузоподъемность платформы 48 т, масса тары 19 т, длина 13,62 м.

ОАО «Трансмаш» выпустил платформы модели 13-9744-01 (рис. 1) для перевозки двух 20-футовых или одного 40-футового контейнера. Грузоподъемность платформы 70 т, масса тары 22 т, длина 14,62 м [4].



Рис. 1. Вагон-платформа модели 13-9744-01

ОАО «Рузхиммаш» разработал платформы моделей 13-5001 и 13-1223 (рис. 2). Первая предназначена для перевозки одного 40-футового или двух 20-футовых контейнеров и имеет грузоподъемность 64 т, массу тары 22 т, длина платформы 14,62 м. Вторая способна пе-

ревозить один 40-футовый или два 30-футовых контейнера, или три 20-футовых контейнера. Грузоподъемность платформы 72 т, тара 22 т, длина 19,62 м, габарит 02-ВМ [5].



Рис. 2. Вагон-платформа модели 13-1223

Аналогом платформы модели 13-1223 является платформа производства ОАО «Алтайвагон» модели 13-2116. Платформа обладает такими же возможностями по перевозке контейнеров, отличием является то, что модель выполнена в габарите 0-ВМ. Наибольшим спросом на сегодняшний день пользуются 80-футовые вагоны-платформы, обладающие максимальной грузоподъемностью и грузоподъемностью [6].

Новый вагон-платформа модель 13-7024, предназначенный для перевозки двух 40-футовых или четырех 20-футовых универсальных крупнотоннажных контейнеров, разработал ОАО «КВСЗ». Данная конструкция изготовлена с использованием в основных элементах несущей конструкции вагона стали с повышенным классом прочности. За счет чего вагоностроителям удалось добиться повышенной грузоподъемности. Кроме высокой грузоподъемности, вагон-платформа 13-7024 имеет еще одно важное преимущество, благодаря нестандартной конструкции вагона, – это удобство проверки правильности положения фитинговых упоров, что затруднительно выполнить на подобных длиннобазовых платформах [7].

В таблице приведена сравнительная характеристика 80-футовых платформ основных производителей.

Несмотря на достаточно широкий выбор платформ для перевозки крупнотоннажных контейнеров, конструкции всех предлагаемых вагонов, как правило, строятся на традиционных типовых решениях. Это привело к тому, что существующий парк контейнерных платформ не отличается особым разнообразием и имеет ограниченные технические возможности.

Таблица 1

**Вагоны-платформы (80-футовые)
ведущих производителей**

Показатель	Украина		Россия				
	ОАО «КВСЗ»	ОАО «Азовмаш»	ОАО «Трансмаш»	ОАО «БМЗ»	ОАО «Ружиммаш»	ОАО «Алтайвагонзавод»	ОАО «ЗМК»
Модель	13-7024	13-1796	13-9751	13-3115-01	13-1281-01	13-2118	23-469-07
Грузоподъемность, т	71,2	70	69	67	70	69	69
Масса тары, т	22,3	23,5	25	26	24	25	25
Длина по осям сцепления автосцепок, м	25,62	25,69	25,62	25,86	25,72	26,22	25,22
Габарит по ГОСТ 9838-83	03-ВМ	1-Т	1-ВМ	0-ВМ	02-ВМ	1-Т	1-Т
Осевая нагрузка, кН/тс	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5
Коэффициент тары	0,320	0,336	0,363	0,391	0,362	0,362	0,362

Так, например, общим недостатком всех приведенных моделей 80-футовых платформ-контейнеровозов является невозможность перевозить одновременно четыре 20-футовых контейнера, загруженных до максимальной массы брутто 24 т. Это ограничение обусловлено максимально допустимой нагрузкой от колесной пары на рельс 23,5 т. Как видно из таблицы, для обладающей максимальной грузоподъемностью платформы ОАО «КВСЗ» суммарная недогруженность четырех 20-футовых контейнеров составит 24,8 т. Решить эту проблему, совершенствуя конструкцию и применяя высокопрочные материалы, снижая тем самым массу тары платформ, невозможно, т.к. величина недогруженности контейнеров превышает массу тары платформ. Увеличенная до 25 т максимально допустимая нагрузка от оси на рельс так же не позволит полностью использовать возможности контейнеров. При сохране-

нии массы тары платформы на уровне 22,3 т недогруженность контейнеров составит 18,3 т. Решением проблемы может стать увеличение числа осей.

В Северной Америке и Западной Европе успешно эксплуатируются сочлененные вагоны-платформы. При использовании 6-осных сочлененных платформ достигается существенное повышение грузоподъемности, что обеспечивает возможность одновременной транспортировки четырех и более 20-футовых контейнеров при их максимальной загрузке. Например, польские вагоностроители предлагают сочлененную платформу-контейнеровоз модели 626Z (рис. 3).

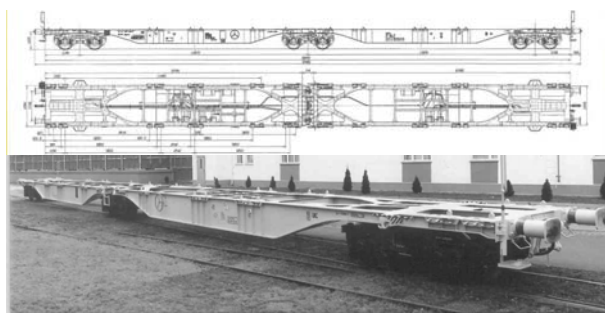


Рис. 3. Сочлененная вагон-платформа модели 626Z

Технические характеристики: грузоподъемность 105 т, масса тары 30 т, длина по буферам 33480 мм.

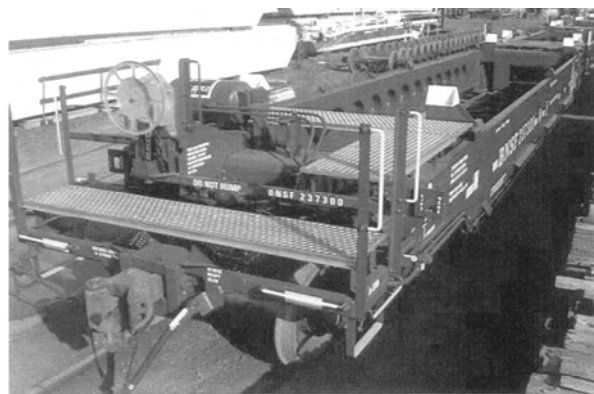
Швейцарская фирма ААЕ, крупнейший собственник грузового подвижного состава в Европе, выпустила 6-осную платформу модели «SGGMRSS 104'». Вагон-платформа имеет две сочлененные секции 2х13,82 м грузоподъемностью 105 т при весе тары 30 т. Для 6-осных платформ фирмы «Frightcar» (США) грузоподъемностью 141 т возможна одновременная транспортировка шести-восьми 20-футовых контейнеров, установленных в два яруса.

Компания Greenbrier (США) является новатором в области транспортного оборудования для интермодальных перевозок, предлагает ряд сочлененных платформ для контейнеров.

Вагон-платформа типа Maxi-Strack I (рис. 4) предназначен для перевозки международных контейнеров. Он может перевозить контейнеры длиной от 6100 или 12200 мм на каждой секции из 5-секционного сцепа. На верхнем ярусе он может перевозить контейнеры длиной 12200; 137525; 14640 и даже 16165 мм на определенных платформах. Вагон-платформа Maxi-Strack I имеет идеальное соотношение между тарой и прочностью. Технические характеристики вагона-платформы приведены ниже.

Общая длина 5 вагонов по осям концевых автосцепок 77254 мм. Масса тары 80,376 т, гру-

зоподъемность 282,814 т. Средняя грузоподъемность на одну платформу 56,562 т.



Внешний вид

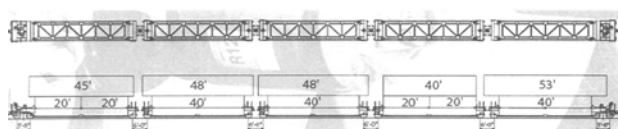


Рис. 4. Вагон-платформа типа Maxi-Strack I

Вагон-платформа типа Maxi-Strack IV (рис. 5) является основной составляющей в парке вагонов для двухъярусной перевозки контейнеров во внутреннем сообщении железных дорог США, поскольку он обеспечивает оптимальное соотношение между массой тары и грузоподъемностью. Это трехвагонная сочлененная секция для перевозки контейнеров длиной от 6100 мм до 16165 мм в нижнем ярусе и от 12200 мм до 17385 мм в верхнем ярусе. Крайние тележки имеют нагрузку 63,5 т, а промежуточные 113,4 т. Грузоподъемность одного вагона-платформы 158,9 т при массе тары 61,55 т.

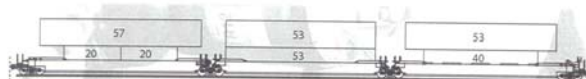
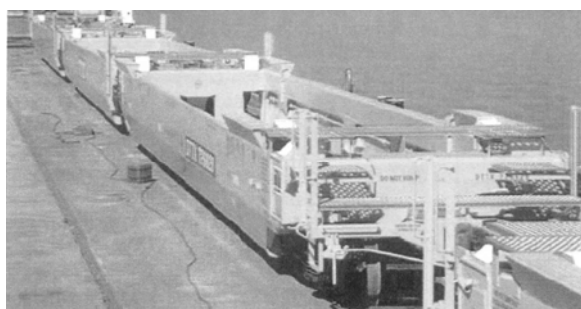


Рис. 5. Вагон-платформа типа Maxi-Strack IV

Не остались в стороне и отечественные производители. ОАО «Азовмаш» ведет разработку принципиально новой для СНГ конструкции двухсекционного сочлененного вагона-платформы для перевозки контейнеров модели 13-1839. За одну погрузку вагон-платформа может перевозить два 40-футовых контейнера

или четыре (загруженных до максимальной массы брутто) 20-футовых контейнера. Перевозка контейнеров в два яруса не предполагается, схема вагона-платформы модели 13-1839 приведена на рис. 6.

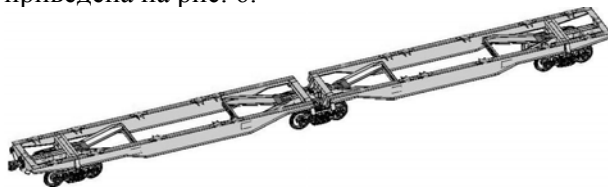


Рис. 6. Сочлененная вагон- платформа модели 13-1839

Технические характеристики: грузоподъемность 109,5 т, масса тары 30,7 т, длина по осям сцепления автосцепки 29160 мм.

Вагон представляет собой конструкцию из двух рам с фитинговыми упорами для фиксации контейнеров, установленных на три двухосные тележки. Между собой эти рамы соединены специальным узлом сочленения SAC-1 компании Cardwell Westinghouse (США), через который опираются на среднюю тележку. Равномерная нагрузка на все тележки достигается смещением фитинговых упоров в стороны крайних тележек. Конструкция узла сочленения позволяет вагону беспрепятственно проходить горки и кривые.

ОАО «НВЦ «Вагоны» разработал аналогичную конструкцию сочлененного вагона-платформы [9], состоящую из двух вагонов-платформ, на которые установлено съемное оборудование для перевозки трех 40-футовых контейнеров (рис. 7). Связь рам между собой осуществляется посредством соединительного устройства. Рамы имеют стандартное опирание на крайние тележки через плоский подпятник и боковые скользуны с зазором, а на среднюю – через соединительное устройство SAC-1, оборудованное переходником для подпятника диаметром 302 мм, и четыре упругих скользуна постоянного контакта, на первую пару скользунов опирается первая рама сочлененного вагона-платформы, а на вторую – вторая.



Рис. 7. Общий вид вагона-платформы

Крайние контейнеры установлены на рамы через стандартные фитинговые упоры. Средний контейнер опирается на две турникетные опоры, каждая из которых установлена на свою раму через две жесткие беззазорные боковые опоры и шкворень с возможностью поворачиваться вокруг него. Опора среднего контейнера на один турникет происходит через фитинго-

вые упоры, а на другой – через ограничители, допускающие относительные продольные перемещения при проходе кривых.

До настоящего времени производители 80-футовых вагонов-платформ выпускали 4-осные модели. С учетом опыта мировых лидеров вагоностроения представляется целесообразной разработка сочлененных вагонов-платформ для контейнерных перевозок. Распределение нагрузок на 6 осей позволит уменьшить длину пролетов несущих балок и одновременно повысить как надежность, так и грузоподъемность конструкции. При массе тары 30 т коэффициент тары составит 0,28, т.е. меньше, чем у всех вышеперечисленных 80-футовых платформ.

Таким образом, выполнен анализ существующего подвижного состава для контейнерных перевозок, определены достоинства и недостатки отдельных конструкций, приведены основные конструктивные преимущества сочлененных вагонов-платформ, находящихся в предпроектной разработке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Морчиладзе, И. Г. Совершенствование вагонов-платформ для международной перевозки контейнеров [Текст] / И. Г. Морчиладзе, А. В. Третьяков, А. М. Соколов // Железнодорожные дороги мира. – 2006. – № 8. – С. 52-55.
2. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dvmash.com/>
3. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bmz.032.ru/vag-13-3103.shtml>
4. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.transmash.com/product/26.htm>
5. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ruzhim.ru/product/13-1223/13-1223.htm>
6. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.altaivagon.ru/catalogue/zoom.jsp?id=13>
7. [Текст] // Всеукраинская транспортная газета «Магистраль». – 20-26 янв. 2006 г. – № 2 (1112). – С. 3.
8. Мямлин, С. В. Тенденции развития контейнерных перевозок [Текст] / С. В. Мямлин, В. М. Бубнов, Н. Л. Андрущенко // 36. науч. пр. – Вып. 14. – Донецк: ДонИЖТ, 2008. – С. 34-40.
9. Рудакова, Е. А. Исследование динамических качеств сочлененного вагона-платформы на математических моделях [Текст] / Е. А. Рудакова, А. М. Орлова // Проблемы механики железнодорожного транспорта: Безопасность движения, динамика, прочность подвижного состава, энергосбережение. XII Межд. конф. Тезисы докл. – Д.: Изд-во ДНУЖТ, 2008. – С. 135.

Поступила в редколлегию 10.03.2009.

ОСНОВИ РОЗРОБКИ ОПТИМАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ РЕМОНТУ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГОНІВ

Для спрощення, прискорення та зменшення вартості підготовки ремонтно-відновлювальних робіт автор пропонує впровадити типізацію технологічних процесів на основі розробленої ним класифікації елементів залізничних вагонів, заклавши в основу розробки технологічних процесів техпроцеси типових деталей, які властиві лише засобам рухомого складу залізниці.

Для упрощения, ускорения и уменьшения стоимости подготовки ремонтно-восстановительных работ, автор предлагает внедрить типологию технологических процессов на основе разработанной им классификации элементов железнодорожных вагонов, положив в основу разработки технологических процессов техпроцессы типовых деталей, которые присущи только железнодорожному подвижному составу.

For simplification, speedup and cost reduction of preparation of repair-reconstruction work the author offers to introduce the typology of technological processes on the basis of developed by him classification of wagon parts, putting into a basis of development of the technological processes the techno processes for standard details, which inherent only to the railway rolling stock.

Детальний аналіз діючої на даний час у вагоноремонтних підприємствах України структури проведення ремонтних робіт вказав на недостатність їх науково-обґрунтованої організації, пов'язаної в першу чергу, із відсутністю можливості вибору і прийняття оптимального і найбільш ефективного маршруту реалізації технологічних процесів ремонтно-відновлювальних робіт.

Розробка і впровадження у процес ремонтного виробництва залізничних вагонів сучасних високопродуктивних технологічних процесів, достатньою мірою забезпечених найновішим прогресивним технологічним обладнанням, ще не є гарантією швидкого і якісного виконання ремонтних робіт з відновлення елементів і конструкцій засобів транспорту. Відсутність чіткої організації виробничого процесу зведе нанівець всі отримані прогресивні новачі та їх потенційні можливості.

Проведення ремонтних робіт у вагонних господарствах залізничного транспорту пов'язане з комплексом операцій по відновленню або приведенню до працездатного стану і ресурсу вагонів, їх вузлів та деталей. Відремонтовані вироби, для яких проведення ремонту передбачено в нормативно-технічній або конструкторській документації, стають придатними для подальшої ефективної експлуатації у відповідності із встановленими вимогами.

Результати статистичних показників вказують на те, що із 194 транспортних пригод, допущених у вагонному господарстві в 2007 р. – 104 випадки, які перевищують 54 %, трапились

із-за неякісного ремонту вагонів, а 84 із них – випадки з вини вагоноремонтних підприємств України [1]. Одним із критеріїв встановлення якості проведення ремонтних робіт вважається кількість відчеплень вагонів у поточний ремонт протягом 6 місяців після депоського і року після капітального ремонту. За даними Укрзалізниці, в середньому щомісячно в поточний ремонт відчіплюється біля 4 тис. таких вагонів.

Детальний аналіз структури проведення ремонтних робіт вказав на недостатність їх науково-обґрунтованої організації, пов'язаної із відсутністю вибору оптимального маршруту організації послідовності процесів ремонтно-відновлювальних робіт. Розробка такої оптимальної організації ремонту є неможливою, в першу чергу, в зв'язку з відсутністю детально розробленої єдиної класифікації фрагментів (конструкцій, вузлів і деталей) залізничних вагонів, як елементарних складових виробу в цілому. Така класифікація дозволяє розробити групи комплексних типових (узагальнених) деталей, об'єднаних рядом споріднених характеристик.

Далі, ґрунтуючись на затверджених нормативних документах («Правила капітального ремонту ЦВ-0016», «Керівництво до депоського ремонту ЦВ-0017» та класифікації несправностей), слід встановити основні критерії, згідно яких встановлюється головний напрям вибору оптимального технологічного процесу, технологічного обладнання, інструменту та режимів механічної обробки і складання, обґрунтованих економічними показниками. Процес ремонтно-

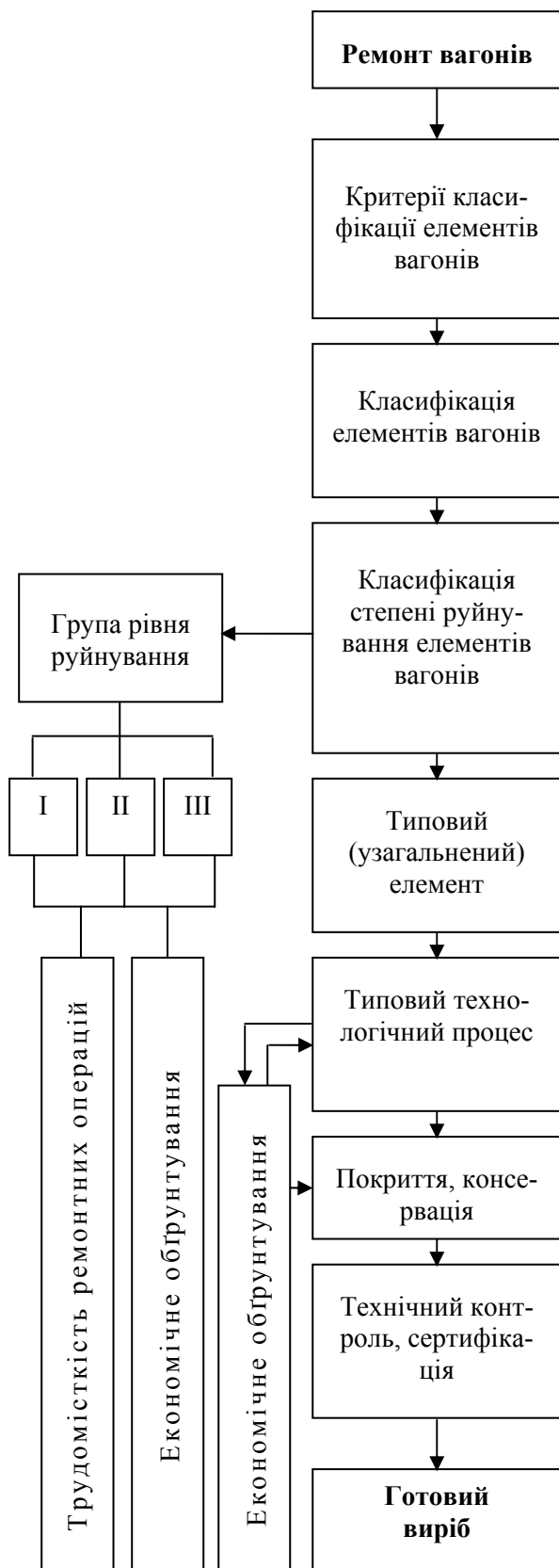


Рис. 1

відновлювальних робіт завершується технічним контролем, нанесенням захисного (консервуючого) покриття і сертифікацією виробу, який на останньому етапі проходить процес монтажу.

На наведеній схемі представлена послідовність оптимального маршруту організації проведення процесів ремонтно-відновлювальних робіт.

Сучасний залізничний вагон, як об'єкт виробництва, являє собою складний виріб, комплексно сформований із великої кількості елементів, різних за своєю формою, геометричними розмірами та функціональними призначеннями, які виготовляються із різних матеріалів із використанням широкої різновидності технологічних методів.

Складові деталі елементів вагонів, попередньо згруповані за класами, які поділені на групи і підгрупи, класифікуються згідно наступних, характерних для виробів з металу, критеріїв: габаритів; геометричного розташування поверхонь; товщини стінок; марки матеріалу; шорсткості, твердості та хвилястості робочих (контактуючих) поверхонь.

Встановлення оптимального технологічного процесу проведення ремонтно-відновлювальних робіт можливий лише за умови чіткого визначення і характеристики ступеню пошкодження або цілковитого руйнування окремо взятого об'єкту (вузла, деталі тощо). Тому у першу чергу слід класифікувати можливі несправності кожного із перелічених елементів вагонів. В якості ключових факторів визначення рівня руйнування приймаються несправність, наприклад, для колісної пари, коли один або декілька параметрів її не відповідають встановленим вимогам.

Стосовно колісних пар несправності можуть бути таких типів: раптовий (вигин і злом елементів колісної пари під час аварії, навар, повзун); поступовий (зноси, місцеві пластичні деформації, наприклад, обода колеса); незалежні і залежні (від несправностей допустимих чи недопустимих візка, колії, від роботи гальмівної системи, від наявності дефектів металургійного походження); повні (неможлива експлуатація колісної пари), часткові (можлива експлуатація до вказаної межі); явні, неявні; технологічні, експлуатаційні, природні та штучні тощо.

Рівень руйнації елементів вагонів поділений на три групи, кожна з яких оцінюється за рівнем трудомісткості ремонтних робіт: *часткове пошкодження* (можливість усунення недоліків без демонтажу елемента та застосування спеціального технічного устаткування); *пошкодження середньої складності* (демонтаж елементів та їх ремонт або відновлення у майстернях вагонного депо); *руйнування* (усунення несправностей шляхом цілковитого виготовлення

нового елементу). Кожна із груп рівня руйнування повинна обов'язково підлягати економічному аналізу з метою встановлення вартості матеріалу, енерговитрат та процесу ремонтно-відновлювальних робіт, підтверджуючи тим самим доцільність віднесення ступеню пошкодження елементу вагону саме до даної групи. Наступним етапом розробки технології ремонтно-відновлювальних робіт є формування технологічного процесу, який тісно пов'язаний із групою руйнації елементів вагонів. Велика номенклатура та конфігураційна різноманітність деталей вагонів залізничного транспорту вимагає для їх виготовлення або ремонту розробки значної кількості технологічних процесів, в розробці яких задіяний великий штат фахівців-технологів з металообробки, які проектують процеси, у більшості випадків, на основі свого власного досвіду і можуть давати різні вирішення при виготовленні однотипних деталей. Це приводить до зростання номенклатури і кількості інструментів у господарстві вагоноремонтного підприємства [2].

З метою усунення наведених недоліків, спрощення, прискорення та зменшення вартості технологічної підготовки автор пропонує впровадити типізацію технологічних процесів ремонтних робіт на основі розробленої ним класифікації елементів залізничних вагонів та заклавши в основу розробки технологічних процесів – техпроцеси типових деталей, які властиві лише засобам рухомого складу залізниці. Такий підхід до вирішення питання технологічного забезпечення дозволить максимально оптимізувати і здешевити процеси підготовки і проведення ремонтних робіт транспортних засобів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Трепитен, В. И. Рекламационная работа в вагонном хозяйстве железнодорожного транспорта Украины [Текст] / В. И. Трепитен // Вагонный парк. – 2008. – № 5. – С. 18-20.
2. Технология производства и ремонта вагонов [Текст] / под ред. К. В. Герасимова. – М.: Маршрут, 2003. – 382 с.

Надійшла до редколегії 25.03.2009.

Н. А. РАДЧЕНКО, Т. Л. ГУБА (Институт транспортных систем и технологий НАН Украины «Трансмаг», Днепропетровск), О. В. ЗВОНАРЕВА (ДИИТ), В. В. МАЛЫЙ (Институт технической механики НАН Украины и НКА Украины, Днепропетровск)

К ВЫБОРУ РАЦИОНАЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Описано розроблені конструктивні схеми електродинамічних транспортних систем з плоскою шляховою структурою та наведено результати досліджень левітаційного руху екіпажів цих систем вздовж шляхової структури прямолінійного і криволінійного окреслення в плані.

Описаны разработанные конструктивные схемы электродинамических транспортных систем с плоской путевой структурой и проведены результаты исследований левитационного движения экипажей этих систем вдоль путевой структуры прямолинейного и криволинейного очертания в плане.

The design schemes of electrodynamic maglev systems with a plane track structure are developed and the results of investigation of levitating motion of such systems along rectilinear or curvilinear tracks are presented.

Электродинамические транспортные системы, левитационное движение экипажей которых реализуется благодаря силам отталкивания между сверхпроводящими магнитами, прикрепленными к ходовым частям экипажа, и неферромагнитными элементами путевой структуры, являются весьма перспективными конструкциями в силу их следующих по сравнению с существующими видами транспорта преимуществ: экономичность, высокая скорость движения, экологичность, плавность хода при левитационном движении.

При их создании ключевой проблемой является обеспечение устойчивости левитационного движения экипажей (в первую очередь, в горизонтальной плоскости и, в частности, в поперечном направлении), т.к. магнит, помещенный над неферромагнитными элементами путевой структуры, при движении в продольном направлении не только левитирует, а и перемещается в общем случае в поперечном направлении, выходя за пределы токопроводящих элементов путевой структуры.

Для обеспечения устойчивости движения электродинамических транспортных средств конструкторы используют профилированные очертания в поперечной плоскости путевой структуры и ходовых частей, к которым прикреплены сверхпроводящие магниты. Так, например, в Японии созданы и апробируются в опытных исследованиях транспортные системы с U-образной путевой структурой. Теоретические исследования подтверждают также возможность использования систем с П-образной путевой структурой [1].

Такие системы являются несовершенными из-за их недостатков, обусловленных относительной сложностью конструкций ходовых частей экипажей и путевой структуры, необходимостью обеспечить прочность их боковых стенок в поперечном направлении вследствие расположения магнитов на вертикальных стенках тележек и путевых контуров на стенках путевой структуры, возникающими неудобствами при обслуживании.

Поэтому актуальной является задача поиска более простых конструкций ходовых частей экипажа и путевой структуры, обеспечивающих пространственную устойчивость движения экипажей в эксплуатационном диапазоне скоростей и, в частности, при их левитационном движении в прямолинейных и криволинейных участках путевой структуры в плане.

В настоящей работе описаны предложенные авторами конструктивные схемы электродинамических транспортных систем, имеющих плоские путевую структуру и поверхности ходовых частей экипажей, к которым прикреплены сверхпроводящие магниты. Как показали приведенные ниже результаты исследований, для этих систем обеспечивается устойчивое левитационное движение в прямолинейных и криволинейных участках путевой структуры. На систему, приведенную на рис. 1 [2], получен декларационный патент, а на систему, изображенную на рис. 2, подана заявка на изобретение, зарегистрированная в Укрпатенте.

В предлагаемых системах корпус экипажей 1 опирается через упруго-диссипативные элементы 5 на рамы тележек 2, к нижним горизон-

тальным поверхностям которых жестко прикреплены 16 сверхпроводящих магнитов 3 для первого варианта схемы (рис. 1) и 32 магнита для второго варианта схемы (рис. 2). Для первого варианта расчетной схемы [2] на плоской путевой структуре 6 под каждым продольным рядом магнитов 3 предусмотрена укладка по два ряда путевых прямоугольных короткозамкнутых контура 4, а для второго варианта под каждым двумя рядами магнитов 3, разнесенных в поперечном направлении по краям тележек, предполагается укладка одного ряда путевых прямоугольных короткозамкнутых контуров.

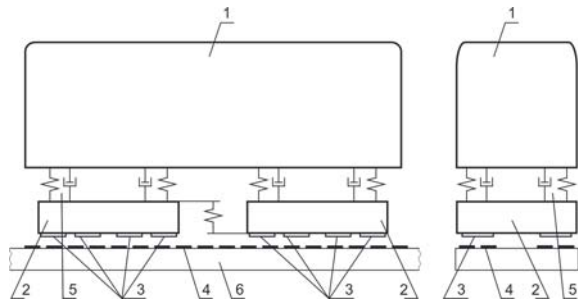


Рис. 1. Конструктивная схема электродинамической транспортной системы

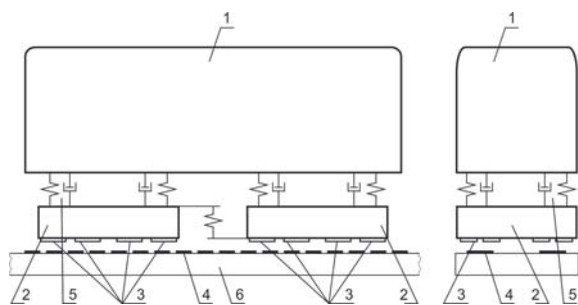


Рис. 2. Конструктивная схема электродинамической транспортной системы

Взаимное расположение магнитов и путевых контуров в состоянии равновесия экипажа первого варианта таково, что проекции продольных осей магнитов совпадают с продольными осями находящихся под этими рядами магнитов 3 двух рядов путевых контуров 4 (продольные оси двух контуров проходят посередине поперечного зазора между ними).

Для системы второго варианта проекции на плоскость путевых контуров 4 продольных осей двух рядов магнитов, находящихся на каждой из сторон экипажа (эти продольные оси проходят посередине зазора между магнитами), в состоянии равновесия экипажа совпадают с продольными осями соответствующих им путевых контуров.

Принципиальное отличие рассматриваемых конструктивных схем транспортных систем от

систем с профилированными очертаниями путевой структуры и ходовых частей экипажа [1] заключается в том, что в предлагаемых конструктивных схемах транспортных систем сверхпроводящие магниты и путевые контуры, обеспечивающие подвес и боковую стабилизацию экипажа, расположены в горизонтальных плоскостях, а в системах с профилированными очертаниями тележек и путевой структуры – на вертикальных боковых их поверхностях.

Для описанных выше конструктивных схем электродинамических транспортных систем, как показали результаты теоретических исследований, достигается стабилизация движения не только в прямолинейных, а и в криволинейных участках путевой структуры в плане при рациональном выборе размеров соленоидов сверхпроводящих магнитов и путевых контуров, взаимного их расположения, а также при необходимых для обеспечения левитации значениях намагничивающей силы в соленоидах.

Стабилизация левитационного движения экипажа в поперечном направлении достигается при оговоренных выше условиях благодаря направленным в противоположные стороны электродинамическим силам, взаимодействующих в поперечном направлении между сверхпроводящими магнитами с продольными элементами путевых контуров. Примечательно, что эти силы должны быть восстанавливающими, т.е. при поперечных перемещениях магнитов относительно контуров в одну сторону на них должны действовать восстанавливающие силы, сдвигающие их в исходное положение, соответствующее положению равновесия.

Вертикальная стабилизация экипажа обеспечивается благодаря минимальному значению вертикальных электродинамических сил от суммарного их воздействия полос контуров, расположенных по краям путевой структуры, в положении, соответствующем равновесию экипажа, т.е. при поперечном сдвиге магнитов относительно полос контуров, суммарная сила воздействия на них от полос путевых контуров увеличивается. Это является причиной возвращения магнитов в исходное положение.

Так как центры тяжести экипажей находятся значительно выше, чем центры тяжести сверхпроводящих магнитов, добавляется также условие обеспечения устойчивости экипажа при боковой качке. При выполнении вышеупомянутых условий геометрия экипажей, проектируемых в настоящее время, обеспечивает требование устойчивости их движения и при боковой качке.

Условия устойчивости при вилянии и галопировании экипажа также выполняются при рациональном выборе основных параметров исследуемых систем благодаря разнесу тележек в продольном направлении и сбалансированности, т.е. установившемуся уровню поперечных и вертикальных электродинамических сил взаимодействия магнитов и путевых контуров.

Таким образом, устойчивость движения экипажей описанных выше электродинамических систем обеспечивается благодаря рациональному выбору значений основных параметров, определяемых путем их подбора, и проверки условий устойчивости их прямолинейного и криволинейного движения с помощью численного интегрирования дифференциальных уравнений, описывающих изменения токов в путевых контурах и пространственные колебания экипажей.

Расчеты проводились при следующих значениях основных параметров: масса кузовов 25,0 т, масса тележки с магнитами 3,75 т, коэффициенты жесткости и вязкости элементов рессорного подвешивания равны 200 кН/м и 20 кН·с/м, соответственно. Длины и ширины сверхпроводящих магнитов были приняты 1,2 и 0,5 м (I вариант), 1,2 и 0,25 м (II вариант), а путевых контуров – 1,0 и 0,3 м (I вариант), и 1,0 и 0,4 м (II вариант), поперечный зазор между путевыми контурами, расположенными с одной стороны путевой структуры 0,1 м (I вариант), поперечный зазор между двумя рядами соленоидов, находящихся над каждым рядом путевой структуры 0,16 м (II вариант), намагничивающая сила в соленоидах магнитов 380 кА·витков (I вариант) и 500 кА·витков (II вариант), продольный зазор между контурами 0,05 м (I и II варианты), скорость движения экипажа 30...100 м/с.

Путевая структура принималась следующего очертания в плане: прямолинейный участок пути длиной 300 м, входная переходная кривая протяженностью 500 м, круговая кривая радиусом 8000 м с углом поперечного наклона ее к горизонтальной плоскости 0,1 рад и длиной 150 м, выходная переходная кривая длиной 400 м, прямая длиной 250 м. Углы наклона поверхности путевой структуры к горизонтальной плоскости в переходных кривых принимались пропорциональными кривизне пути, которая изменялась по синусоидальному закону [3] от нуля до значения равно кривизне пути в круговой кривой.

Математические модели движения экипажей описываемых систем не приводятся из-за

их громоздкости. Они имеют в общем случае такую же структуру, как и уравнения, приведенные в работе [1].

Результаты, оценивающие колебания и устойчивость экипажа, соответствующие первому варианту конструктивной схемы экипажа, приведены в работе [2].

Приведем полученные результаты расчетов для второго варианта исследуемой системы и сравним обе рассматриваемые конструктивные схемы.

Результаты расчетов, полученных для скорости движения 100 м/с, в виде зависимостей от пройденного пути S приведены для следующих обобщенных координат, характеризующих перемещение кузова и тележек: на рис. 3 – для перемещений подпрыгивания кузова z_k и тележек z_i ($i = 1, 2$); на рис. 4 – для углов их галопирования – φ_k и φ_i ; на рис. 5 – для перемещений бокового отбоя y_k и y_i ; на рис. 6 – для углов боковой качки θ_k , θ_i ; на рис. 7 – для углов виляния ψ_k и ψ_i , а также на рис. 8 – для левитационных зазоров под двумя первыми магнитами, расположенными с левой и правой стороны по ходу экипажа (Δ_1 и Δ_2).

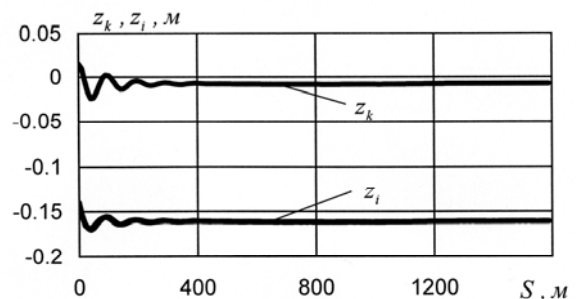


Рис. 3. Зависимости перемещений подпрыгивания кузова и тележек от пройденного пути

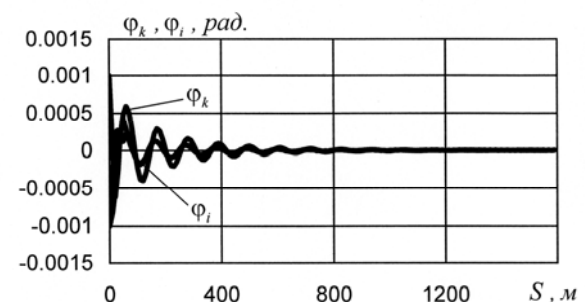


Рис. 4. Зависимости углов галопирования кузова и тележек от пройденного пути

Отрицательные значения величин подпрыгивания z_k и z_i (рис. 3) обусловлены выбором положительного направления координат Oz

для каждого твердого тела системы (кузова и тележек), которые направлены сверху вниз.

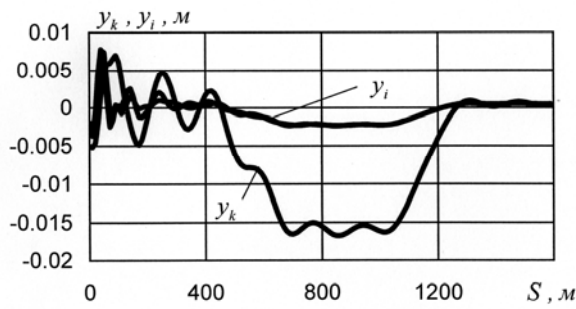


Рис. 5. Зависимости перемещений бокового отбоя кузова и тележек от пройденного пути

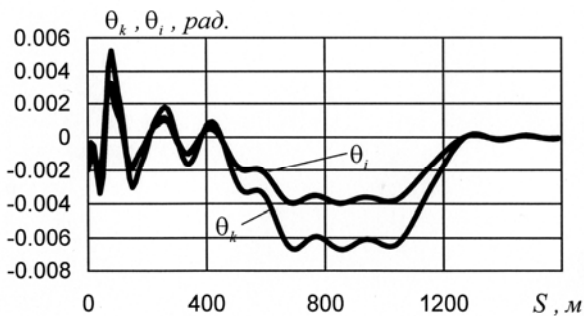


Рис. 6. Зависимости углов боковой качки кузова и тележек от пройденного пути

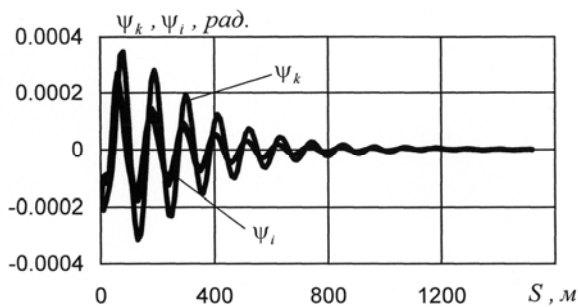


Рис. 7. Зависимости углов виляния кузова и тележек от пройденного пути

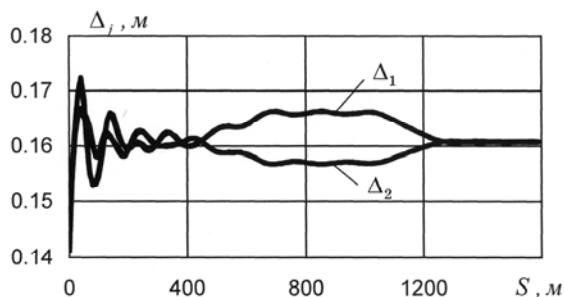


Рис. 8. Зависимости левитационных зазоров между магнитами и путевыми контурами от пройденного пути

Как видно из этих результатов, колебания экипажа при его левитационном движении, обусловленные начальными возмущениями системы при $S = 0$, быстро затухают как на криволинейных, так и на прямолинейных участках путевой структуры переменной и постоянной кривизны, а экипаж отслеживает при своем движении направление трассы.

При этом не зависят от кривизны пути значения вертикальных перемещений кузова и тележек (рис. 3), которые примерно равны соответственно 0,01 и 0,16 м, а также значения углов их галопирования и виляния (см. рис. 4, 7).

Боковые отбоя тележек и кузова относительно продольной оси на прямолинейных и криволинейных участках путевой структуры не превышают как видно из рис. 5 в установившемся режиме значений соответственно равных 0,0025 м и 0,0154 м, а углы боковой качки 0,004 рад и 0,0064 рад.

Экстремальные значения левитационных зазоров, как видно из рис. 8, могут быть приемлемыми для данного вида транспорта. Аналогичные результаты были получены также для других значений скорости (30, 50 м/с). Установлено, что для рассматриваемой расчетной схемы можно получить устойчивую систему подвеса и при других параметрах системы с помощью согласованного и планомерного варьирования габаритов путевых контуров и соленоидов сверхпроводящих магнитов, зазоров между сверхпроводящими магнитами каждой из сторон экипажа и значений намагничивающих сил в соленоидах.

Для экипажа, соответствующего первому варианту конструктивной схемы транспортной системы, также получены результаты, характеризующиеся устойчивым движением экипажа в прямолинейных и криволинейных участках путевой структуры [2]. При этом эти результаты близки к результатам, полученным для второго варианта конструктивной схемы. Однако следует отметить, что второй вариант может оказаться предпочтительнее по сравнению с первым, т.к. в первом варианте предусмотрена установка четырех полос путевых контуров, а во втором варианте достаточно двух полос.

Несмотря на то, что в первом варианте предусмотрено четыре полосы сверхпроводящих магнитов, а во втором две полосы, второй вариант может оказаться предпочтительнее первого, т.к. уменьшение стоимости путевой структуры второго варианта по сравнению с первым может и должно превысить удорожание экипажей второго варианта вследствие большего числа

магнитов по сравнению с первым из-за большой протяженности путевой структуры и ограниченного числа экипажей, находящихся в эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дзензерский, В. А. Динамика транспорта на сверхпроводящих магнитах [Текст] / В. А. Дзензерский, Н. А. Радченко. – Д.: АРТ-ПРЕС, 2003. – 231 с.

2. Электродинамическая транспортная система с плоской путевой структурой [Текст] / А. А. Зевин и др. // Техническая механика. – 2004. – № 2. – С. 120-122.
3. Шахунянц, Г. М. Железнодорожный путь [Текст] : учебник для вузов железнодорожного транспорта / Г. М. Шахунянц. – М.: Транспорт, 1969. – 536 с.

Поступила в редколлегию 19.03.2009.

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАХОДІВ, НЕОБХІДНИХ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОВІЗНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ

В даній статті виконано аналіз поточного стану технічного оснащення основних вантажонапружених напрямків перевезень вантажів на залізницях України. Розглянуто основні заходи, які необхідно впровадити для підвищення пропускної та провізної спроможності залізниць. Наведено динаміку зміни обсягу вагонопотоків та маси поїздів на даних напрямках за останні роки. Розглянуто варіанти та намічено можливі заходи, які забезпечать мінімальні витрати коштів для широкого впровадження поїздів підвищеної маси та довжини.

В данной статье выполнен анализ текущего состояния технического оснащения основных грузонапряженных направлений перевозки грузов железными дорогами Украины. Рассмотрены основные мероприятия, которые необходимо внедрить для увеличения пропускной и провозной способности железных дорог. Приведена динамика изменения вагонопотока и массы поезда на данных направлениях за последние года. Рассмотрены варианты и намечены возможные мероприятия, которые обеспечат минимальные расходы для широкого использования поездов повышенной массы и длины.

In this article we have touched the problem of high freight traffic of the main railway lines of Ukraine. The analysis of the present condition of these lines is given and their technical equipment is described. The main undertakings directed towards increasing the traffic and carrying capacity of the railways are also considered. The dynamics of the wagon traffic volume and train mass changes related to the mentioned lines over the past years is presented. The possible measures which should secure minimum costs for the wide usage of the trains of increased mass and length are also considered and planned.

В умовах ринкового господарства гостро постає питання підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту. Конкурентна привабливість залізниць на ринку транспортних послуг повинна будуватися на покращенні таких показників перевізного процесу, як термін доставки вантажів, дотримання графіку руху поїздів, схоронність перевезень та гарантії безпеки [1]. При вирішенні цих задач виникають суттєві труднощі, пов'язані в першу чергу із забезпеченням необхідної пропускної та провізної спроможності. Це питання є достатньо актуальним, особливо за умови інтеграції України до співдружності країн Європи, для виводу більш широкого діапазону товарів та послуг на європейський ринок.

Для підвищення пропускної та провізної спроможностей дієвими методами є будівництво додаткових головних колій на перегонах, збільшення кількості та довжини приймально-відправних колій на станціях, введення в експлуатацію нових більш потужних локомотивів, покращення поточного стану поздовжнього профілю та плану існуючих ліній. Все це потребує великих капітальних вкладень.

Підвищення провізної спроможності залізничних ліній при постійних технічних засобах, стаціонарних пристроях оснащення ділянок можливо забезпечити за рахунок підвищення

маси і довжини вантажних поїздів та швидкості їх слідування [2, 3].

В Росії ВАТ «РЖД» дійшли висновку, що поїзди підвищеної маси та довжини – об'єктивна необхідність та реальність, оскільки в розвинутій економіці темпи росту обсягів перевезень завжди випереджають темпи росту перевізної спроможності та потребують відповідного резервування. Це непросте завдання, оскільки вже на даний час ризик введення таких поїздів проявляє себе повною мірою. Виникає необхідність наукового обґрунтування найефективніших шляхів комплексного рішення широкого кола задач, серед яких першочергове значення має організація обігу поїздів підвищеної маси та довжини.

Обіг поїздів підвищеної маси та довжини потребує комплексного підходу до удосконалення технічного оснащення станцій і перегонів та удосконалення технології їх пропуску.

Альтернативним варіантом, що не потребує капітальних витрат на реконструкцію горловин станцій та подовження приймально-відправних колій на роздільних пунктах, може бути скорочення інтервалу між поїздами за рахунок використання нових технічних та технологічних рішень. З іншого боку, необхідно розглядати вплив маси, довжини та швидкості вантажних поїздів на безпеку руху, оскільки дотримання

цих вимог без зміни конструкції вагонів, локомотивів та за постійних параметрів профілю та плану колії істотно впливає на умови забезпечення безпеки руху та пов'язані з цим витрати матеріальних ресурсів, коштів, тощо.

Виходячи з того, що пропускна спроможність окремих ділянок основних напрямків перевезень вантажів майже вичерпана, то єдиною можливістю подальшого збільшення обсягів перевезень є підвищення маси поїздів. Відповідно і прискорення просування вагонопотоків по основних напрямках можливе лише саме цим способом.

Маса поїздів на українських залізницях обмежується наступними параметрами: довжина приймально-відправних колій, сила тяги локомотива, статичне навантаження на вісь вагона, керівний ухил на ділянці.

Маса поїзда, що може бути розміщена на одній колії, залежить не тільки від його довжини, але й від структури перевезених вантажів, які визначають величину навантаження в тонах, що доводиться на 1 м довжини поїзда.

Залежність маси поїзда (Q) від величини погонного навантаження (p) для стандартних значень довжини станційних колій з локомотивом ВЛ80 наведена на рис. 1. Збільшення корисної довжини приймально-відправних на 200 м дозволяє збільшити вагу поїзда приблизно на 1000 т при незмінному погонному навантаженні. Такий самий результат можна отримати, збільшивши погонне навантаження на 1 т/пог. м. за незмінної довжини приймально-відправних колій (див. рис. 1).

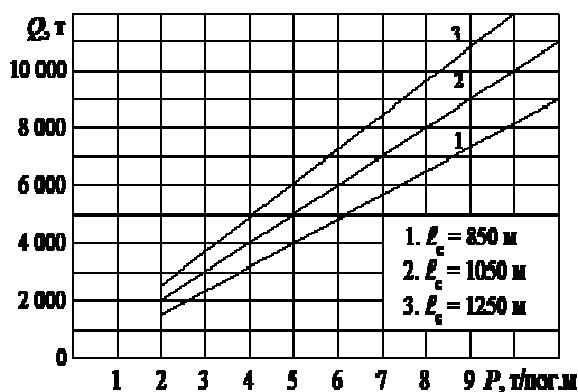


Рис. 1. Залежність маси поїзда від погонного навантаження

Приймально-відправні колії на станціях мають достатній резерв корисної довжини за рахунок конструкції колійного розвитку станцій: розташовані ближче до головної колії мають, як правило, більшу довжину, ніж ті, які розташо-

вані далі від неї. Практично на всіх проміжних та дільничних станціях мінімальна корисна довжина приймально-відправних колій становить 850 м. Використання резерву довжини цих колій у разі збільшення довжини складу потребує відповідного техніко-економічного обґрунтування.

На Україні існує розвинена мережа залізниць, яка забезпечує потреби країни в перевезеннях. За обсягами вантажопотоків на існуючій мережі можна виділити вісім основних напрямків:

Напрямок 1: Куп'янськ – Ізмаїл.

Загальна довжина 1131 км, напрямок охоплює Одеську та Південну залізницю. Сумарна довжина одноколіїних ділянок з двоколіїними вставками становить 406 км, одноколіїних – 287 км, інші ділянки двоколіїні. Майже на всьому напрямку поїзну роботу виконують електровози, за виключенням ділянки довжиною 375 км, на якій використовується тепловозна тяга. Найменша корисна довжина приймально-відправних колій на технічних станціях напрямку складає 43 умовних вагона (ум. ваг.), найбільша – 88 ум. ваг.;

Напрямок 2: Харків – Джанкой.

Загальна довжина 254,4 км, напрямок охоплює Південно-Західну та Придніпровську залізницю. Всі ділянки двоколіїні та обслуговуються електровозами. Найменша корисна довжина приймально-відправних колій на технічних станціях напрямку складає 57 ум. ваг., найбільша – 66 ум. ваг.;

Напрямок 3: Дебальцеве – Ужгород.

Загальна довжина 1783,9 км, напрямок охоплює Донецьку, Південно-Західну, Придніпровську, Одеську та Львівську залізницю. Сумарна довжина одноколіїних ділянок становить 276 км, триколіїних – 91 км, інші ділянки двоколіїні. Весь напрямок обслуговується електровозами. Найменша корисна довжина приймально-відправних колій на технічних станціях напрямку складає 47 ум. ваг., найбільша – 87 ум. ваг.;

Напрямок 4: Маріуполь – Рені.

Загальна довжина 999,5 км, напрямок охоплює Донецьку, Придніпровську та Одеську залізницю. Сумарна довжина одноколіїних ділянок становить 168 км, одноколіїних з двоколіїними вставками – 370 км, інші ділянки двоколіїні. Ділянка довжиною 252 км обслуговується тепловозами, інші – електровозами. Найменша корисна довжина приймально-відправних колій на технічних станціях напрямку складає 57 ум. ваг., найбільша – 75 ум. ваг.;

Напрямок 5: Хутір-Михайлівський – Одеса-Застава-І.

Загальна довжина 980,9 км напрямком охоплює Південно-Західну та Одеську залізницю. Всі ділянки двокільні та обслуговуються електровозами. Найменша корисна довжина приймально-відправних колій на технічних станціях напрямку складає 30 ум. ваг., найбільша – 74 ум. ваг.;

Напрямок 6: Знам'янка – Джанкой. Загальна довжина 473,7 км, напрямком охоплює Придніпровську та Одеську залізницю. Всі ділянки однокільні та обслуговуються тепловозами, крім ділянки довжиною 80 км, яку обслуговують електровози. Найменша корисна довжина приймально-відправних колій на технічних станціях напрямку складає 62 ум. ваг., найбільша – 74 ум. ваг.;

Напрямок 7: Апостолове – Берегова. Загальна довжина 380,5 км, напрямком охоплює Одеську залізницю. Всі ділянки однокільні, крім 44 км, що мають дві головні колії на перегоні. 269 км напрямку обслуговується тепловозами. Найменша корисна довжина приймально-відправних колій на технічних станціях напрямку складає 56 ум. ваг., найбільша – 82 ум. ваг.;

Напрямок 8: Хутір-Михайлівський – Помічна.

Загальна довжина 529,3 км, напрямком охоплює Південно-Західну, Придніпровську та Одеську залізницю. Ділянка довжиною 454 км однокільна та обслуговується тепловозами. Найменша корисна довжина приймально-відправних колій на технічних станціях напрямку складає 55 ум. ваг., найбільша – 71 ум. ваг.

Суттєвою проблемою також є високі значення розрахункових ухилів, які призводять до додаткових обмежень ваги поїзда (див. табл. 1).

Таблиця 1

Розрахункові підйоми

Найменування залізниці	Величина розрахункового підйому, ‰
Південно-Західна	9,1
Одеська	9,8
Південна	11,2
Придніпровська	16
Донецька	18
Львівська	28

Аналізуючи наявну корисну довжину приймально-відправних колій на станціях, можна

зробити висновок, що для впровадження поїздів підвищеної маси та довжиною до 62 ум. ваг. на всіх ділянках даних напрямків необхідність подовження колій виникає лише на 12 % станцій.

Аналіз існуючої системи тягового обслуговування вантажних поїздів вказує на те, що на Одеській, Південно-Західній та Південній залізницях всі ділянки обслуговуються одним локомотивом, а на Львівській, Донецькій та Придніпровській залізницях використовуються штовхачі та кратна тяга. Треба враховувати, що на деяких з перелічених напрямків виникає потреба декілька разів змінювати вид тяги або тип локомотиву. Це викликає додаткові ускладнення через досить обмежену кількість локомотивів Укрзалізниці та їх ступінь зношеності. Наявний інвентарний парк електровозів, що використовуються для вантажних перевезень, наведений на рис. 2, інвентарний парк тепловозів, що використовуються для вантажних перевезень складається з локомотивів 2 ТЕ 116 у кількості 417 одиниць та 2 ТЕ 10 у кількості 125 одиниць. Незадовільний стан рухомого складу та колійного розвитку накладає додаткові обмеження швидкості поїздів та норми маси, що також істотно зменшує величину наявної пропускну спроможності.

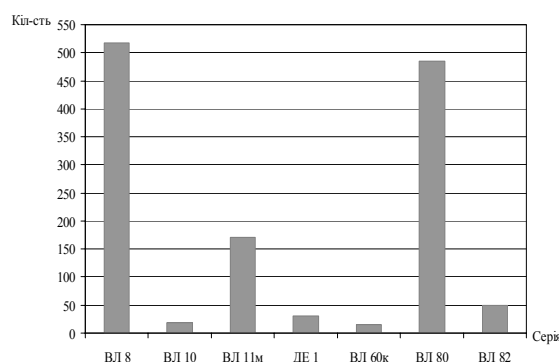


Рис. 2. Інвентарний парк електровозів, що використовуються при вантажних перевезеннях

Для прикладу розглянемо зміни, що відбулися впродовж чотирьох років на напрямку 1. В період з 2003 по 2006 рік маса поїзда зростає майже на кожній ділянці напрямку (див. рис. 3), а в 2007 р. зменшується, в середньому, на 3 % порівняно з 2003 р. Різке зростання маси поїзда спостерігається на дільниці між станціями 425001 та 425355, що можливо пояснити переходом з Південної на Донецьку дорогу. Уніфікована маса поїзда на ділянках знаходиться в межах 4000...4600 т, найбільша критична маса складає 6900 т. У зворотному напрямку руху значення середньої маси поїзда не перевищує

3000 т, що пов'язане з формуванням великої кількості маршрутів з порожніх вагонів (згідно плану формування поїздів 5 станцій напрямку формують такі маршрути).

Суттєвих змін на напрямку набуває величина вагоно- та поїздопотоку (див. рис. 4 та 5). Різке зниження спостерігається на ділянках між станцією 403206 та станцією Ізмаїл. Зменшення поїздопотоку виникає через обмежене технічне

оснащення цих ділянок (ділянки одноколіїні). Наслідком цього є обмежена пропускна спроможність. Вагоно- та поїздопотік різко зростає на ділянках, що примикають до сортувальної станції Знам'янка, – це пояснюється великим обсягом місцевої роботи.

Вагоно- та поїздопотік на напрямку у 2007 р. збільшився на 12 % порівняно з 2004 р.

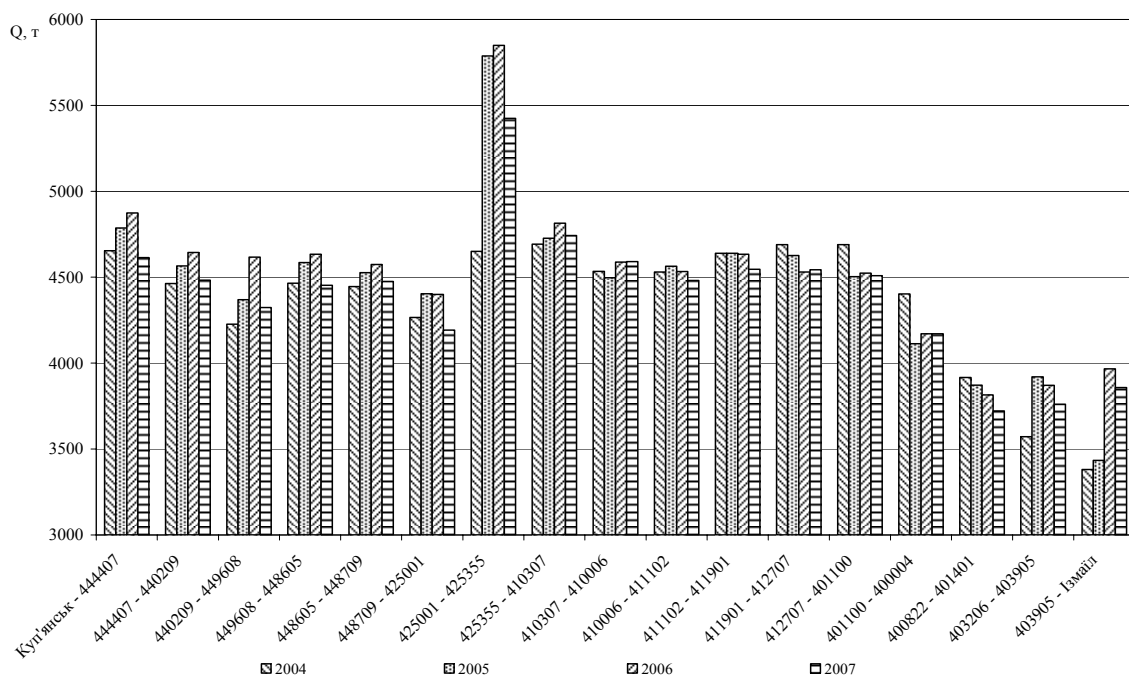


Рис. 3. Динаміка зміни маси вантажних поїздів на напрямку Куп'янськ – Ізмаїл

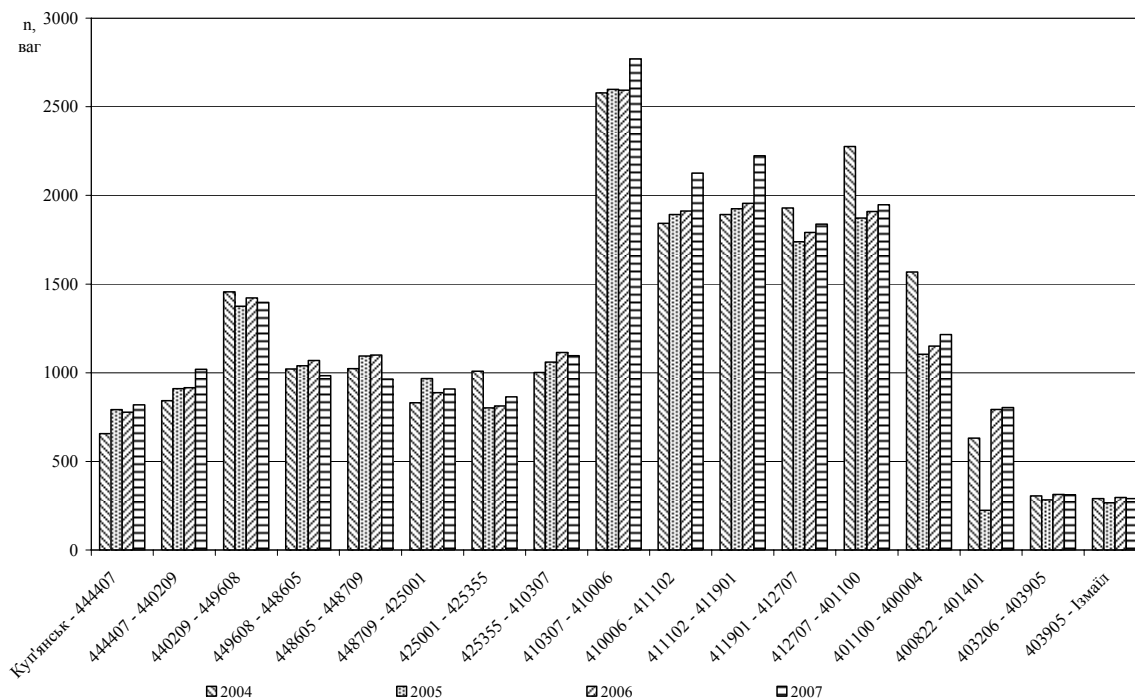


Рис. 4. Динаміка зміни вагонопотоку на напрямку Куп'янськ – Ізмаїл

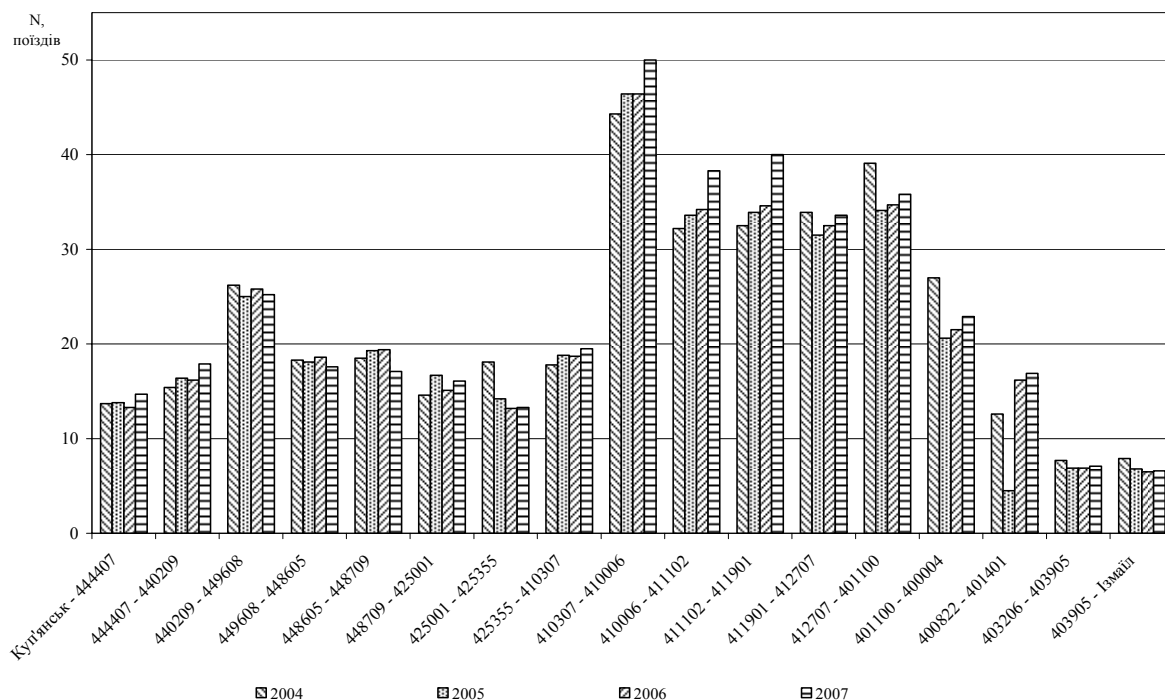


Рис. 5. Динаміка зміни поїздопотоків на напрямку Куп'янськ – Ізмаїл

На розглянутому напрямку внаслідок виникнення значної кількості обмежень середня маса поїздів знизилася. Відповідно зменшилася і дільнична швидкість. Водночас вагоно- та поїздопотік виріс майже на всіх ділянках напрямку. Це призвело до різкого зменшення резервів, а на деяких перегонах і до повного використання наявної пропускної спроможності дільниць.

На мережі залізниць зміна розглянутих параметрів відбувалася по-різному. На напрямках Харків – Мерефа, Хутір-Михайлівський – Одеса-Застава-I та Хутір-Михайлівський – Помічна маса поїзда постійно зростала, при цьому збільшувалися величини вагоно- та поїздопотоків. На інших напрямках маса поїзда зменшувалася або залишилася майже постійною, але зростав вагоно- та поїздопотік, що призвело до більш високого, а інколи, повного використання пропускної спроможності. На напрямках, що мають відносно невелику довжину, коливання перелічених показників відбувалося несуттєво. На напрямках, що мають велику загальну довжину, спостерігалися тенденції, аналогічні напрямку Куп'янськ – Ізмаїл. Найменші зміни відбуваються на напрямках, більша частина довжини яких розташована в межах Південно-Західної залізниці, що має найменше значення розрахункового ухилу, тобто найменші обмеження маси та швидкості руху поїздів.

Для підвищення пропускної спроможності з метою збільшення обсягу перевезень вантажів на основних напрямках в існуючих умовах функціонування залізничного транспорту найбільш імовірним заходом є впровадження поїздів підвищеної маси та довжини. Значного підвищення можливо досягти за умови удосконалення технічного оснащення окремих перегонів та колійного розвитку низки станцій. Визначення переліку цих станцій та перегонів, а також ступеню їх удосконалення можливе лише після вирішення питання щодо доцільної норми маси та довжини поїздів на кожному окремому напрямку. Дане питання є метою окремого дослідження.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Никифоров, Б. Д. Задачи инновационного развития железнодорожного транспорта нужно решать уже сегодня [Текст] / Б. Д. Никифоров // Наука и транспорт. – 2007.
2. Кочнев, Ф. П. Управление эксплуатационной работой железнодорожных дорог [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ф. П. Кочнев, И. Б. Сотников. – М.: Транспорт, 1990. – 424 с.
3. Левин, Д. Ю. Оптимизация потоков поездов [Текст] / Д. Ю. Левин. – М.: Транспорт, 1988. – 175 с.

Надійшла до редколегії 11.03.2009.

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННОГО ГИБКОГО ПОТОКА РЕМОНТА ВАГОНОВ И МЕТОДЫ ИХ РАСЧЕТА

Показано переваги поточкових методів виробництва. Розглянуто причини, що впливають на їх недостатнє використання при існуючому ремонті вагонів. Запропоновано подальші шляхи реалізації поточної ідеї у вагоноремонтному виробництві. Дано основні поняття асинхронного гнучкого потоку ремонту вантажних вагонів. Наведено компоновочні рішення організації гнучкого потоку. Представлено методику розрахунку основних параметрів такого потоку.

Показаны преимущества поточных методов производства. Рассмотрены причины, влияющие на их недостаточное использование при существующем ремонте вагонов. Предложены дальнейшие пути реализации поточной идеи в вагоноремонтном производстве. Даны основные понятия асинхронного гибкого потока ремонта грузовых вагонов. Приведены компоновочные решения организации гибкого потока. Представлена методика расчёта основных параметров такого потока.

Advantages of stream methods of production are demonstrated. Causes affecting their insufficient use in existing repair of wagons are considered. Further ways of realization of stream idea in wagon repair activities are suggested. Main notions of asynchronous flexible stream of repair of freight wagons are given. Configuration solutions of the flexible stream organization are presented. The calculation procedure of basic parameters of such a stream is given.

Поточный метод ремонта вагонов используется уже давно [1 – 4]. Этот метод был заимствован из машиностроения, где он первоначально получил широкое распространение [5, 6]. Поточный метод – это не просто одна из форм организации технологического процесса, а закономерный результат эволюции производственных систем. Он является более производительным, т.к. способствует разделению труда и широкому внедрению средств механизации и автоматизации производственных процессов.

Однако в вагоноремонтном производстве на широкое внедрение этого метода оказывают влияние многочисленные случайные факторы, присущие ремонтной среде.

Самая большая проблема, связанная с организацией поточного вагоноремонтного производства в депо, – это синхронизация времени выполнения ремонтных работ на позициях поточной линии. Для соблюдения такта необходимо, чтобы выполнение ремонтных операций на всех позициях оканчивалось одновременно. Вместе с тем, из-за вероятностного характера времени выполнения ремонтных работ, имеющего разброс в широком диапазоне, эта задача не может быть решена в принципе.

Необходимо ещё отметить и такой немаловажный факт, касающийся «классических» поточных линий. Для того, чтобы выполнить внешнее условие поточного производства – заданный ритм линии – исполнителям приходится работать неритмично, создаются авральные

бригады, рабочие перебрасываются с одних позиций на другие, приходится ускорять темп работы, заниматься штурмовщиной и т.п. Нам же видится, что более рациональным решением является такая организация производства, когда в первую очередь именно исполнители работают ритмично на своих рабочих местах (внутренний ритм), а ритм поточной линии (внешний ритм) отодвигается уже на второй план.

Вместе с тем подчеркнём, что альтернативы поточному методу нет.

Поэтому наиболее правильным представляется решение, связанное вообще с отходом от какой-либо синхронизации и с переходом на свободный режим перемещения вагонов.

Согласно [7], «только разнообразие может уничтожить разнообразие». Иными словами, противостоять разнообразию среды, которую ремонтируют, может только разнообразие среды, которая ремонтирует.

Одним из таких решений для среды, которая ремонтирует, является асинхронный гибкий поток. Разнообразие такого потока проявляется в возможности адаптироваться к каждому ремонтируемому вагону. Для каждого отдельного вагона может быть реализован свой индивидуальный такт и свой индивидуальный путь перемещения.

Асинхронный гибкий поток ремонта вагонов (АГПРВ) представляет собой следующий, более эффективный этап в совершенствовании и развитии поточного ремонтного производст-

ва, обладающий громадными потенциальными возможностями. При его создании, однако, требуется использование более точных методов проектирования и расчёта. АГПРВ может быть получен в результате трансформации «классических» поточных линий за счёт изменения их структуры и связей между элементами. АГПРВ имеет более высокий уровень системности по сравнению с существующими поточно-конвейерными линиями (ПКЛ).

АГПРВ позволяет значительно расширить номенклатуру типов ремонтируемых вагонов и осуществить переход от однопредметной специализации (один тип вагона) к многопредметной (несколько типов вагонов и, даже, несколько видов ремонта: деповской, капитальный).

В работе [8] также неоднократно подчёркивается, что в качестве эталонной технологии при новом строительстве вагонных депо необходимо использовать гибкие поточные линии.

Нет сомнения, что в условиях депо ремонта может быть отремонтирован вагон с любой степенью износа и с любыми повреждениями. Вопрос только в том, сколько потребуется времени для его ремонта. При нормальном темпе работы исполнителей, время на выполнение разных объёмов работ будет также различным. Какой-то вагон будет дольше находиться на позиции, а какой-то – меньше. Для традиционных поточных линий характерна «жесткость» потока. При этом надо учитывать, что жесткий поток очень чувствителен к любым нарушениям установленного такта. «Жесткость» потока свидетельствует о том, что путь движения ремонтируемого вагона заранее predetermined и однозначен (вагоны перемещаются по одному и тому же пути, через одни и те же ремонтные позиции), а, с другой стороны, жесткость потока свидетельствует о том, что должен соблюдаться регламентированный такт (рис. 1). Менее чувствителен к сбою такта полужесткий поток, хотя путь движения вагона для него также predetermined (рис. 2). А ещё менее чувствителен – гибкий поток (рис. 3).

Известно, что перемещение объектов ремонта по позициям потока осуществляется в пространстве и во времени. От этих параметров и структуры потока зависит показатель «жесткости - гибкости» потока (табл. 1). Под структурой потока будем понимать совокупность элементов и связей между этими элементами. В качестве элементов структуры для потоков, представленных на рис. 1 и 2, будут выступать ремонтные позиции, а для потока, показанного на рис. 3, – технологические модули.

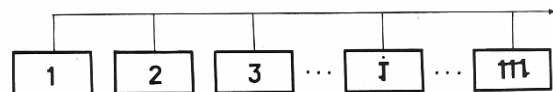


Рис. 1. Структурная схема жёсткого потока

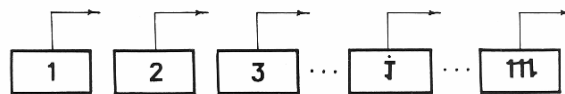


Рис. 2. Структурная схема полужёсткого потока

Вагоноремонтные предприятия, ориентированные на использование АГПРВ, имеют принципиальные отличия от вагоноремонтных предприятий, применяющих «классические» поточные линии [9 – 11].

Дадим основные понятия поточного производства применительно к АГПРВ. К основным понятиям относятся: «поток», «асинхронность», «гибкость», «технологический участок», «технологическая позиция», «ремонтный модуль», «транспортный модуль», «модуль для ожидания», «фронт ремонта», «средний такт».

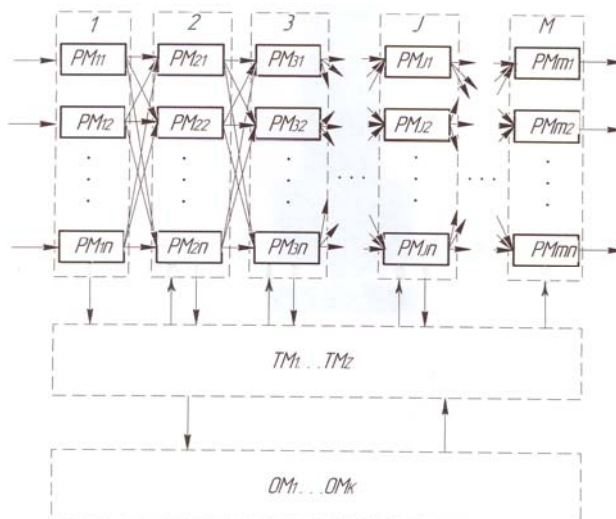


Рис. 3. Структурная схема асинхронного гибкого потока, где PM_{jn} – n -й ремонтный модуль j -й позиции; TM_z – z -й транспортный модуль; OM_k – k -й модуль для ожидания

В общем случае под потоком подразумевается перемещение или передача между элементами системы любого вида ресурса [14]. В нашем случае этим ресурсом являются ремонтируемые вагоны.

Асинхронность потока свидетельствует о том, что вагоны перемещаются с одной позиции на другую не все одновременно, через регламентированные промежутки времени, а поочередно – по мере необходимости и возмож-

ности. Асинхронность – это временной показатель.

Гибкость – это интегральное понятие, затрагивающее технические, технологические, организационные, управленческие аспекты современного производства. В машиностроении и приборостроении под «гибкостью», в первую очередь, подразумевается возможность быстрого перехода к выпуску продукции иного типа-размера (другая модель). В вагоноремонтном же производстве, в виду сильного разброса трудоёмкостей ремонтных операций, каждый очередной вагон – это уже «другая модель». Поэтому здесь при разработке концепции гибкости следует отталкиваться, прежде всего, от гибкости транспортной системы, разрешающей производить многовариантные индивидуальные перемещения вагонов между ремонтными позициями, и от свободного временного режима перемещения вагонов. В общем случае под гибкостью потока необходимо понимать свойство, позволяющее обеспечивать ему эффективное и качественное выполнение ремонтных работ, не изменяя свою организационную структуру.

Таблица 1

Зависимость структуры поточной линии от пространственного и временного параметров

Структура поточной линии	Наименование параметра	
	Путь перемещения вагонов	Время между перемещениями вагонов (такт)
Жёсткая	жёсткая	жёсткая
Полужёсткая	жёсткая	гибкая
Гибкая	гибкая	гибкая

Основное преимущество гибкого потока состоит в том, что транспортная система между позициями организована таким образом, что позволяет перемещать вагон с любого ремонтного модуля j -й позиции на любой ремонтный модуль $(j+1)$ -й позиции.

Под технологическим участком понимается часть территории производственного корпуса, которая предназначена для выполнения отдельного завершённого этапа производственного процесса. На рис. 4 показаны основные технологические участки главного вагоноремонтного корпуса.

Количество производственных участков определяется исходя из технологии ремонта, применяемого крупногабаритного технологического оборудования, специфики работы, категории

производства по взрывопожарной безопасности и т.п.

Участки I, II и III представляют собой разные стадии (этапы) главного потока ремонта вагонов.

Продолжительность выполнения операций на позициях участков I и III носит более стабильный характер, чем на позициях участка II. Поэтому на этих участках может быть организован полужёсткий поток. На участке II, где трудоёмкости ремонтных работ на вагонах могут отличаться друг от друга в широком диапазоне, представляется целесообразным организовать асинхронный гибкий поток.

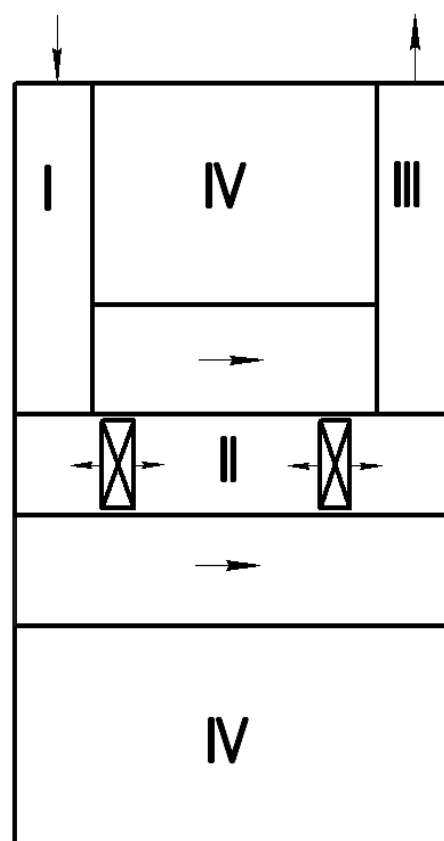


Рис. 4. Компоновка главного вагоноремонтного корпуса, где I – участок подготовки вагонов к ремонту; II – участок ремонта вагонов; III – участок окраски и сушки вагонов; IV – остальные участки и отделения для ремонта узлов и деталей вагонов. (Большими стрелками показано направление движения главного потока ремонта вагонов; маленькими стрелочками показаны возможные направления перемещения трансбордерных тележек)

Таким образом, главный поток ремонта вагонов *ПВ* включает в себя следующие потоки:

ПП – поток подготовки вагонов к ремонту (участок I);

ПР – поток ремонта вагонов (участок II);

ПО – поток окраски вагонов (участок III).

На каждом технологическом участке может быть расположен целый ряд технологических позиций.

Под технологической позицией будем понимать часть технологического участка, специализированного для выполнения строго определённого комплекса технологических операций. Каждая технологическая позиция включает в себя некоторое количество ремонтных модулей.

Перестановка вагонов между технологическими позициями осуществляется при помощи трансбордерных тележек. С увеличением числа позиций увеличивается и число перестановок вагонов. Поэтому для сокращения потерь времени на транспортировку вагонов количество перестановок должно быть как можно меньше, т.е. минимально необходимым.

Все технологические модули, которые входят в структуру потока ремонта вагонов, можно разделить по функциональному назначению на три группы. Первая группа – это ремонтные модули (*РМ*), на которых непосредственно осуществляется ремонт вагонов. Вторая группа – это транспортные модули (*ТМ*), которые служат для транспортировки объектов ремонта между остальными модулями. Третья группа – это буферные модули, или модули для ожидания (*ОМ*), которые служат для выравнивания неравномерности движения объектов ремонта между *РМ*.

Более подробное описание технологических модулей представлено в работах [12 – 13].

Внедрение АГПРВ требует оригинальных архитектурно-технологических решений, способных обеспечить гибкую связь между ремонтными позициями. При проектировании асинхронного гибкого потока ремонта вагонов, в главном производственном корпусе депо следует выбирать для ремонтных пролётов сетку колонн 24 x 12 м, а для транспортного пролёта – 18 x 12 м. Кроме того, при условии размещения вагонов поперёк пролётов и использования некоторых дополнительных возможностей такого потока, подлежат корректировке методы расчёта традиционных поточных линий.

Учитывая то, что АГПРВ может одновременно ремонтировать несколько типов вагонов, общая программа ремонта вагонов определяется по формуле:

$$N_{\text{в}} = \sum_{a=1}^p N_a ,$$

где N_a – программа ремонта вагонов a -го типа;

p – количество типов ремонтируемых вагонов.

На одном потоке могут ремонтироваться крытые вагоны, полувагоны, платформы, хоперы, окатышевозы и т.п. Основное требование к ремонтируемым вагонам – схожесть конструкции и соблюдение длины вагона. Длина вагона должна быть не более 15 м (при ширине транспортного пролёта 18 м).

Продолжительность простоя вагона a -го типа в ремонте определяется по формуле:

$$T_a = \sum_{j=1}^m t_{aj} ,$$

где t_{aj} – время простоя вагона a -го типа на j -й позиции, ч;

m – общее количество ремонтных позиций.

Количество ремонтных модулей на j -й ремонтной позиции определяется по формуле:

$$n_j = \frac{\sum_{a=1}^p N_a t_{aj}}{F_{\text{н}} m_{\text{см}}} ,$$

где $F_{\text{н}}$ – номинальный годовой фонд времени работы потока в одну смену, ч;

$m_{\text{см}}$ – количество рабочих смен, $m_{\text{см}} = 2$.

Общее количество ремонтных модулей определяется по формуле:

$$R = \sum_{j=1}^m n_j .$$

Количество модулей для ожидания определяется по формуле:

$$\Omega = R k_o ,$$

где k_o – коэффициент, учитывающий количество модулей для ожидания, $k_o = 0,10 \dots 0,15$.

Общее количество технологических модулей определяется по формуле:

$$\Theta = R + \Omega .$$

Все технологические модули располагаются по обе стороны транспортного пролёта. Поэтому общее количество технологических модулей можно ещё определить по формуле:

$$\Theta = D_{\text{п}} + D_{\text{л}} ,$$

где $D_{\text{п}}$ – количество технологических модулей, расположенных с правой стороны от трансбордера;

$D_{\text{л}}$ – количество технологических модулей, расположенных с левой стороны от трансбордера. Исходя из того, что ширина различных

технологических модулей может быть неодинакова, с разных сторон может быть также неодинаковое количество модулей.

Под фронтом ремонта будем понимать количество вагонов, находящихся одновременно в ремонтных модулях. Фронт ремонта должен быть не более общего количества ремонтных модулей, $\Phi_p \leq R$.

Общее же количество всех вагонов, находящихся на потоке (фронт), определяется по формуле:

$$\Phi = \Phi_p + \Phi_o,$$

где Φ_o – количество вагонов, находящихся в модулях для ожидания, $\Phi_o \leq \Omega$.

Средний такт АГПРВ определяется по формуле:

$$\tau_{cp} = \frac{F_n m_{cm}}{N_b}.$$

Средний ритм определяется следующим образом:

$$r_{cp} = \frac{1}{\tau_{cp}}.$$

Количество трансбордерных тележек определяется согласно формуле:

$$n_{tr} = \frac{N_{пер} t_{об} k_n}{60 F_d m_{cm} k_n},$$

где $N_{пер}$ – общее количество перемещений вагонов:

$$N_{пер} = N_b S_1 k_{дп},$$

где $k_{дп}$ – коэффициент, учитывающий дополнительные перемещения, связанные с нахождением вагонов в модулях для ожидания, $k_{дп} = 1,08 \dots 1,10$;

S_1 – количество минимально необходимых перемещений одного вагона при помощи трансбордера:

$$S_1 = m - 1;$$

$t_{об}$ – время оборота трансбордера, мин;

k_n – коэффициент, учитывающий неравномерность транспортировки, $k_n = 1,10 \dots 1,20$;

k_n – коэффициент использования трансбордера во времени, $k_n = 0,7 \dots 0,8$;

F_d – действительный годовой фонд времени работы трансбордера в одну смену, ч:

$$F_d = F_n - T_{обсл},$$

где $T_{обсл}$ – время на техническое обслуживание и ремонт трансбордера, составляет 4 % от F_n .

Продолжительность оборота трансбордера определяется по формуле:

$$t_{об} = (t_{загр} + t_{выгр} + t_{тр}),$$

где $t_{загр}$ – время загрузки вагона на трансбордер, $t_{загр} = 3 \dots 4$ мин;

$t_{выгр}$ – время выгрузки вагона с трансбордера, $t_{выгр} = 3 \dots 4$ мин;

$t_{тр}$ – среднее время перемещения трансбордера (в гружённом и порожнем состоянии), мин:

$$t_{тр} = \frac{l_{mn}}{v},$$

где l_{mn} – длина транспортного пролёта, м:

$$l_{mn} = \sum_{i=1}^{\omega} d_i,$$

где ω – максимальное количество модулей, расположенных с одной из сторон транспортного пролёта, $\omega = \max \{D_n, D_l\}$;

d_i – ширина i -го технологического модуля, которая зависит от размеров применяемого технологического оборудования и величины шага колонн, $d_i = 6 \dots 9$ м;

v – средняя скорость перемещения трансбордера, $v = 50 \dots 60$ м/мин.

Количество трансбордеров должно быть не менее двух, $n_{tr} = 2$.

Общее количество возможных вариантов (путей) перемещения вагона через ремонтные модули АГПРВ определяется по формуле:

$$S_{II} = \prod_{j=1}^m n_j.$$

Для полужёсткого потока $S_{I,II}$ определяются количеством используемых путей ($S = 2$, если два пути, $S = 3$, если три пути и т.д.).

Общее количество возможных вариантов перемещения вагона через все позиции главного потока ремонта вагонов определяется по формуле:

$$S_{общ} = S_I \cdot S_{II} \cdot S_{III}.$$

Представленный расчёт основных параметров асинхронного гибкого потока ремонта вагонов не учитывает вероятностный характер вагоноремонтного производства и может быть использован только для предварительных проработок на стадии разработки ТЭО. Дальнейшие разработки (на стадии технического проекта) должны производиться с учётом обязательного использования имитационного моделирования работы АГПРВ на ЭВМ. В качестве

математических моделей функционирования вагоноремонтных гибких потоков могут быть использованы схемы кусочно-линейных агрегатов [12 – 13].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Скиба, И. Ф. Поточный метод ремонта вагонов на заводах [Текст] / И. Ф. Скиба. – М.: Трансжелдориздат, 1950. – 247 с.
2. Скиба, И. Ф. Экономическая эффективность новой техники, организации и технологии ремонта вагонов [Текст] / И. Ф. Скиба. – М.: Транспорт, 1964. – 243 с.
3. Скиба, И. Ф. Комплексно-механизированные поточные линии в вагоноремонтном производстве [Текст] / И. Ф. Скиба, В. А. Ёжиков. – М.: Транспорт, 1988. – 295 с.
4. Гридюшко, В. И. Вагонное хозяйство [Текст] / В. И. Гридюшко, В. П. Бугаев, Н. З. Криворучко. – М.: Транспорт, 1982. – 136 с.
5. Берман, А. Г. Ритмичность производства в машиностроении и приборостроении (организационно-экономические вопросы) [Текст] / А. Г. Берман. – Л.: Машиностроение, 1974. – 296 с.
6. Кузин, Б. И. Организация поточного производства в условиях научно-технического прогресса машиностроения [Текст] / Б. И. Кузин. – Л.: Машиностроение, 1977. – 184 с.
7. Эшби, У. Р. Введение в кибернетику [Текст] / У. Р. Эшби. – М.: Изд-во ин. лит., 1959. – 432 с.
8. Вагонное хозяйство [Текст] / П. А. Устич и др.; под ред. П. А. Устича. – М.: Маршрут, 2003. – 560 с.
9. Мямлин, В. В. Использование ЭВМ для анализа функционирования различных поточных линий для ремонта вагонов [Текст] / В. В. Мямлин // Железнодорожный транспорт. Серия «Вагоны и вагонное хозяйство». Ремонт вагонов. – Вып. 1. – М.: ОИ/ЦНИИ ТЭИ МПС, 1989. – С. 1-11.
10. Мямлин, В. В. Совершенствование поточного метода ремонта вагонов за счёт гибкости транспортной системы между технологическими модулями [Текст] / В. В. Мямлин // Залізн. трансп. України. – 2008. – № 4. – С. 15-17.
11. Мямлин, В. В. Повышение эффективности поточного метода ремонта вагонов путём использования специальных архитектурно-технологических решений, обеспечивающих гибкую связь между позициями [Текст] / В. В. Мямлин // Проблемы и перспективы развития вагоностроения: Материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. (Брянск, 09-10.10.2008). – Брянск, 2008. – С. 76-78.
12. Мямлин, В. В. Использование теории кусочно-линейных агрегатов для формализации работы ремонтных модулей поточной вагоноремонтной линии с гибкой транспортной системой [Текст] / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 24. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 44-48.
13. Мямлин, В. В. Схема кусочно-линейного агрегата как математическая модель функционирования технологических модулей асинхронного гибкого потока ремонта вагонов [Текст] / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 25. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 18-22.
14. Иванищев, В. В. Автоматизация моделирования поточных систем [Текст] / В. В. Иванищев. – М.: Наука, 1986. – 142 с.

Поступила в редколлегию 25.03.2009.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЗАИМНОЙ НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

Розглянуто умови забезпечення взаємного навантаження електричних машин постійного струму.

Рассмотрены условия обеспечения взаимной нагрузки электрических машин постоянного тока.

The conditions of providing the mutual loading of DC electric machines are considered.

Оптимизация структуры схемы взаимной нагрузки является генеральным направлением в решении общей задачи снижения энергетических затрат на испытание тяговых энергетических машин постоянного и пульсирующего тока.

Необходимым условием решения задачи выбора наиболее рационального варианта испытательной схемы является наличие систематизированного перечня всех принципиально возможных вариантов создания условий взаимной нагрузки.

Первым необходимым этапом такой систематизации является определение всех возможных вариантов энергетических соотношений в схеме взаимной нагрузки неопределенной структуры. Проведение такого анализа является возможным благодаря определенности принципа энергопередачи при взаимной нагрузке электромашин. Известными будем считать также и способы покрытия потерь в схеме взаимной нагрузки: электрический и механический.

На рис. 1 приведена универсальная схема преобразования мощностей в основном контуре схемы взаимной нагрузки неопределенной структуры. Данный контур включает в себя: электрические части двигателя ЭД и генератора ЭГ, механические части двигателя МД и генератора МГ, преобразователи электрической и механической мощностей ПЭ и ПМ соответственно, источники электрической и механической мощностей ИЭ и ИМ соответственно. Под электрическими частями двигателя и генератора ЭГ понимаются их обмотки, а под механическими частями МД и МГ – их роторы, вращающиеся в статорах. Электрическая часть двигателя является потребителем электрической мощности, а его механическая часть – источником механической мощности $P_{мд}$. Механическая часть генератора представляет собой потребитель механической мощности, а его

электрическая часть – источник электрической мощности $P_{эг}$. Соответствующие преобразования мощностей в двигателе и генераторе происходят через их электромагнитные мощности $P_{эмд}$ и $P_{эmg}$ соответственно.

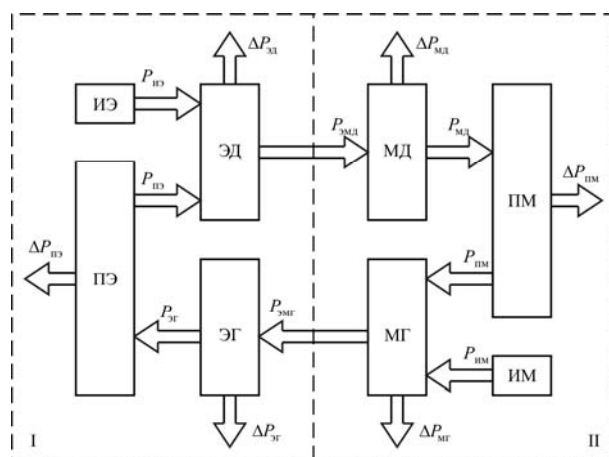


Рис. 1

Общая электрическая мощность $P_{эд}$, потребляемая двигателем, представляет собой сумму мощностей $P_{из}$ и $P_{пэ}$ источника ИЭ и преобразователя ПЭ соответственно. Общая механическая мощность, потребляемая генератором $P_{мг}$, представляет собой сумму мощностей $P_{им}$ и $P_{пм}$ источника ИМ и преобразователя ПМ соответственно.

$$P_{эд} = P_{пэ} + P_{из}; \quad (1)$$

$$P_{мг} = P_{пм} + P_{им}. \quad (2)$$

Мощности на выходах преобразователей ПЭ и ПМ:

$$P_{пэ} = P_{эг} - \Delta P_{пэ}, \quad (3)$$

где $\Delta P_{пэ}$ – потери мощности в преобразователе ПЭ;

$$P_{\text{пм}} = P_{\text{мд}} - \Delta P_{\text{пм}}, \quad (4)$$

где $\Delta P_{\text{пм}}$ – потери мощности в преобразователе ПМ;

При преобразовании мощностей неизбежны потери в электрических частях двигателя и генератора $\Delta P_{\text{эд}}$ и $\Delta P_{\text{эг}}$ (электрические потери) соответственно, а также потери в механических частях двигателя и генератора $\Delta P_{\text{мд}}$ и $\Delta P_{\text{мг}}$ (механические и магнитные потери) соответственно.

Электрические потери $\Delta P_{\text{эд}}$ и $\Delta P_{\text{эг}}$ вызваны протеканием токов в обмотках двигателя и генератора, а механические и магнитные потери $\Delta P_{\text{мд}}$ и $\Delta P_{\text{мг}}$ – вращением роторов испытываемых машин. На схеме преобразования мощностей отдельно не показаны добавочные потери двигателя и генератора, которые при рассмотрении вопроса их компенсации в схеме взаимной нагрузки можно частично отнести к электрическим, а частично – к магнитным. Отдельное рассмотрение этого вида потерь в данном анализе не является принципиально необходимым, а потому опускается.

Энергетическим критерием работоспособности схемы взаимной нагрузки является условие компенсации всех потерь в схеме внешними источниками мощности (ИЭ, ИМ).

Принципиально возможны следующие варианты компенсации потерь мощности в двигателе, генераторе и преобразователях:

- а) компенсация всех потерь одним источником электрической мощности;
- б) компенсация отдельных видов потерь двумя отдельными источниками электрической мощности;
- в) компенсация всех потерь одним источником механической мощности;
- г) компенсация отдельных видов потерь двумя отдельными источниками механической мощности;
- д) компенсация электрических потерь источником электрической мощности, а магнитных и механических – источником механической мощности;
- е) компенсация электрических потерь источником механической мощности, а механических и магнитных – источником электрической мощности.

Продолжая логическую цепь перебора вариантов сочетания видов потерь испытываемых электромашин с видами источников мощности, которыми можно компенсировать эти потери, придем к варианту, в котором все потери дви-

гателя компенсируются своими источниками энергии, а все потери генератора – своими. Однако даже поверхностный анализ схемы энергетических преобразований, приведенной на рис. 1, показывает, что такой вариант не рационален.

Замкнутый контур преобразования мощностей в схеме взаимной нагрузки (см. рис. 1) условно можно разбить на два участка, обведенные на рис. 1 пунктирными линиями. Участок I представляет собой электрическую часть стенда взаимной нагрузки, в которой происходят преобразования электрических мощностей. На этом участке схемы энергетических преобразований возникают только электрические потери, которые обусловлены активными падениями напряжений на элементах электрической цепи, вызванными протеканием токов. Компенсация этих потерь возможна только созданием в последовательной цепи электрических преобразований дополнительной электродвижущей силы. А в связи с тем, что цепь данных преобразований последовательная, создание дополнительных э.д.с. для отдельной компенсации электрических потерь двигателя и генератора нецелесообразно.

Участок II схемы на рис. 1 представляет собой механическую часть стенда взаимной нагрузки, в которой происходит последовательное преобразование механических мощностей. Отдельная компенсация механических и магнитных потерь двигателя и генератора двумя источниками момента, включенными в данную последовательную механическую цепь, нецелесообразна из тех же соображений, что и компенсация электрических потерь двумя источниками э.д.с.

Необходимо отметить, что каждому из возможных вариантов компенсации потерь (“а” – “е”) соответствует целый ряд вариантов схемы взаимной нагрузки. Таким образом, первым этапом в решении задачи оптимизации схемы взаимной нагрузки является выбор рационального варианта компенсации потерь из перечня, представленного выше. Приведем сравнительный анализ этих вариантов.

Взаимосвязь электромагнитных мощностей двигателя и генератора согласно схеме на рис. 1 может быть представлена в виде системы уравнений:

$$\begin{cases} P_{\text{эмд}} = P_{\text{эмг}} - \Delta P_{\text{эг}} - \Delta P_{\text{пз}} + P_{\text{из}} - \Delta P_{\text{эд}}; \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} P_{\text{эмг}} = P_{\text{эмд}} - \Delta P_{\text{мд}} - \Delta P_{\text{пм}} + P_{\text{им}} - \Delta P_{\text{мг}}. \end{cases} \quad (6)$$

Преобразовав данную систему, получим

$$P_{\text{эмд}} - P_{\text{эmg}} = \frac{1}{2}(P_{\text{из}} - P_{\text{им}}) - \frac{1}{2}(\Delta P_{\text{э}} - \Delta P_{\text{м}}), \quad (7)$$

где $\Delta P_{\text{э}}$ и $\Delta P_{\text{м}}$ – суммарные электрические, магнитные и механические потери обеих испытуемых машин и преобразователей.

$$\Delta P_{\text{э}} = \Delta P_{\text{эд}} + \Delta P_{\text{эг}} + \Delta P_{\text{пэ}}; \quad (8)$$

$$\Delta P_{\text{м}} = \Delta P_{\text{мд}} + \Delta P_{\text{мг}} + \Delta P_{\text{мм}}. \quad (9)$$

Рассмотрим все варианты компенсации потерь мощности в основном контуре схемы взаимной нагрузки (рис. 1).

Вариант «а». Все потери компенсируются одним источником электрической мощности:

$$\begin{cases} P_{\text{им}} = 0; \\ P_{\text{из}} = \Delta P_{\text{э}} + \Delta P_{\text{м}}. \end{cases} \quad (10)$$

$$(11)$$

Из уравнения (7) после преобразований получим взаимосвязь электромагнитных мощностей для данного варианта в виде:

$$P_{\text{эмд}} - P_{\text{эmg}} = \Delta P_{\text{м}}. \quad (12)$$

Таким образом, в данном варианте механические и магнитные потери в схеме компенсируются положительной разностью электромагнитных мощностей двигателя и генератора. Тогда условие обеспечения взаимной нагрузки можно выразить в виде системы неравенств:

$$\begin{cases} P_{\text{эмд}} > P_{\text{эmg}}; \\ P_{\text{из}} > P_{\text{эмд}} - P_{\text{эmg}}. \end{cases} \quad (13)$$

$$(14)$$

Неравенство (13) является условием вращения якорей испытуемых электромашин, а неравенство (14) – условием протекания токов в их якорных обмотках.

Вариант «б». Все потери компенсируются двумя отдельными источниками электрической мощности, электрические потери – одним, а механические и магнитные – другим.

$$\begin{cases} P_{\text{им}} = 0; \end{cases} \quad (15)$$

$$\begin{cases} P_{\text{из1}} = \Delta P_{\text{э}}; \end{cases} \quad (16)$$

$$\begin{cases} P_{\text{из2}} = \Delta P_{\text{м}}. \end{cases} \quad (17)$$

Используя уравнение (7) для данного варианта, получим аналогичное выражению (12) для варианта «а» уравнение

$$P_{\text{эмд}} - \Delta P_{\text{эmg}} = \Delta P_{\text{м}}. \quad (18)$$

Так же, как и в «а», в данном варианте механические и магнитные потери компенсируются положительной разностью электромаг-

нитных мощностей двигателя и генератора. Условие обеспечения взаимной нагрузки электромашин будет иметь вид

$$\begin{cases} P_{\text{эмд}} > P_{\text{эmg}}; \end{cases} \quad (19)$$

$$\begin{cases} P_{\text{из1}} > 0. \end{cases} \quad (20)$$

Здесь неравенство (19) является условием вращения якорей испытуемых электромашин, а неравенство (20) – условием протекания токов в их якорных обмотках.

Вариант «в». Все потери компенсируются одним источником механической мощности:

$$\begin{cases} P_{\text{из}} = 0; \end{cases} \quad (21)$$

$$\begin{cases} P_{\text{им}} = \Delta P_{\text{э}} + \Delta P_{\text{м}}. \end{cases} \quad (22)$$

Из уравнения (7) получим выражение, связывающее электромагнитные мощности испытуемых двигателя и генератора в виде:

$$P_{\text{эmg}} - \Delta P_{\text{эмд}} = \Delta P_{\text{э}}. \quad (23)$$

В рассматриваемом варианте компенсация всех электрических потерь в схеме обеспечивается положительной разностью электромагнитных мощностей генератора и двигателя. Условие обеспечения взаимной нагрузки имеет вид

$$\begin{cases} P_{\text{эmg}} > P_{\text{эмд}}; \end{cases} \quad (24)$$

$$\begin{cases} P_{\text{им}} > P_{\text{эmg}} - P_{\text{эмд}}. \end{cases} \quad (25)$$

Неравенство (24) является условием протекания токов в якорных обмотках двигателя и генератора, а неравенство (25) – условием вращения их якорей.

Вариант «г». Все потери компенсируются двумя отдельными источниками механической мощности, электрические потери – одним, а механические и магнитные – другим:

$$\begin{cases} P_{\text{из}} = 0; \end{cases} \quad (26)$$

$$\begin{cases} P_{\text{им1}} = \Delta P_{\text{э}}; \end{cases} \quad (27)$$

$$\begin{cases} P_{\text{им2}} = \Delta P_{\text{м}}. \end{cases} \quad (28)$$

Используя уравнение (7), получим для данного варианта выражение взаимосвязи электромагнитных мощностей генератора и двигателя, аналогичное варианту «в»

$$P_{\text{эmg}} - \Delta P_{\text{эмд}} = \Delta P_{\text{э}}. \quad (29)$$

Так же, как и в варианте «в», компенсацию электрических потерь в схеме обеспечивает положительная разность электромагнитных мощностей генератора и двигателя. Условие

обеспечения взаимной нагрузки электромашин будет иметь вид

$$\begin{cases} P_{\text{эмг}} > P_{\text{эмд}}; \\ P_{\text{им2}} > 0. \end{cases} \quad (30)$$

Неравенство (30) является условием протекания токов в якорных обмотках испытуемых электромашин, а неравенство (31) – условием вращения их якорей.

Вариант «д». Электрические потери компенсируются источником электрической мощности, а магнитные и механические – источником механической мощности:

$$\begin{cases} P_{\text{из}} = \Delta P_{\text{э}}; \\ P_{\text{им}} = \Delta P_{\text{м}}. \end{cases} \quad (32)$$

Из уравнения (7) для данного варианта получим выражение, определяющее соотношение электромагнитных мощностей испытуемых электромашин в виде

$$P_{\text{эмд}} = P_{\text{эмг}}. \quad (34)$$

Таким образом, компенсация электрических, магнитных и механических потерь в схеме при таком варианте осуществляется при равенстве электромагнитных мощностей двигателя и генератора. Условием обеспечением взаимной нагрузки электромашин будет система неравенств:

$$\begin{cases} P_{\text{из}} > 0; \\ P_{\text{им}} > 0. \end{cases} \quad (35)$$

Неравенство (35) является условием протекания токов в якорных обмотках испытуемых электромашин, а неравенство (36) – условием вращения их якорей.

Вариант «е». Электрические потери компенсируются источником механической мощности, а магнитные и механические потери – источником электрической мощности:

$$\begin{cases} P_{\text{им}} = \Delta P_{\text{э}}; \\ P_{\text{из}} = \Delta P_{\text{м}}. \end{cases} \quad (37)$$

Используя уравнение (7), получим выражение, определяющее соотношение электромагнитных мощностей испытуемых электромашин в виде

$$P_{\text{эмд}} - P_{\text{эмг}} = \Delta P_{\text{м}} - \Delta P_{\text{э}}. \quad (39)$$

При данном варианте компенсации потерь в схеме взаимной нагрузки разница между электромагнитными мощностями двигателя и гене-

ратора равна разности механических и электрических потерь. Это означает, что характер соотношения этих электромагнитных мощностей будет изменяться в зависимости от соотношения видов потерь в схеме. Условием обеспечения взаимной нагрузки электромашин при данном варианте будет система:

$$P_{\text{эмд}} = P_{\text{эмг}}, \text{ если } \Delta P_{\text{м}} = \Delta P_{\text{э}}; \quad (39)$$

$$P_{\text{эмд}} > P_{\text{эмг}}, \text{ если } \Delta P_{\text{м}} > \Delta P_{\text{э}}; \quad (40)$$

$$P_{\text{эмд}} < P_{\text{эмг}}, \text{ если } \Delta P_{\text{м}} < \Delta P_{\text{э}}; \quad (41)$$

$$P_{\text{из}} > 0; \quad (42)$$

$$P_{\text{им}} > 0. \quad (43)$$

Неравенство (40) является условием вращения якорей двигателя и генератора, а неравенство (41) – условием протекания в их обмотках тока. Неравенства (42), (43) являются дополнительными обязательными условиями, без которых невозможно обеспечение условий (40), (41). Уравнение (39) является частным случаем соотношения электромагнитных мощностей испытуемых электромашин, которое соответствует режиму равенства электрических потерь в схеме магнитным и механическим потерям. Для данного частного случая неравенства (42), (43) также являются необходимыми условиями работы схемы взаимной нагрузки.

Полученные соотношения электромагнитных мощностей испытуемых электромашин определяют характер возможных соотношений их токов, магнитных потоков и частот вращения, обеспечивающих процесс взаимной нагрузки.

Анализ этих условий обеспечения взаимной нагрузки, полученных для каждого из вариантов компенсации потерь, позволяет определить все принципиально возможные варианты схемы взаимной нагрузки тяговых электромашин постоянного и пульсирующего тока.

В вариантах «а», «б» и «д» компенсация электрических потерь осуществляется непосредственно источником электрической мощности без преобразований в другой вид мощности.

В вариантах «в», «г», «д» компенсация магнитных и механических потерь осуществляется источником механической мощности, непосредственно и также без преобразований в другой вид мощности.

В вариантах «в», «г» и «е» компенсация электрических потерь осуществляется источником механической мощности ИМ путем преобразования её в электрическую посредством ис-

пытуемого генератора. При этом электромагнитная мощность генератора $P_{\text{эмг}}$ и потери в нем $\Delta P_{\text{мг}}$ и $\Delta P_{\text{эг}}$ увеличиваются.

В вариантах «а», «б» и «е» компенсация механических потерь осуществляется источником электрической мощности ИЭ путем преобразования её в механическую посредством испытуемого двигателя. При этом электромагнитная мощность двигателя $P_{\text{эмд}}$ и потери в нем $\Delta P_{\text{эд}}$ и $\Delta P_{\text{мд}}$ также увеличиваются.

Здесь необходимо отметить, что отмеченное выше увеличение потерь, связанное с необходимостью преобразования вида мощности, предназначенной для их покрытия, не оказыва-

ет отрицательного влияния на коэффициент полезного действия испытания, т.к. энергия покрытия всех потерь в самих испытуемых электромашинах в данном процессе является полезной. Отрицательным фактором при взаимной нагрузке в таких вариантах покрытия потерь является расхождение электромагнитных мощностей испытуемых электромашин, которые определяют степень их нагруженности. В табл. 1 приведены соотношения электромагнитных мощностей при взаимной нагрузке электромашин, полученные в результате анализа обобщенной схемы потоков мощности, представленной на рис. 1.

Таблица 1

Вариант		а, б	в, г	д	е
Способ покрытия потерь	$\Delta P_{\text{э}}$	ИЭ	ИМ	ИЭ	ИМ
	$\Delta P_{\text{м}}$	ИЭ	ИМ	ИМ	ИЭ
Соотношение электромагнитных мощностей		$P_{\text{эмд}} > P_{\text{эмг}}$	$P_{\text{эмд}} < P_{\text{эмг}}$	$P_{\text{эмд}} = P_{\text{эмг}}$	$P_{\text{эмд}} \approx P_{\text{эмг}}$
Недогруженная электромашина		Генератор	Двигатель	нет	Двигатель или генератор

Наиболее рациональным с точки зрения одинакового нагружения испытуемых электромашин является вариант «д», при котором электромагнитные мощности двигателя и генератора равны. Недогружение одной из однотипных испытуемых электромашин при испытании на нагрев не дает возможности определения действительного значения превышения температуры её частей, соответствующего номинальному режиму. Отметим, что испытания на нагрев являются наиболее энергоёмкими в общем перечне программы приемо-сдаточных испытаний.

При решении задачи оптимизации схемы взаимной нагрузки может оказаться, что с точки зрения минимума энергозатрат на испытания или себестоимости испытательной станции рациональным будет вариант, отличный от ва-

рианта «д». Для уменьшения отрицательного влияния фактора, описанного выше, необходимо выбирать такие методы обеспечения взаимной нагрузки, при которых разность тепловой нагруженности испытуемых электромашин будет минимальной при заданной разности их электромагнитных мощностей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жерве, Г. К. Промышленные испытания электрических машин [Текст] / Г. К. Жерве. – Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 408 с.
2. Коварский, Е. М. Испытание электрических машин [Текст] / Е. М. Коварский, Ю. И. Янко. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.

Поступила в редколлегию 26.03.2009.

М. П. БАДЕР, В. П. СЕМЕНЧУК (МИИТ, Москва, Российская Федерация),
В. Г. СЫЧЕНКО (ДИИТ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСТРОЙСТВ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА СМЕЖНЫЕ УСТРОЙСТВА

Розглянуто результати дослідження впливу пристроїв автоматичного регулювання напруги на суміжні пристрої.

Рассмотрены результаты исследования влияния устройств автоматического регулирования напряжения на смежные устройства.

Research results of voltage autocontrol devices' influence on adjacent devices are considered.

1. Анализ состояния проблемы и постановка задачи работы

Любое преобразование электрической энергии связано с искажением кривой сетевого тока и появлению гармоник высшего порядка. К настоящему времени на железных дорогах стран СНГ успешно применяются тяговые трансформаторы с устройствами бесконтактного автоматического регулирования напряжения (БАРН) с 6-фазным и 12-фазным режимом выпрямления. Разработан и проходит опытную эксплуатацию тяговый агрегат с 24-фазным выпрямлением. На сегодняшний день предлагается также применение усовершенствованных преобразовательных агрегатов с расширенными функциями. Структура такого преобразовательного агрегата для тяговых подстанций, показана на рис. 1. Она содержит основной выпрямитель (ОВ) по традиционной 12-пульсной схеме и обратимый вольтодобавочный преобразователь ЗВ с широтноимпульсной модуляцией на запираемых приборах с диапазоном регулирования напряжения порядка $\pm 20\%$, компенсирующий недостатки основного выпрямителя с точки зрения его электромагнитной совместимости с контактной сетью (КС) и питающей сетью (ПС) [1].

В частности, вольтодобавка может выступить в качестве активного фильтра (АФ) канонических и неканонических гармоник выходного напряжения основного выпрямителя, что позволяет облегчить выходной пассивный фильтр, который в настоящее время по массе и потерям энергии соизмерим с сетевым трансформатором.

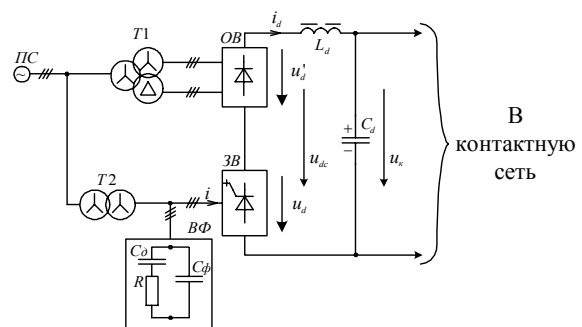


Рис 1. Структура преобразовательного агрегата
для тяговых подстанций

В настоящее время зарубежными фирмами освоены новые полупроводниковые приборы: силовые запираемые тиристоры типа GTO, GCT, IGCT и силовые биполярные транзисторы с изолированным затвором типа IGBT. Аналогичные полупроводниковые приборы осваивают и отечественные предприятия. Для создания 12-, 24-пульсовых выпрямительно-инверторных преобразователей тяговых подстанций наиболее эффективными полупроводниковыми приборами являются мощные биполярные транзисторы с изолированным затвором типа IGBT на ток 1800 А и напряжение 1700 В или на ток 2000 А и напряжение 3300 В и мощные запираемые тиристоры с интегрированным управлением типа IGCT на токи 3000...4000 А и напряжение 4500...6000 В.

Используя силовые IGBT транзисторы на указанные токи и напряжения, можно сделать инверторы для тяговых подстанций по 12- и 24-пульсовым схемам инвертирования мощностью 2,4 и 6 МВт на номинальные токи соответственно 600 А, 1200 А и 1800 А, а используя IGCT тиристоры, можно создать тиристорные

преобразователи мощностью 5 МВт и 10 МВт на токи 1600 А и 3150 А.

В то же время реальных исследований влияния устройств преобразовательной техники с функциями регулирования напряжения тяговых подстанций постоянного тока на смежные устройства не проводится, а выводы об их эффективности базируются на данных электронного моделирования, не учитывающего реальных условий функционирования. Несмотря на то, что приведенные ниже результаты исследований выполнены более двадцати лет назад, мы считаем, что они не утратили свою актуальность и сейчас и должны учитываться разработчиками современных устройств преобразовательной техники.

2. Цель работы

Настоящая статья посвящена рассмотрению влияния работающих устройств бесконтактного регулирования напряжения со смежными устройствами.

3. Исследование влияния БАРН на смежные устройства

Для определения электромагнитной совместимости преобразователей, оснащенных БАРН, со смежными устройствами проводились экспериментальные исследования на Октябрьской ж.д. При этом осуществлялись подробные исследования спектрального состава напряжения на выходе преобразователей тяговых подстанций и наведенного псофометрического напряжения в каналах проводной связи с отключенными и работающими БАРН. Методика исследований заключалась в следующем:

- к измерительным датчикам, установленным до и после сглаживающих фильтров тяговых подстанций, подключались измерительные магнитографы типа 7005 (Брюль и Кьер). Одновременно проводилась запись линейного и псофометрического напряжений в однопроводном и двухпроводном каналах связи.

- на автоматизированном комплексе спектрального анализа исследовался гармонический состав исследуемых кривых в виде спектров и числовых характеристик (математического ожидания, среднеквадратического отклонения, максимума и минимума).

Результаты эксперимента представлены в следующем виде:

- на рис. 2 – 5 показаны характерные спектры гармонических составляющих исследуемых кривых,

- характер изменения наиболее влияющих гармонических составляющих выпрямленного напряжения во времени в зависимости от режима работы тяговой подстанций приведен на рис. 6 – 8;

- результаты статистической обработки гармонических составляющих в виде математического ожидания $M[U_k]$, среднеквадратического отклонения $S[U_k]$ и максимума U_{kmax} представлены в табл. 1.

На рис. 2 приведен характерный спектр выпрямленного напряжения до сглаживающего фильтра 12-фазного преобразователя с отключенным АРН на тяговой подстанции Алешинка, а на рис. 3 – аналогичный спектр с работающим АРН. Наибольший интерес в этом спектре представляют гармонические составляющие с частотами 100, 200, 300, 600, 900, 1200 Гц, которые на рис. 6 – 8 представлены в зависимости от времени при изменяющейся нагрузке преобразователя при работающем и отключенном БАРН. Сопоставляя спектры гармонических составляющих выпрямленного напряжения 12-фазного преобразователя, представленные на рис. 2 и 3, а также анализируя их временные зависимости (рис. 6 – 8) и статистические характеристики (табл. 1), можно сделать вывод, что работа БАРН практически не сказывается на гармонических составляющих с частотами 100, 200 Гц и приводит к увеличению гармонических составляющих с частотой 300 Гц на 8...10 дБ, 600 Гц на 4...5 дБ, 900 Гц на 18...28 дБ, 1200 Гц на 2...5 дБ, 1500 Гц на 5...6 дБ, 1800 Гц на 6...8 дБ. Возрастает и ряд других неканонических гармоник (рис. 2, 3), однако наиболее существенного изменения претерпевает гармоника с частотой 900 Гц, которая практически отсутствует при отключенном АРН и достигает значения 95 В при его включении. Если учесть, что коэффициент акустического воздействия на этой частоте равен 1,072, то станет очевидно, что включение АРН на 12-фазных преобразователях приводит к ухудшению электромагнитной совместимости системы тягового электроснабжения и смежных слаботочных систем. Аналогичные выводы можно сделать и при работе АРН на 6-фазных преобразователях (подстанция Поплавинец), что подтверждается спектрами на рис. 4 – 5.

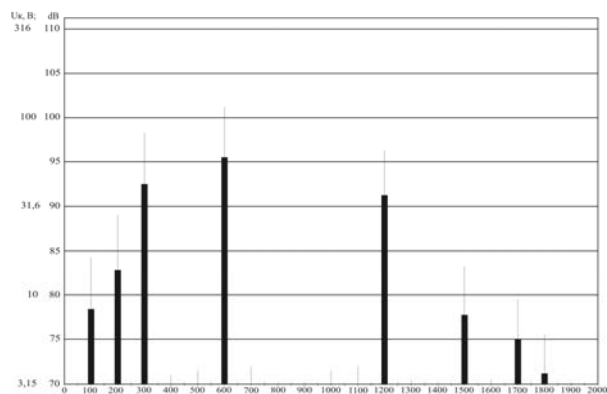


Рис. 2. Спектральный состав выпрямленного напряжения 12-фазного преобразователя при отключенном БАРН

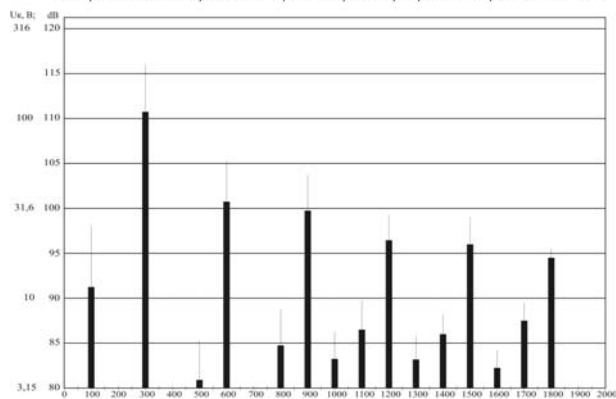


Рис. 5. Спектральный состав выпрямленного напряжения 6-фазного преобразователя при включенном БАРН

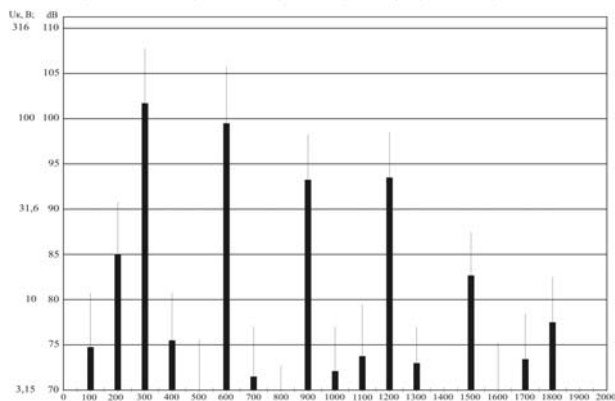


Рис. 3. Спектральный состав выпрямленного напряжения 12-фазного преобразователя при включенном БАРН

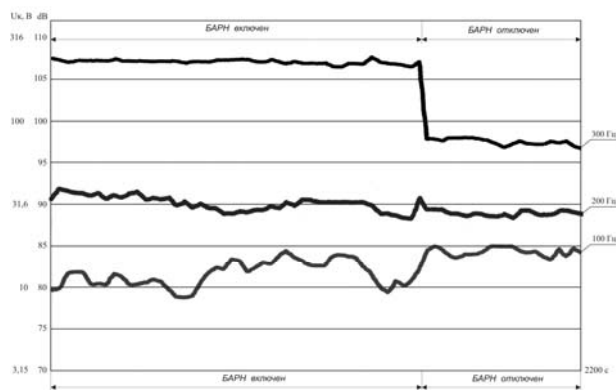


Рис. 6. Изменение во времени гармоник выпрямленного напряжения 12-фазного преобразователя при работе БАРН

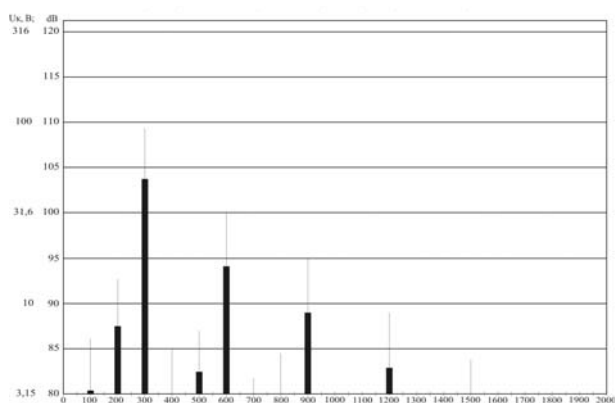


Рис. 4. Спектральный состав выпрямленного напряжения 6-фазного преобразователя при отключенном БАРН

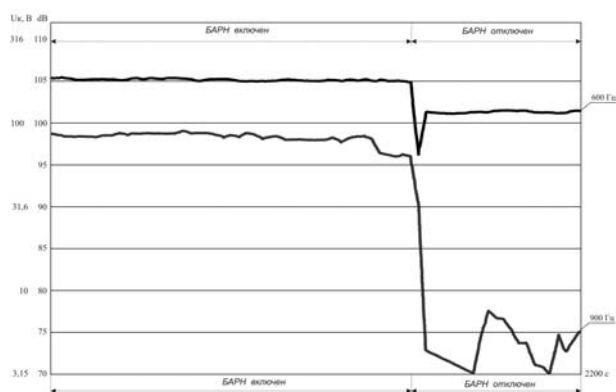


Рис. 7. Изменение во времени гармоник выпрямленного напряжения 12-фазного преобразователя при работе БАРН

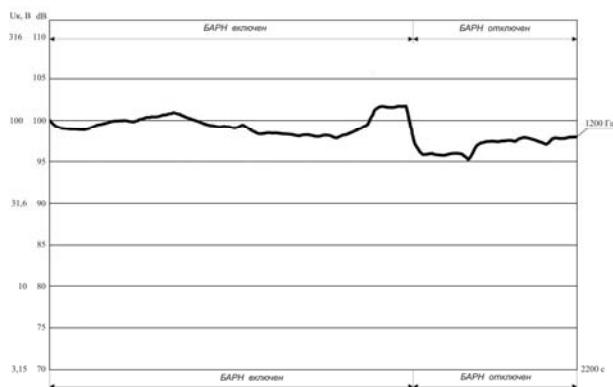


Рис. 8. Изменение во времени гармоник выпрямленного напряжения 12-фазного преобразователя при работе ВАРН

Выводы

При рассмотрении вопросов проектирования преобразовательных устройств с функциями регулирования напряжения необходимо учитывать ухудшение их электромагнитной совместимости со смежными устройствами. Среди способов снижения влияния при использовании АРН следует назвать применение современных активных способов подавления помех [2].

Таблица 1

Результаты статистической обработки гармонических составляющих

Частота гармоник, Гц	Регулятор отключен			Регулятор включен		
	$M[U]$	$S[U]$	U	$M[U]$	$S[U]$	U
100	2,19	0,87	5,12	5,73	5,73	9,12
200	8,19	1,29	11,7	7,59	1,05	11,48
300	65,86	12,5	89,01	132,1	20,4	190,5
400	3,7	0,4	4,46	2,25	0,7	5,37
500	-	-	-	1,73	0,35	4,78
600	54,2	4,92	64,5	70,69	17,84	100,1
700	-	-	-	4,9	1,95	15,84
800	-	-	-	5,7	1,67	16,98
900	11,5	7,4	28,8	87,0	17,22	117,5
1000	1,54	0,26	2,39	9,6	2,3	15,84
1100	2,27	0,33	3,16	7,25	3,5	28,18
1200	32,4	3,6	38,9	83,67	14,62	134,69
1300	-	-	-	9,82	3,08	24,5

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Энергоэффективный преобразовательный агрегат с функциями фильтрации гармоник выходного напряжения тяговой подстанции системы электроснабжения постоянного тока напряжением 3 кВ [Текст] / В. М. Самсонкин и др. // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 20. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 66-72.
2. Сыченко, В. Г. Силовой активный фильтр для тяговой подстанции постоянного тока [Текст] / В. Г. Сыченко, В. А. Зубенко // 7-й Межд. симп. по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии. Материалы симпозиума. Санкт-Петербург. 26-29.06.2007 г. – С. 66-69.

Поступила в редколлегию 04.02.2009.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИЛОВОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОВОЗА ДЭ1

В статті обґрунтовані пропозиції з підвищення ефективності захисту тягових електродвигунів в режимі тяги і рекуперації від короткого замикання і буксування колісних пар.

В статье обоснованы предложения по улучшению эффективности защиты тяговых электродвигателей от короткого замыкания и буксования колёсных пар.

This paper deals with the well-grounded proposals for improving the efficient protection of traction motors from the short circuit and the slip of wheel sets.

В настоящее время ДЭВЗ выпустил 39 восьмиосных электровозов постоянного тока типа ДЭ1, которые в эксплуатации на железных дорогах Украины показали положительные результаты. Однако были выявлены серьёзные недостатки в их работе:

1. В режиме тяги при возникновении буксования колёсных пар для прекращения буксования автоматически вводится электронным контроллером ступенчато резисторы пускового сопротивления с интенсивностью 0,2 с на позицию до прекращения буксования. Такой принцип противобуксовочной защиты – ПБЗ применён на пассажирском электровозе ЧС7, но с механическим промежуточным контроллером. На грузовом электровозе вряд ли целесообразно применение такого принципа.

2. В режиме рекуперативного торможения в силовой схеме электровоза ДЭ1 не предусмотрена защита тяговых двигателей от внутренних коротких замыканий по схеме В. Д. Мацнева.

3. В силовой схеме тяговых двигателей МЗ-М4 со стороны «земли» в их цепь не включено стабилизирующее сопротивление в режиме рекуперативного торможения, и в случае возникновения кругового огня на коллекторе тягового двигателя или пробоя изоляции щёткодержателя двигателя ток короткого замыкания может достигать значительной величины.

4. Ряд других недостатков будут рассмотрены далее.

Анализ предлагаемых схем модернизаций

1. Разработка усовершенствованной противобуксовочной защиты на электровозе ДЭ1.

1.1. На современных электровозах контроль за недопущением повышенного проскальзывания колёсных пар осуществляется:

– по разнице между $(V_{\text{мак}} - V_{\text{мин}})$ частотой вращения колёсных пар;

– по интенсивности изменения токов тяговых двигателей $\frac{d(I_{\text{мак}} - I_{\text{ср}})}{dt}$;

– по интенсивности изменения минимального (в режиме тяги) $\frac{dV_{\text{мин}}}{dt}$ или максимального (в

режиме рекуперации) $\frac{dV_{\text{мак}}}{dt}$ числа, выделенно-

го из величины частоты вращения колёсных пар секций локомотива.

При первом и втором случаях повышение проскальзывания колёсных пар ликвидируется импульсной подачей песка. В третьем случае синхронно буксование или юз предотвращается снижением силы тяги с последующим восстановлением силы тяги до заданного уровня. Подача песка или снижение силы тяги происходит лишь в той секции, где произошло проскальзывание колёсных пар.

1.2. От чувствительности системы защиты зависит износ в контакте колесо-рельс и расход песка. В эксплуатационных условиях слишком чувствительная ПБЗ, с одной стороны, снижает износ колёсных пар, но, с другой стороны, приводит к большому расходу песка, засорению железнодорожного полотна.

На отечественных электровозах принято обеспечивать защиту от буксования и юза по абсолютной разнице скольжения колёсных пар. В среднем ПБЗ включается в работу при проскальзывании колёсных пар на уровне 0,8...1,5 м/с. Период подачи песка $T = 1$ с, скважность $\lambda = 0,8$. Подача песка прекращается при прекращении проскальзывания колёсных пар электровоза.

1.3. Синхронное буксование колёсных пар и юз предотвращаются снижением силы тяги на

величину, пропорциональную интенсивности развития процесса проскальзывания. При работе защиты от синхронного буксования или юза максимальное проскальзывание колёсных пар электровоза составляет 2,5...4 м/с.

В целях оптимального расхода песка при использовании автоматической подачи песка изменяется период импульсов подачи песка в зависимости от скорости движения электровоза (предложение С. В. Покровского).

1.4. На электровозах ВЛ11м принята автоматическая система защиты от буксования с помощью датчиков буксования, каждый из которых связан с группой тяговых электродвигателей. При буксовании или юзе колесных пар любой группы тяговых электродвигателей электрической схемой ПБЗ предусмотрено:

- подача светового сигнала на пульт машиниста;

- автоматическая подсыпка песка под первые по ходу движения колёса каждой тележки электровоза на всех соединениях тяговых электродвигателей в режимах тяги и рекуперативного торможения. Переход группы тяговых электродвигателей буксующей тележки с полного возбуждения на ступень ослабленного возбуждения ОВ4 и восстановление полного возбуждения после прекращения буксования (в режиме тяги на последовательном и последовательно-параллельном соединении двигателей). Включение уравнительного контактора для увеличения тока возбуждения группы тяговых электродвигателей буксующей тележки, перевод с ослабленного на полное возбуждение в режиме тяги на параллельном соединении тяговых электродвигателей электровоза.

1.5. Для защиты электровоза ДЭ1 от буксования и юза в режимах тяги и электрического торможения предусмотрено:

- автоматическая импульсная подача песка под колёса электровоза;

- снижение величины тока двигателей путём сброса позиций электронным контроллером и вводом резисторов пускового сопротивления с интенсивностью 0,2 с/поз.

Включение защиты электровоза от буксования и юза происходит при срабатывании реле буксования или от сигналов частотных датчиков ДгВ1, ДгВ2, ДгВ3, ДгВ4. Схема обнаружения юза и буксования реализована в ячейке ЯВЮБ, входящей в состав системы управления электровозом ДЭ1.

ПБЗ, применённая на электровозе ДЭ1, имеет следующие недостатки:

- при возникновении буксования колёсных пар какой либо тележки происходит постепенное снижение величины тока не только в цепи тяговых электродвигателей, связанными с буксующими колёсными парами, но и во всех остальных шести двигателях на последовательном соединении или в двух двигателях на последовательно-параллельном соединении.

Поэтому условия предотвращения буксования колёсных пар значительно ухудшаются, и это приводит к дополнительному уменьшению реализуемого коэффициента сцепления, увеличению износа бандажей колёсных пар, снижению надёжности работы тяговых электродвигателей и увеличению расхода песка.

1.6. Произведём расчёт и анализ эффективности предлагаемой противобуксовочной защиты для электровоза ДЭ1.

Предположим, что буксование колёсных пар, связанных с тяговыми электродвигателями М1 и М2, возникло на последовательном соединении «С» электровоза ДЭ1 при токе I_0 и скорости движения V_0 .

До буксования колёсных пар при $V = V_0$ и $I = I_0$ имел место следующий баланс напряжений

$$U_{\text{к(н)}} = U_{\text{с(н)}} = 3000 = 8C\Phi_0 V_0 + 8R_{\text{дв}} I_0, \quad (1)$$

где $U_{\text{к(н)}}$ – номинальное напряжение в контактной сети, равное 3000 В;

$C\Phi_0$ – магнитный поток тягового электродвигателя при полном поле;

$R_{\text{дв}}$ – сопротивление тягового электродвигателя при $t = 115^\circ\text{C}$, Ом:

$$R_{\text{дв}} = R_{\text{я}} + R_{\text{ко}} + R_{\text{лп}} + R_{\text{ов}} = 0,0347 + 0,0327 + 0,0253 + 0,09 = 0,1827 \text{ Ом}.$$

При срабатывании реле буксования при скорости $V = V_0$ включается 4-я ступень ослабления возбуждения $\beta = 0,43$ в цепи тяговых двигателей М1 и М2 и, следовательно, возникает переходной процесс при скорости вращения буксующей колёсной пары.

Предположим, что тяговые двигатели имеют одинаковые скоростные характеристики, максимальная установившаяся скорость буксования достигла $V = V_0^*$, а скорость вращения

небуксующих колёсных пар осталась прежней, т.е. $V = V_0$.

Тогда будем иметь следующий баланс напряжений

$$U_{\text{КС}} = 3000 = 2C\Phi_{\text{ОВ}}^* V_0^* + (2R'_{\text{ДВ}} + 6R_{\text{ДВ}}) I_0^* + 6C\Phi_{\text{ОВ}}^* V_0, \quad (2)$$

где

$$R'_{\text{ДВ}} = R_{\text{Я}} + R_{\text{КО}} + R_{\text{ДП}} + \beta R_{\text{ОВ}} = 0,0347 + 0,0347 + 0,0327 + 0,043 \cdot 0,0253 = 0,078 \text{ Ом};$$

V_0^* – установившаяся скорость вращения буксующей колёсной пары;

I_0^* – значение тока в цепи тяговых электродвигателей, которое установится при скорости $V = V_0^*$ буксующей колёсной пары;

$C\Phi_{\text{ОВ}}^*$ – значение магнитного потока при 4-ой ступени ослабления возбуждения, т.е. при токе $I_0 = \beta I_0^*$;

$C\Phi_0^*$ – значение магнитного потока при то-

ке $I_0 = I_{\text{В}} = I_0^*$.

Аналогично, при буксовании колёсной пары двигателя М1 или М2 на последовательно-параллельном соединении при скорости $V = V_0$

и при токе I_0 имеем следующие уравнения:

- до начала буксования:

$$U_{\text{КСМ}} = 3000 = 4C\Phi_{\text{ОВ}} V_0 + 4R_{\text{ДВ}} I_0; \quad (3)$$

- при буксовании:

$$U_{\text{КС}} = 3000 = 2C\Phi_{\text{ОВ}}^* V_0^* + (R'_{\text{ДВ}} + 2R_{\text{ДВ}}) I_0^* + 2C\Phi_{\text{ОВ}}^* V_0, \quad (4)$$

где обозначения те же, но взяты из характеристик на последовательно-параллельном соединении «СП» тяговых электродвигателей.

Результаты расчета сведены в табл. 1, из неё следует, что эффективность ПБЗ на соединениях тяговых электродвигателей «СП» ниже, чем на соединениях «С».

Таблица 1

Расчетные данные при буксовании колёсных пар тяговых электродвигателей

Вид соединения	$I_0, \text{ А}$	$I_0^*, \text{ А}$	$V_0, \text{ км/ч}$	$C\Phi_0^*, \text{ Вч/км}$	$C\Phi_{\text{ОВ}}^*, \text{ Вч/км}$	$\frac{I_0^*}{I_0}$	$\frac{C\Phi_{\text{ОВ}}^*}{C\Phi_0}$	$\frac{F_{\text{КОВ}}}{F_{\text{КО}}}$
«С»	250	275	20,2	17,7	9,65	1,1	0,54	0,6
	300	335	17,2	20,5	11,6	1,11	0,56	0,63
	400	440	14,4	24,14	15,19	1,1	0,63	0,69
	500	550	12,7	26,7	17,4	1,1	0,65	0,71
	565	610	12,0	27,7	18,2	1,08	0,65	0,7
	600	650	11,7	28,4	18,7	1,08	0,65	0,71
«СП»	250	315	41,3	17,7	10,75	1,26	0,5	0,76
	300	400	35,5	20,5	13,77	1,33	0,67	0,89
	400	525	29,9	24,14	17,0	1,31	0,7	0,92
	500	675	26,7	26,7	20,0	1,35	0,74	0,93
	600	750	24,9	28,4	21,73	1,25	0,76	0,95

Предлагается для более надёжной противобуксовочной защиты тяговых электродвигателей на электровозе ДЭ1 (рис. 1 и 2) применить:

– на соединениях тяговых электродвигателей «С» – 4-ю ступень ослабления возбуждения;

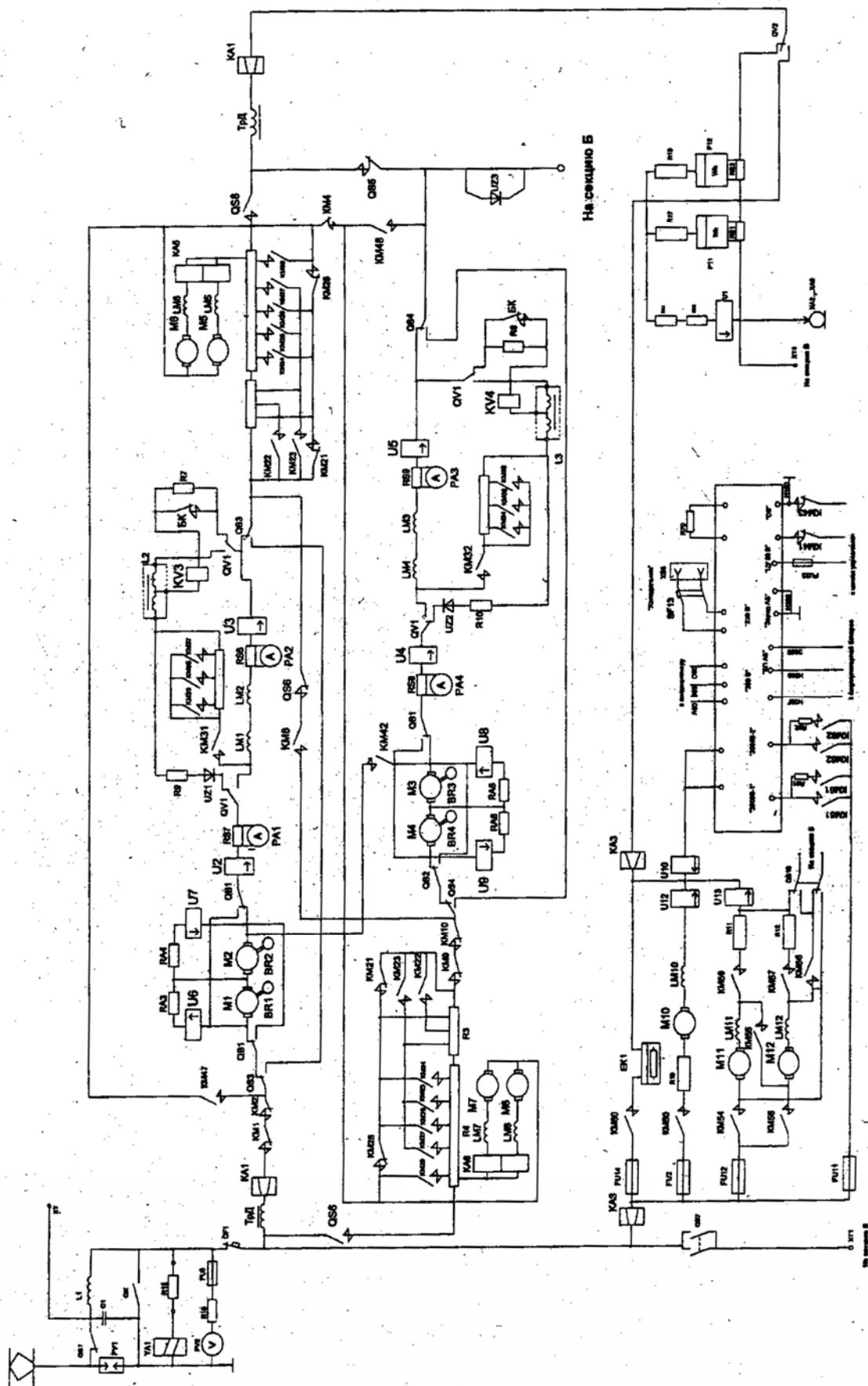


Рис. 1. Модернизированная силовая схема электровоза ДЭ1

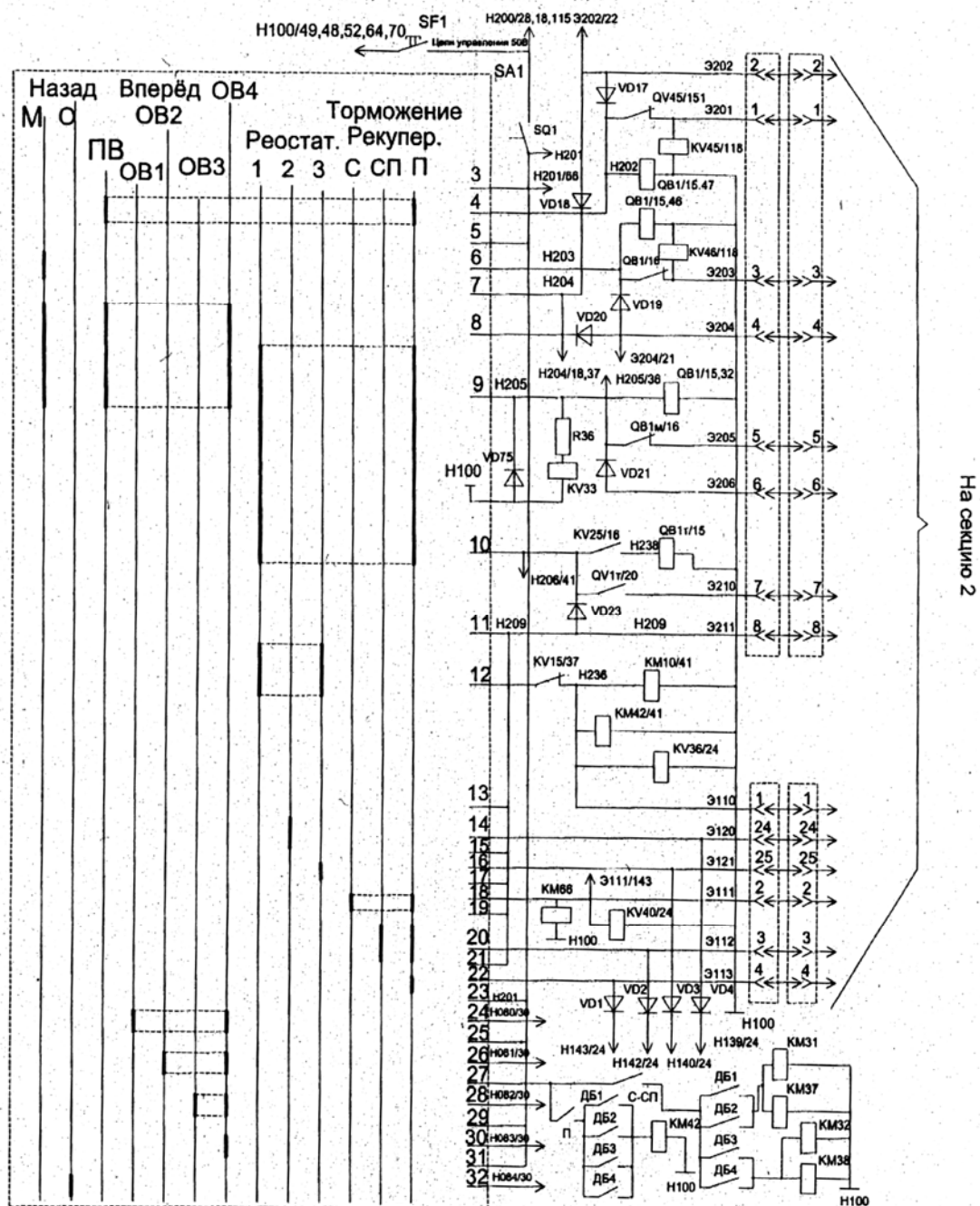


Рис. 2. Схема цепей управления ПБЗ

– на соединениях тяговых электродвигателей «СП» – 4-ю ступень ослабления возбуждения, но с сохранением существующей на электровозе ПБЗ, т.е. автоматическим вводом резисторов пускового сопротивления электронным контроллером при срабатывании реле буксования;

– на соединениях тяговых электродвигателей «П» – обмотки возбуждения двигателей М1 - М2 и М3 - М4 соединить уравнильным контактором КМ42 (рис. 1) с сохранением существующей ПБЗ.

2. В работе [1] проанализирована система защиты тяговых электродвигателей от внешних и внутренних коротких замыканий при рекуперативном торможении на электровозе ДЭ1.

Установлено, что при к. з. в контактной сети на параллельном соединении тяговых электродвигателей ток рекуперации достигает в 6...7 раз больше часового тока двигателя при допустимом предельном 3...4 кратном значении тока. Аналогичные максимальные токи рекуперации достигают и при возникновении кругового огня на коллекторах тяговых электродвигателей.

Установленный быстродействующий выключатель типа UR26-64, вместо БВП5-02, поляризованный, но он не защищает тяговые электродвигатели в режиме рекуперации от внутренних к. з., например, от круговых огней на коллекторах тяговых электродвигателей.

Предлагается на электровозах ДЭ1 дополнить систему защиты тяговых электродвигателей от внутренних и внешних к. з. при рекуперации установкой быстродействующих контакторов со стороны «земли» после стабилизирующих сопротивлений последовательно с тяговыми электродвигателями в каждой параллельной ветви (рис. 1).

Необоснованно выбрана величина стабилизирующего сопротивления 0,378 Ом, тогда как на электровозах ВЛ8, ВЛ10 и ВЛ11м она не превышает 0,15 Ом.

Выбор рациональной величины стабилизирующего сопротивления требует отдельного исследования.

3. На электровозах 2ЭС4К «Дончак» [2] и 2ЕЛК для предотвращения появления контурных токов при переходе тяговых электродвигателей в режим рекуперативного торможения на высоких скоростях движения устанавливаются «диодные пробки» в цепь якорей двигателей, работающих генераторами.

Для осуществления этого на электровозе

ДЭ1 рекомендуется в цепи тяговых двигателей М3 - М4 и М2 - М1 переставить существующие диоды UZ1 и UZ2 согласно схеме рис. 1. В этом случае диоды UZ1 и UZ2 будут выполнять не только прежнюю роль бесконтактных реле рекуперации, но и роль «диодных пробок».

4. На электропоездах ЭР2Т и ЕПЛ2Т применяется дифференциальная система защиты си-

ловой цепи тяговых электродвигателей $\frac{dI}{dt}$,

которая реагирует на разность скоростей изменения тока в дифференциальном трансформаторе ТрД в начале и конце силовой цепи в аварийных режимах.

Предлагается в силовую схему электровоза ДЭ1 установить на входе одну первичную обмотку дросселирующего трансформатора, а в конце силовой цепи электровоза перед токоотводящим устройством – другую первичную обмотку этого же трансформатора. Вторичную обмотку дросселирующего трансформатора

подключить к устройству защиты $\frac{dI}{dt}$, а имен-

но, к выпрямителю «VD» (рис. 3). Для уменьшения пульсаций на выходе «VD» установлен конденсатор С1. Напряжение на зажимах сопротивления R1 подается через сопротивление резистора R2 на стабилитрон VD1, диод VD2 и на резистор R3, т.е. на управляющий электрод тиристора VS1. Предварительно конденсатор С2 заряжен напряжением 110 В через сопротивление резистора R4 и минус источника питания цепей управления. В цепь конденсатора С2 включено реле KV1, а минус его подсоединён через тиристор VS1 и через н. з. контакт реле KV1, а также через н. р. контакт реле KV1 и кнопку н. з. SA1 «Восстановление защиты». Блокировка н. з. контакта реле KV1 включена в цепь линейного контактора К1.

Дросселирующий трансформатор ТрД реагирует на разность скоростей изменения тока в начале и конце силовой цепи в аварийных режимах (пробой изоляции, переброс дуги на заземлённые части и др.).

С вторичной обмотки ТрД подается аварийный сигнал на блок защиты БЗ. В результате срабатывает реле KV1 и выключается контактор силовой цепи К1, разрывая цепь двигателей. Направление тока в первичных обмотках ТрД встречное.

Если возрастание тока не превышает 1000 А/с, то наведенная ЭДС на вторичной

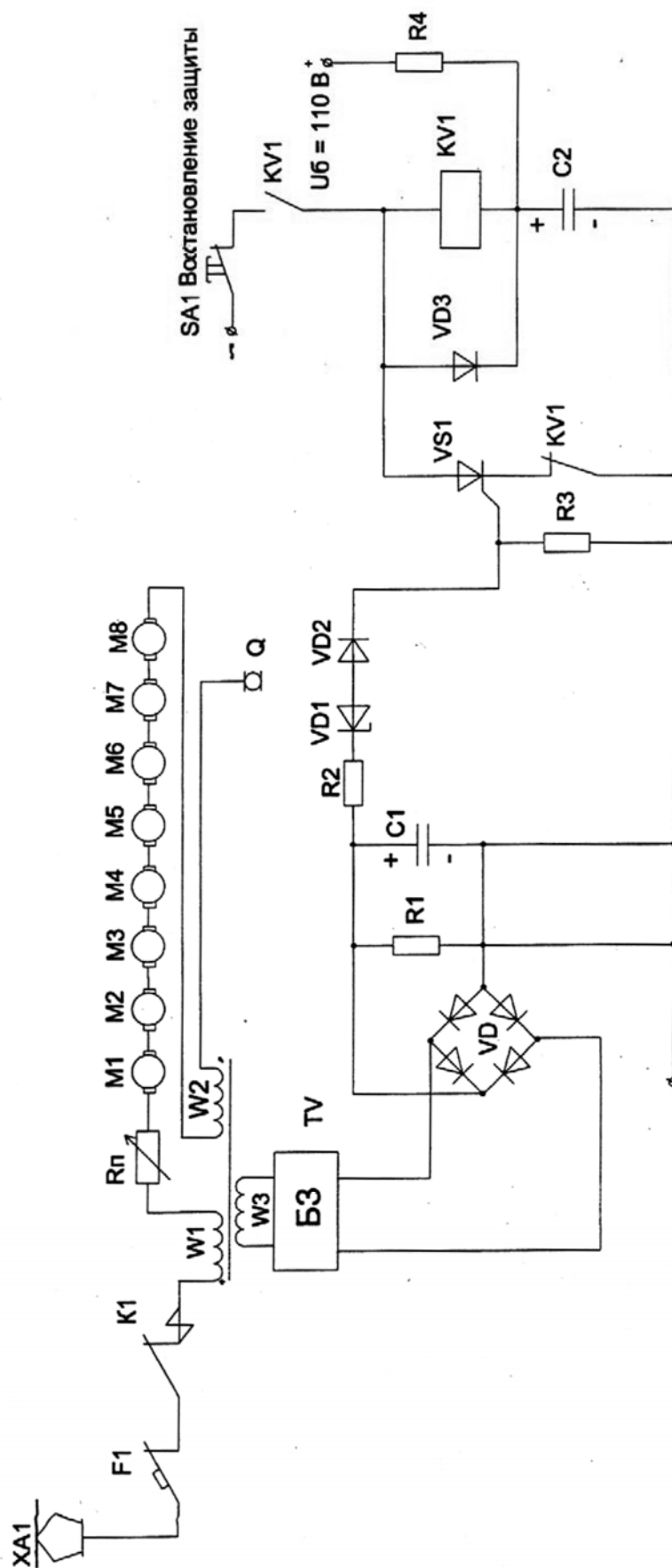


Рис. 3. Схема защиты электровоза от скорости нарастания тока в цепи тяговых двигателей

обмотке ТрД после выпрямления не сможет открыть стабилитрон VD1, и поэтому тиристор VS1 не сможет открыться и не получит импульс напряжения катушка реле KV1, т.е. не произойдёт выключение контактора K1.

Если произошло в силовой цепи возраста-

ние тока $\frac{dI}{dt} > 1000 \text{ А/с}$, что характеризует ка-

кое-то повреждение, то в этом случае откроется стабилитрон VD1, поступит достаточное напряжение на управляющий электрод тиристора VS1, он откроется, и катушка реле KV1 получит импульс напряжения, включится и станет на самоподпитку через KV1. При этом в цепи катушки линейного контактора разомкнётся н. з. контакт KV1 реле KV1, и он отключится, разрывая ток силовой цепи. Так же прекратится цепь тока в тиристоре VS1, т.к. н. з. контакт KV1 будет разомкнут, и он восстановит свои запирающие свойства. Конденсатор C2 вновь зарядится на напряжение 110 В через сопротивление R4. Для восстановления схемы защи-

ты достаточно кратковременно выключить кнопку SA1, а затем включить.

Выводы

Предложенная модернизация силовой схемы электровоза ДЭ1 значительно повысит надёжность его работы и позволит ДЭВЗу продолжить их выпуск.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Повышение эффективности схемы защиты тяговых двигателей от внешних и внутренних коротких замыканий при рекуперативном торможении на электровозах ДЭ1 [Текст] / Н. Г. Висин и др. // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2005. – Вип. 9. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2005. – С. 115-119.
2. Особенности электрической схемы электровоза 2ЭС4к [Текст] / А. М. Иванишкин и др. // Локомотив. – 2008. – № 8. – М., 2008. – С. 40-41.

Поступила в редколлегию 05.02.2009.

ВПЛИВ ВІДХИЛЕНЬ ПАРАМЕТРІВ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ НА ЯКІСТЬ КОМУТАЦІЇ ПІД ЧАС ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ З УРАХУВАННЯМ ОСЛАБЛЕНОГО ПОЛЯ

У статті показано залежність ступеню іскріння тягового двигуна від практичної реалізації відхилень в геометричних параметрах магнітного кола додаткових полюсів при перехідному процесі, що пов'язаний з втратою живлення з наступним його відновленням під час ослабленого поля.

В статье показана зависимость степени искрения тягового двигателя от практической реализации отклонений геометрических параметров магнитной цепи дополнительных полюсов при переходном процессе, который связан с потерей питания и последующем его восстановлением во время ослабленного поля.

In the paper the dependence of tractive engine sparking degree on practical realization of deviations of geometric parameters of additional poles magnetic circuit under transient process related to the loss of feed and its further restoration during the weakened field is demonstrated.

Відомо, що під дією вихрових струмів, які виникають у магнітопроводі тягових двигунів (ТД) під час перехідних процесів, зростання магнітного потоку сповільнюється відносно зростання струму. Це приводить до появи кидка струму у силовому колі двигуна.

У випадку ослабленого збудження значення максимуму перехідного струму суттєво збільшується. Це приводить до погіршення якості комутації.

Із існуючих експлуатаційних перехідних електричних процесів найбільш важким, з точки зору комутації, є процес, який викликається відривом струмоприймача від контактного проводу з наступним відновленням контакту при ослабленому збудженні двигунів. Крім того,

перерва живлення з різних причин може настати через короткочасне вимкнення напруги безпосередньо на підстанції.

Для ТД питання про їх комутацію при всякого роду перехідних режимах за різних умов має істотне значення, оскільки в умовах експлуатації стійкість двигуна стосовно комутації іноді визначає його працездатність [3, 4].

Наша мета – дослідити вплив відхилень геометричних параметрів магнітного кола додаткових полюсів на якість комутації під час вказаного перехідного процесу з урахуванням ослабленого збудження для двигунів електровозів постійного струму ДЕ1 (рис. 1).

Для цього дослідження пропонується наступна математична модель [1, 2]:

$$\left. \begin{aligned} & \left(\frac{pN}{60a} \Phi n + ir + L \frac{di}{dt} + L_3 \frac{di_3}{dt} + 2pw \frac{d\Phi}{dt} + i_3 r_3 \right) \cdot n_{\text{двиг}} = u; \\ & (i - i_3) \frac{r_{\text{ш}}}{n_{\text{двиг}}} + \frac{L_{\text{ш}}}{n_{\text{двиг}}} \frac{di}{dt} (i - i_3) - i_3 r_3 - 2pw \frac{d\Phi}{dt} - L_3 \frac{di_3}{dt} = 0; \\ & 1,23R_{m1}\Phi_1 + g_{\mu} \frac{d\Phi_1}{dt} + \Phi(R_{mk} - R_{m1}) = w_1 i_3 + \Phi_{ko} R_{mk} - F_{ko}; \\ & 5,29R_{m1}(\Phi - \Phi_1) + 0,477g_{\mu} \frac{d(\Phi - \Phi_1)}{dt} + \Phi(R_{mk} - R_{m1}) = w_1 i_3 + \Phi_{ko} R_{mk} - F_{ko}; \\ & 1,23R_{md1}\Phi_{k1} + g_{\mu d} \frac{d\Phi_{k1}}{dt} + \Phi_{\kappa}(R_{mdk} - R_{md1}) = w_d i_3 + \Phi_{\kappa ko} R_{mdk} - F_{dko}; \\ & 5,29R_{md1}(\Phi_{\kappa} - \Phi_{k1}) + 0,477g_{\mu d} \frac{d(\Phi_{\kappa} - \Phi_{k1})}{dt} + \Phi_{\kappa}(R_{mdk} - R_{md1}) = w_d i_3 + \Phi_{\kappa ko} R_{mdk} - F_{dko}; \\ & L_3 = 2p(1 - \sigma)w \frac{d\Phi}{di}; \quad L = \frac{4l_{\text{я}} \lambda_n w_{\text{я}}^2}{Z} + 2\sigma_d p w_d \frac{d\Phi_{\kappa}}{di} + \frac{2w_{\text{ко}}^2 l_{\text{я}} \lambda_{\text{ко}}}{pZ_{\text{ко}}}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

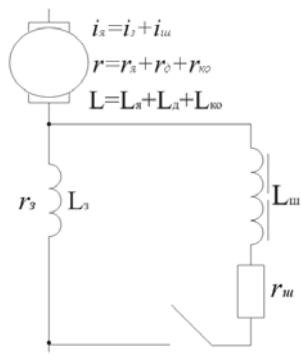


Рис 1. Схема ввімкнення двигуна при ослабленому полі

де i , r – струм та опір кола якоря двигуна відповідно; i_3 , r_3 – струм та опір обмотки збудження відповідно; L – індуктивність якоря, котушок додаткових полюсів та компенсаційної обмотки; L_3 – індуктивність розсіювання котушок головних полюсів; $r_{ш}$, $L_{ш}$ – опір та індуктивність обмотки шунтування; n – число обертов двигуна; u – напруга мережі; w , w_d , $w_{ко}$ – кількість витків котушки головних полюсів, додаткових полюсів та компенсаційної обмотки відповідно; $w_я$ – приведена кількість витків якоря; $2p$ – число полюсів; a – число пар паралельних гілок якоря; N – число провідників обмотки якоря; $n_{двиг}$ – кількість послідовно з'єднаних двигунів у одній гілці схеми, що розглядається; Φ , Φ_1 – магнітний потік головних полюсів і його основна гармоніка відповідно; Φ_k , Φ_{k1} – магнітний потік додаткових полюсів і його основна гармоніка відповідно; $(\Phi - \Phi_1)$, $(\Phi_k - \Phi_{k1})$ – сумарний магнітний потік вищих гармонік головних та додаткових полюсів відповідно; g_μ – магнітна індуктивність основної хвилі магнітного потоку ГП; $g_{\mu d}$ – магнітна індуктивність основної хвилі магнітного потоку ДП; R_{m1} , R_{mk} – магнітні опори першої та k -ї ділянки апроксимованої магнітної характеристики ГП; F_{ko} – частина МРС k -ї ділянки магнітної характеристики ГП, що створює Φ ; R_{md1} , R_{mdk} – магнітні опори першої та k -ї ділянки апроксимованої магнітної характеристики ДП; F_{dko} – частина МРС k -ї ділянки магнітної характеристики ДП, що створює Φ_k ; σ , σ_d – коефіцієнт розсіювання ГП та ДП відповідно; λ_n , $\lambda_{ко}$ – коефіцієнт магнітної провідності паза якоря та компенсаційної обмотки.

Індуктивність шунта в ненасиченому стані $L_{шном} = 0,016$ Гн, в насиченому стані $L_{шнас} = 0,0045$ Гн [10], $L \approx 0,0015$ Гн, $r = 0,067$ Ом, $r_3 = 0,0252$ Ом, $r_{ш} = 0,025$ Ом, $u = 3000$ В, $\Phi = 0,069$ Вб.

За допомогою математичної моделі (1) проведено дослідження перехідних процесів у колі тягових двигунів ЕД-141 електровозу ДЕ1, що пов'язані з перервою та подальшим відновленням живлення двигуна у розмірі 1500 В при максимальному ослабленні збудження $\beta = 43\%$, $I = 565$ А, $n = 1260$ об/хв. При цьому вважаємо, що електричне коло під час відриву струмоприймача повністю розривається. Необхідні обчислення при цьому можливо виконати за допомогою чисельного метода Рунге-Кутта-Фелберга [6].

На Смілянському електромеханічному заводі були проведені заміри фактичних розмірів елементів магнітного кола ДП наступних типів двигунів: ЕД-141 (СТК-730), СТК-520, НБ-511. За допомогою критерію погодженості К. Пірсона [7] доведено, що фактичний розподіл розмірів елементів магнітного кола ДП відповідають нормальному закону. Відповідні гістограми для двигуна ЕД-141 показані на рисунках:

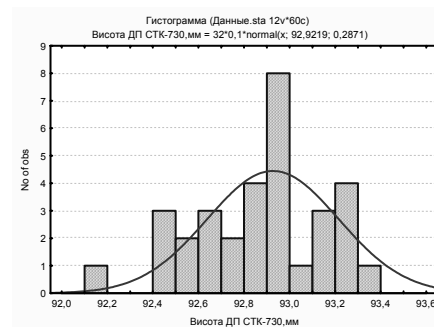


Рис 2. Гістограма висоти ДП

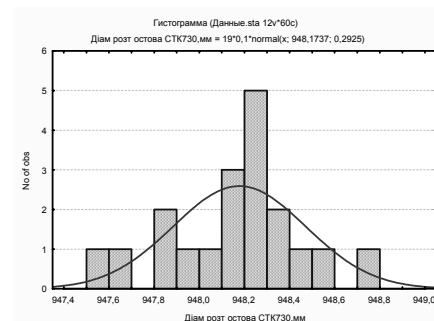


Рис 3. Гістограма діаметра розточки остова

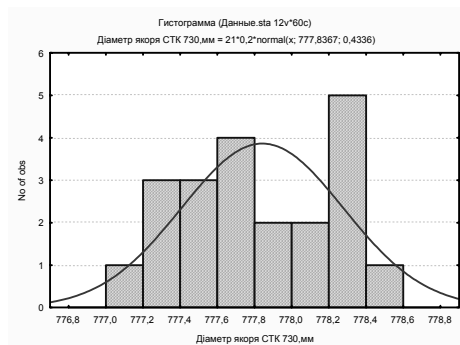


Рис. 4. Гістограма діаметра якоря

Розглянемо електромагнітні причини, які викликають підсилення іскріння під час досліджуваного перехідного процесу з урахуванням впливу відхилень геометричних розмірів елементів магнітного кола ДП в результаті збільшення додаткового поперечного струму комутації i_d порівняно з усталеним режимом.

Для оцінки впливу i_d на процес комутації використовуємо критерій А. Б. Іофе у вигляді фактора іскріння Φ_i [5]

$$\Phi_i = \left(\frac{0,4}{D_k} \right)^{1,5} \frac{L_c i_d^2 v_k}{2 t_k L_{\text{щ}}}, \quad (2)$$

де D_k – діаметр колектора; $L_{\text{щ}}$ – довжина щіток одного щіткотримача; v_k – окружна швидкість колектора; t_k – колекторний розподіл.

У двигуна ЕД-141 $D_k = 630$ мм, $L_c = 2,144 \cdot 10^{-6}$ Гн, $L_{\text{щ}} = 64$ мм, $v_k = 27,7$ м/с, $t_k = 4,02$ мм.

Небалансова ЕРС Δe представляє собою залишкову величину після взаємодії реактивної e_p та комутаційної e_k ЕРС. Оскільки ми розглядаємо перехідний процес, то на значення Δe також має вплив трансформаторна ЕРС e_t , яка направлена в одну сторону з e_k :

$$e_t = -w \frac{d\Phi}{dt}. \quad (3)$$

З урахуванням трансформаторної ЕРС e_t формула для визначення i_d запишеться:

$$i_d = \frac{\beta(e_p - e_k - e_t) + \kappa_p e_p}{R_{\text{щ}} + \beta r_c}, \quad (4)$$

де β – коефіцієнт, який враховує властивості якорних обмоток двигуна (для петльової обмотки $\beta = 1$); e_p – реактивна ЕРС; e_k – комутацій-

на ЕРС; κ_p – коефіцієнт, що враховує некомпенсовану частину реактивної ЕРС; $R_{\text{щ}}$ – опір контакту щітка-колектор для кола короткозамкнутої секції; r_c – опір секції, яка комутує.

У ЕД-141 $\kappa_p = 0,18$ [5], $r_c = 2,75 \cdot 10^{-3}$ Ом. В момент часу, коли струм якоря досягає максимуму, $R_{\text{щ}} = 0,033$ Ом, $e_p = 13,617$ В, $e_t = 3,4$ В, $e_k = 10,02$ В.

На основі гістограм рис. 2 – 4, використовуючи методи розрахунків розмірних кіл та теорію імовірності, визначені максимальне та мінімальне значення повітряного зазору між осердям ДП та осердям якоря (замикаюча ланка розмірного кола), а також імовірнісне значення цього зазору з урахуванням довірчих інтервалів [8]. Для двигуна ЕД-141 вказані зазори наведені в табл. 1:

Таблиця 1

Значення повітряного зазору між осердям ДП та осердям якоря

Метод розрахунку розмірного кола	Номинальний розмір зазору магнітного кола ДП, мм	Значення повітряного зазору, мм	
		У меншу сторону	У більшу сторону
Метод максимумамінімуму	5,75	-1,1	+3,2
Імовірнісний метод		-1,325	+1,925

Криві $i = f(t)$, $i_3 = f(t)$, $i_{\text{щ}} = f(t)$, $L_3 = f(t)$ та $\Phi_k = f(t)$ для двигуна ЕД-141 при паралельному з'єднанні двигунів, визначені за допомогою математичної моделі (1), показані на рис. 5 – 9:

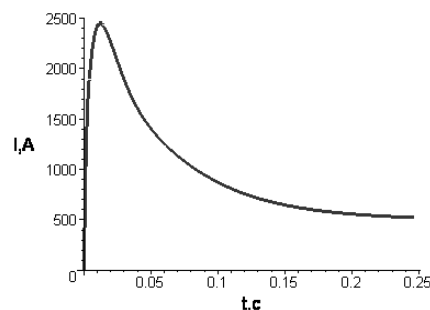


Рис. 5. Графік зміни струму в обмотці якоря

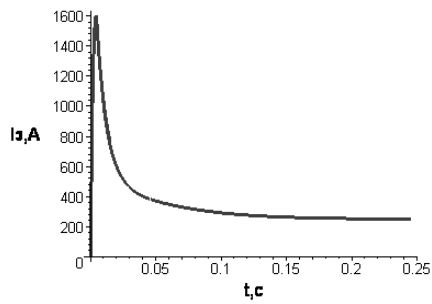


Рис. 6. Графік зміни струму в обмотці збудження

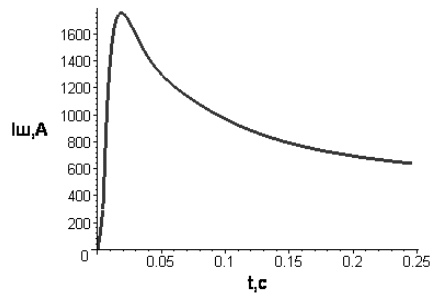


Рис. 7. Графік зміни струму в обмотці шунтування

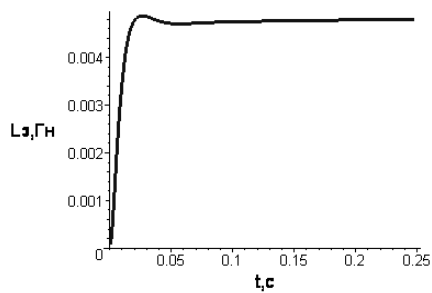


Рис. 8. Графік зміни індуктивності обмотки збудження

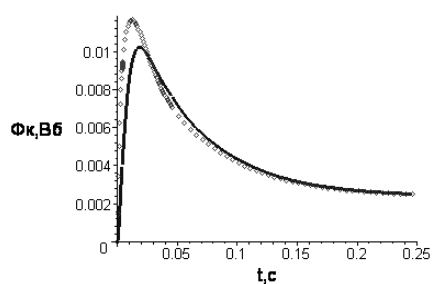


Рис. 9. Графік зміни магнітного потоку в зоні комутації

На рисунку залежності $\Phi_k = f(t)$ пунктиром зображена крива, яка відповідає випадку, коли магнітний потік ДП Φ_k змінюється у повній відповідності до зміни струму кола якоря. Суцільна крива відповідає реальним умовам протікання перехідного процесу.

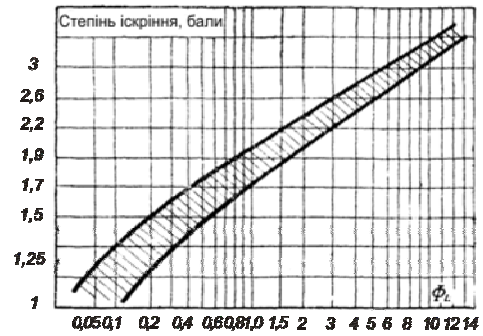


Рис. 10. Залежність ступеня іскріння від фактору іскріння

За методикою, наведеною в [9], визначаємо i_d для конкретного часу протікання перехідного процесу за різних значень зазору в межах відхилень, що розглядаються. Потім за допомогою формули (4) визначаємо фактор іскріння за формулою (2). Знаючи фактор іскріння, користуючись залежністю ступеня іскріння від фактору іскріння (рис. 10) [5], будуюмо криві залежності ступеня іскріння від фактичного значення зазору.

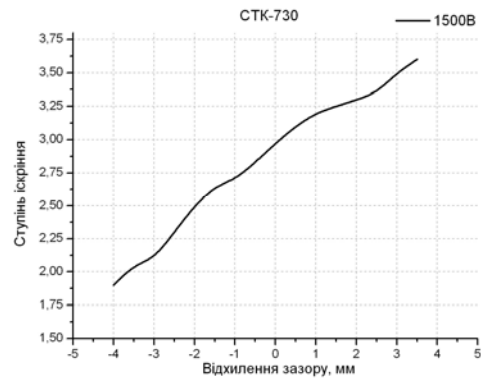


Рис. 11. Графік залежності ступеня іскріння від відхилення загального зазору магнітного кола ДП

Із рисунка видно, що при номінальних значеннях загального повітряного зазору (коли відхилення відсутні) кола ДП ступінь іскріння може досягти 2,95 бала, що може викликати значне іскріння на колекторі. При збільшенні відхилення загального зазору, в порівнянні з номінальним розміром, до 3,2 мм (табл. 1) ступінь іскріння може досягнути 3,48 бала.

Ступінь іскріння, у даному процесі, може бути значно зменшена при мінусових відхиленнях загального зазору порівняно з номінальним значенням. При відхиленні мінус 1,1 мм (табл. 1) ступінь іскріння зменшується до 2,7 бала. Але при цьому треба враховувати, що зменшення зазору можна робити з урахуванням забезпечення нормальної комутації при номінальному режимі роботи.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Жиц, М. З. Переходные процессы в машинах постоянного тока [Текст] / М. З. Жиц. – М.: Энергия, 1974. – 112 с.
2. Проектирование тяговых электрических машин [Текст] : учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / под ред. М. Д. Находкина. – М.: Транспорт, 1976. – 624 с.
3. Безрученко, В. М. Тягові електричні машини електрорухомого складу [Текст] / В. М. Безрученко. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2003. – 252 с.
4. Курбасов, А. С. Проектирование тяговых двигателей [Текст] : учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / под ред. А. С. Курбасова, В. И. Седова, Л. Н. Сороина. – М.: Транспорт, 1987. – 536 с.
5. Иоффе, А. Б. Тяговые электрические машины [Текст] / А. Б. Иоффе. – М.-Л.: Энергия, 1965. – 232 с.
6. Васильев, А. Н. Maple 8 [Текст] : самоучитель / А. Н. Васильев. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2003. – 352 с.
7. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. Е. Гмурман. – М.: Высш. шк., 2003. – 479 с.
8. Шаповалов, А. В. Статистична оцінка впливу відхилень розмірів елементів магнітного кола додаткових полюсів електровозних тягових двигунів на їх ступінь іскріння [Текст] / А. В. Шаповалов // Наук.-техн. зб. НГУ. – Д., 2009. – Вип. 81. – Гірнича електромеханіка та автоматика.
9. Дубинець, Л. В. Вплив допусків на комутацію тягових двигунів при перехідних процесах [Текст] / Л. В. Дубинець, А. В. Шаповалов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 22. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 63.
10. Магистральные электровозы. Электрические аппараты, полупроводниковые преобразователи, системы управления [Текст] / под ред. В. И. Бочарова, Б. А. Тушканова. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 384 с.

Надійшла до редколегії 23.03.2009.

ПРО КОЕФІЦІЄНТ ЗАВАНТАЖЕННЯ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ ЗАЛІЗНИЦЬ

Запропоновано критерій і метод визначення оптимальних коефіцієнтів завантаження силових трансформаторів тягових підстанцій залізниць.

Предложены критерий и метод определения оптимальных коэффициентов загрузки силовых трансформаторов тяговых подстанций железных дорог.

The author has proposed the criterion and method of determination of optimum load factors of power transformers of railway traction substations.

Вступ

Сучасний залізничний транспорт – це високотехнологічний механізм із значним споживанням енергоресурсів для забезпечення своєї господарської діяльності. Щорічно залізницями України споживається значна кількість дизпалива, електроенергії, газу, вугілля, мазуту топкового та інших видів ПЕР. В умовному обчисленні це складає 3250...3350 тис. туп. Близько 60 % з усіх видів енергоресурсів припадає на електроенергію.

Найбільш ефективними енергозберігаючими заходами по господарствах електропостачання за останні роки є такі:

- повернення електроенергії рекуперативного гальмування в первинну мережу;
- відключення з роботи по одному тяговому агрегату або тяговому трансформатору залежно від поїзної ситуації на тягових підстанціях;
- впровадження економічних світильників, ламп та автоматів керування зовнішнім освітленням;
- впровадження перетворювальних агрегатів з 12-пульсними випрямлячами на тягових підстанціях постійного струму;
- впровадження автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії на залізницях України;
- впровадження пристроїв компенсації реактивної потужності в тяговій мережі.

Важливою складовою енергозбереження в господарствах електрифікації та електропостачання залізниць України виступає винайдення раціональних режимів роботи енергетичного обладнання. В зв'язку з цим постає задача визначення раціональних коефіцієнтів завантаження силових трансформаторів.

Основна частина

Для підрахунку втрат електроенергії в 3-обмоточному трансформаторі необхідні наступні дані [1]:

- а) паспортні або каталожні
 - номінальна потужність трансформатора S_n , кВА;
 - потужність обмоток ВН, СН, НН – $S_{ВН}$, $S_{СН}$, $S_{НН}$, кВА (в паспорті або каталозі дана у відсотках до номінальної потужності);
 - втрати потужності в міді обмоток ВН, СН, НН при повному їхньому завантаженні $\Delta P_{ВН}$, $\Delta P_{СН}$, $\Delta P_{НН}$, кВт;
 - струм холостого ходу трансформатора $I_{х.х.}$, %;
 - втрати реактивної потужності трансформатора при холостому ході, кВАр

$$\Delta Q_{х.х.} = S_n \cdot I_{х.х.} / 100; \quad (1)$$

- напруга короткого замикання кожної з обмоток тр-ра, %

$$U_{ВК} = 0,5 \cdot (U_{ВН-СН} + U_{ВН-НН} - U_{СН-НН}), \quad (2)$$

$$U_{СК} = 0,5 \cdot (U_{ВН-СН} + U_{СН-НН} - U_{ВН-НН}), \quad (3)$$

$$U_{НК} = 0,5 \cdot (U_{ВН-НН} + U_{СН-НН} - U_{ВН-СН}), \quad (4)$$

де $U_{ВН-СН}$, $U_{СН-НН}$, $U_{ВН-НН}$ беруться з паспорта чи каталогу;

- реактивна потужність, що споживається обмотками ВН, СН, НН трансформатора при повному навантаженні, кВАр

$$\Delta Q_{ВН} = S_{ВН} \cdot U_{ВК} / 100, \quad (5)$$

$$\Delta Q_{СН} = S_{СН} \cdot U_{СК} / 100, \quad (6)$$

$$\Delta Q_{НН} = S_{НН} \cdot U_{НК} / 100, \quad (7)$$

б) споживання активної ($WP_{\text{вн}}, WP_{\text{сн}}, WP_{\text{нн}}$), кВт·год та реактивної ($WQ_{\text{вн}}, WQ_{\text{сн}}, WQ_{\text{нн}}$), кВАр·г електроенергії, що пройшла за розрахунковий період через обмотки відповідно високої, середньої та низької напруги трансформатора. При визначенні по показниках розрахункових лічильників на стороні середньої та низької напруги трансформатора

$$WP_{\text{вн}} = WP_{\text{сн}} + WP_{\text{нн}},$$

$$WQ_{\text{вн}} = WQ_{\text{сн}} + WQ_{\text{нн}};$$

в) кількість годин роботи трансформатора в розрахунковий період (календарне число годин) $T_{\text{п}}$;

г) кількість годин роботи трансформатора під навантаженням в розрахунковий період – $T_{\text{р}}$.

При обчисленні втрат електроенергії в трансформаторі послідовно визначаються:

а) фактична потужність кожної обмотки трансформатора за даними фактичного споживання активної та реактивної електроенергії за розрахунковий період, кВА

$$S_{\text{фвн}} = \sqrt{P_{\text{фвн}}^2 + Q_{\text{фвн}}^2}; \quad (8)$$

$$S_{\text{фсн}} = \sqrt{P_{\text{фсн}}^2 + Q_{\text{фсн}}^2}; \quad (9)$$

$$S_{\text{фнн}} = \sqrt{P_{\text{фнн}}^2 + Q_{\text{фнн}}^2}, \quad (10)$$

де

$$\begin{aligned} P_{\text{фвн}} &= WP_{\text{фвн}} / T_{\text{р}} = \\ &= (WP_{\text{фсн}} + WP_{\text{фнн}}) / T_{\text{р}}; \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{фвн}} &= WQ_{\text{фвн}} / T_{\text{р}} = \\ &= (WQ_{\text{фсн}} + WQ_{\text{фнн}}) / T_{\text{р}}; \end{aligned} \quad (12)$$

$$P_{\text{фсн}} = WP_{\text{фсн}} / T_{\text{р}}; \quad (13)$$

$$Q_{\text{фсн}} = WQ_{\text{фсн}} / T_{\text{р}}; \quad (14)$$

$$P_{\text{фнн}} = WP_{\text{фнн}} / T_{\text{р}}; \quad (15)$$

$$Q_{\text{фнн}} = WQ_{\text{фнн}} / T_{\text{р}}; \quad (16)$$

б) коефіцієнт завантаження кожної з обмоток трансформатора

$$k_{\text{з вн}} = S_{\text{ф вн}} / S_{\text{н вн}}; \quad (17)$$

$$k_{\text{з сн}} = S_{\text{ф сн}} / S_{\text{н сн}}; \quad (18)$$

$$k_{\text{з нн}} = S_{\text{ф нн}} / S_{\text{н нн}}, \quad (19)$$

де $S_{\text{вн}}, S_{\text{сн}}, S_{\text{нн}}$ – номінальна потужність обмоток високої, середньої та низької напруги трансформатора, кВА;

в) втрати активної електроенергії, кВт·год:

$$\begin{aligned} \Delta WP &= \Delta P_{\text{х.х.}} \cdot T_{\text{п}} + (\Delta P_{\text{вн}} \cdot k_{\text{з вн}}^2 + \\ &+ \Delta P_{\text{сн}} \cdot k_{\text{з сн}}^2 + \Delta P_{\text{нн}} \cdot k_{\text{з нн}}^2) \cdot T_{\text{р}}; \end{aligned} \quad (20)$$

г) втрати реактивної електроенергії, кВАр·г:

$$\begin{aligned} \Delta WQ &= \Delta Q_{\text{х.х.}} \cdot T_{\text{п}} + (\Delta Q_{\text{вн}} \cdot k_{\text{з вн}}^2 + \\ &+ \Delta Q_{\text{сн}} \cdot k_{\text{з сн}}^2 + \Delta Q_{\text{нн}} \cdot k_{\text{з нн}}^2) \cdot T_{\text{р}}. \end{aligned} \quad (21)$$

Втрати активної електроенергії як у самому трансформаторі, так і створювані ним в елементах системи електропостачання (від генераторів електростанцій до даного трансформатора) залежно від реактивної потужності, споживаної трансформатором, можна визначити за виразом [3]:

$$\begin{aligned} \Delta WP' &= \Delta P'_{\text{х.х.}} \cdot T_{\text{п}} + (\Delta P'_{\text{вн}} \cdot k_{\text{з вн}}^2 + \\ &+ \Delta P'_{\text{сн}} \cdot k_{\text{з сн}}^2 + \Delta P'_{\text{нн}} \cdot k_{\text{з нн}}^2) \cdot T_{\text{р}}, \end{aligned} \quad (22)$$

де $\Delta P'_{\text{хх}} = \Delta P_{\text{хх}} + k_{\text{зв}} \cdot \Delta Q_{\text{хх}}$ – приведені активні втрати потужності холостого ходу;

$k_{\text{зв}}$ – коефіцієнт зміни втрат або економічний еквівалент реактивної потужності, що характеризує активні втрати від джерела живлення до трансформатора, що доводяться на 1 квар реактивної потужності, кВт/квар (значення коефіцієнта $k_{\text{зв}}$ наведені в табл. 1 [3]);

$$\text{де} \quad \Delta P'_{\text{вн}} = \Delta P_{\text{вн}} + k_{\text{зв}} \cdot \Delta Q_{\text{вн}},$$

$$\Delta P'_{\text{сн}} = \Delta P_{\text{сн}} + k_{\text{зв}} \cdot \Delta Q_{\text{сн}}, \quad \Delta P'_{\text{нн}} = \Delta P_{\text{нн}} + k_{\text{зв}} \cdot \Delta Q_{\text{нн}}$$

– приведені активні втрати потужності при повному завантаженні трансформатора для обмоток ВН, СН, НН відповідно.

В умовах експлуатації оптимальним коефіцієнтом завантаження вважають такий, який забезпечує максимальний приведений ККД. Для двохобмоточних трансформаторів цей вираз буде наступним:

$$k_{\text{з опт}} = \sqrt{\frac{\Delta P'_{\text{х}}}{\Delta P'_{\text{к}}}}. \quad (23)$$

Однак, в умовах експлуатації не завжди можливо регулювати навантаження трансформатора для одержання оптимального коефіцієнта

завантаження, оскільки навантаження залежить від умов технологічного процесу виробництва. Розрахунки, проведені на кафедрі «Електропостачання залізниць», показали, що коефіцієнти завантаження трансформаторів, розраховані по мінімуму приведених втрат потужності, мають низьке значення. Так, для трансформаторів типу ТМ потужністю 630...16000 кВ·А при $k_{зв} =$

$= 0,07$ кВт/квар коефіцієнт завантаження дорівнює 0,4...0,5. На підставі цих розрахунків було запропоновано при виборі оптимальної потужності трансформаторів, їх раціональних коефіцієнтів завантаження використовувати основний економічний критерій, а саме мінімум приведених річних витрат.

Таблиця 1

Коефіцієнт зміни втрат $k_{зв}$ у трансформаторах

Характеристика трансформатора й системи електропостачання	$k_{зв}$, кВт/квар	
	у години максимуму енергосистеми	у години мінімуму енергосистеми
Трансформатори, що живляться безпосередньо від шин електростанцій	0,02	0,02
Сітьові трансформатори, що живляться від електростанцій на генераторній напрузі	0,07	0,04
Понижувальні трансформатори 110/35/10 кВ, що живляться від районних мереж	0,1	0,06
Понижувальні трансформатори 6 — 10/0,4 кВ, що живляться від районних мереж	0,15	0,1

Застосування цього критерію дозволяє, з огляду на ефективність капіталовкладень у трансформатори, з одного боку, уникнути зайвих втрат електроенергії, а з іншого боку – перевитрат матеріальних цінностей і трудових витрат. При цьому умови експлуатації найвигіднішим чином сполучаються з параметрами трансформаторів.

Приведені витрати на один силовий трансформатор тягової підстанції залежно від навантаження можуть бути отримані за виразом:

$$Z_{1T} = k_n \cdot K + (\Delta P'_x + k_{звн}^2 \cdot \Delta P'_{вн} + k_{зсн}^2 \times \times \Delta P'_{сн} + k_{знн}^2 \cdot \Delta P'_{нн}) \cdot T_{п} \cdot c_e, \quad (24)$$

де $k_n = k_e + k_a$ – нормативний коефіцієнт; k_e – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, $k_e = 0,15$; k_a – нормативний коефіцієнт амортизаційних відрахувань; $k_a = 0,06$; K – одноразові капітальні вкладення в один трансформатор; c_e – вартість (тариф) 1 кВт·год електроенергії.

Методика техніко-економічних розрахунків, за оцінками фахівців, повинна бути переглянута.

З метою зіставлення трансформаторів різної потужності, у розрахунках кафедри «Електропостачання залізниць» використалися питомі

приведені витрати, віднесені до переданої потужності S :

$$p_{1T} = \frac{Z_{1T}}{S}. \quad (25)$$

Аналіз залежностей питомих приведених витрат (25) від коефіцієнтів завантаження трансформаторів типу ТМ потужністю 630...16000 кВА показав, що питомі приведені витрати різко зростають при коефіцієнтах завантаження, менших 0,6. При $k_3 > 0,6$ питомі приведені витрати збільшуються незначно.

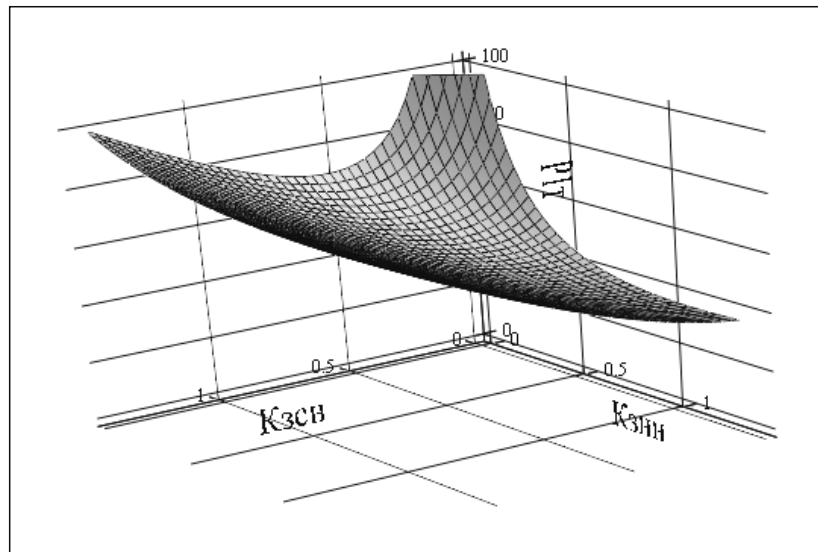
На підставі останнього виразу можна отримати оптимальний коефіцієнт завантаження, що відповідає мінімуму приведених витрат:

$$k_{з.опт} = \sqrt{\frac{\Delta P'_x}{\Delta P'_k} + \frac{k_n \cdot K}{c_e \cdot T_{п} \cdot \Delta P'_k}}. \quad (26)$$

Коефіцієнт завантаження, розрахований за останнім виразом, більше, ніж коефіцієнт завантаження, що відповідає мінімуму витрат. Для будь-якого типорозміру трансформатора коефіцієнт завантаження, розрахований за мінімумом приведених витрат, збільшується при зменшенні вартості 1 кВт·год електроенергії. Зі збільшенням номінальної потужності трансформатора оптимальний коефіцієнт завантаження при одній і тій самій вартості електроенергії зменшується.

На рис. 1 наведена залежність питомих приведених витрат силового трьохобмоткового

трансформатора, побудована за формулою (25) за даними Львівської залізниці.



S

Рис. 1. Графік залежності приведених витрат силових трансформаторів тягових підстанцій від коефіцієнтів завантаження обмоток середньої та низької напруги

Висновок

Для вибору оптимальної потужності трансформатора, раціонального коефіцієнта завантаження потрібно користуватись критерієм мінімуму приведених річних витрат. При цьому оптимальний коефіцієнт завантаження обернено пропорційно залежить від вартості 1 кВт·год електроенергії і від номінальної потужності трансформатора.

БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ГНД 34.09.203-2004 «Нормування витрат електроенергії на власні потреби підстанцій 35-750 кВ і розподільчих пунктів 6-10 кВ. Інструкція» [Текст].
2. Інструкція з нормування витрат електроенергії на власні потреби підстанцій 6-220 кВ і розподільчих пунктів 6-10 кВ залізниць України [Текст] : Затв.: Наказ № 526-Ц від 08.11.2007 р.
3. Киреева, Э. А. Рациональное использование электроэнергии в системах промышленного электроснабжения [Текст] / Э. А. Киреева. – М.: Энергетик, 2000. – 74 с.

Надійшла до редколегії 18.03.2009.

ВПЛИВ ВІДХИЛЕНЬ ПАРАМЕТРІВ ПРИВОДА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ КОНТАКТОРІВ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ ВІД ЇХ НОМІНАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ НА НАДІЙНІСТЬ РОБОТИ КОНТАКТОРІВ

Розглядається питання підвищення надійності електромагнітних контакторів електрорухомого складу.

Рассматривается вопрос повышения надежности электромагнитных контакторов электроподвижного состава.

The question of increasing the reliability of electromagnetic contactors of the electric rolling stock is examined.

В допоміжних колах та колах керування електрорухомого складу (ЕРС) залізниць застосовується значна кількість різних типів індивідуальних електромагнітних контакторів. Наприклад, на електровозах ВЛ10, ВЛ11, ВЛ8 для включення та виключення допоміжних електричних машин застосовані контактори МК-310Б, в колах опалення кабін машиністів – контактор МК15, для автоматичного закорочування пускових резисторів вентиляторів під час пуску – контактор МКП-23.

На електровозі ДЕ1 застосовано контактор МК26Д. На електропоїздах постійного струму (ЕР2, ЕР22) для ввімкнення-вимкнення допоміжних машин, опалення та передачі напруги на причіпний вагон застосовують високовольтні електромагнітні контактори КМВ-104А, КМВ-105А; для комутації кіл низької напруги з великими струмами та індуктивностями використанні контактори КМЗЕ і т.д.

Наслідком відмов вказаних контакторів може бути часткове або повне невиконання електровозом чи електропоїздом своїх функцій. Тому дослідження можливих причин відмови цих контакторів – важлива задача з точки зору збереження надійності ЕРС залізниць. Однією з таких причин є відсутність у «Правилах ремонту» та інших нормативних документах на тягову електричну апаратуру вимоги знімати після ремонту електромагнітних контакторів, який включає ремонт елементів електромагнітного приводу (котушка, осердя, блок-контакту і т.д.), характеристики: статичну $F_c = f(\delta)$, динамічну $F_{дин} = f(\delta)$, протидії $F_{пр} = f(\delta)$, де δ – зазор між якорем та ярмом магнітопроводу.

Маємо на увазі електромагнітний привод клапанного типу із замкненим магнітопроводом

та поворотним якорем, який найбільш поширений в електромагнітних контакторах ЕРС.

Відповідні типові характеристики наведені на рис. 1 [1].

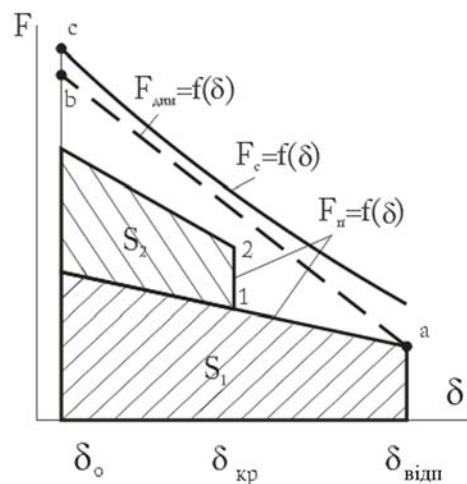


Рис. 1. Тягова та протидіюча характеристика контактора

Ці характеристики приведені до робочого зазору електромагніта. Зазор $\delta_{відп}$ відповідає відпущеному, а зазор $\delta_о$ – притягнутому стану якоря. Протидіюча характеристика $F_{пр} = f(\delta)$ визначається у сукупності силою пружини повернення та вагою рухомих частин (площа S_1) і силами пружин головних контактів (площа S_2). При більш детальному розгляді потрібно враховувати також сили реакції від натиснення головних та блокувальних контактів.

Статична тягова характеристика, що являє собою залежність тягової сили F_c від зазору δ при постійній магніторушійній силі (тобто при сталому струмі у котушці), повинна обо-

в'язково лежати вище характеристики протидіючих сил $F_{\text{п}} = f(\delta)$.

На етапі руху якоря від початкового положення до його зупинки біля нерухомого полюса індуктивність електромагніту непостійна, що викликає те, що струм у котушці при цьому не є сталим. Залежність $F_{\text{дин}}$ за вказаної умови від зазору δ є динамічна характеристика контактора $F_{\text{дин}} = f(\delta)$ (точки $\delta_{\text{відп}}$, а, в, с).

У процесі включення електромагніта його динамічна характеристика повинна проходити нижче статичної і для певного включення потрібно, щоб динамічна характеристика лягла також вище протидіючої.

Підводячи підсумок сказаного вище, можна стверджувати, що для безумовно надійного включення контактора потрібно, щоб усі характеристики розташовувалися одна відносно іншої вищевказаним чином при найменшому допустимому струмі котушки електромагніту у всіх положеннях якоря. При цьому бажано, щоб різниця сил ($F_{\text{дин}} - F_{\text{п}}$) була достатньо великою. Сила $F_{\text{с}}$ визначається за формулою [2]:

$$F_{\text{с}} = 0,5\mu_0 S_{\delta} (F/\delta)^2, \quad (1)$$

де μ_0 – магнітна проникливість повітряного зазору;

S_{δ} – площа перерізу повітряного зазору;

F – магніторушійна сила зазору.

Динамічну характеристику можна визначити за методиками, наведеними у спеціальній літературі [1, 2, 3].

До формул, які наведені у цих методиках, входять параметри електромагнітного приводу (опір котушки, площа перерізу повітряного зазору та ін.).

Пружина – обов'язковий елемент будь-якого контактного електричного апарату.

Характеристика пружини – це $Q = f(l)$, де Q – зовнішня сила, що діє на пружину; l – деформація пружини.

Для пружини з постійною характеристикою, що має місце в нашому випадку, [4]:

$$Q_{\text{пр}} = zl, \quad (2)$$

де z – жорсткість пружини з монотонною характеристикою, Н/м.

Із формул для визначення сил, вказаних на рис. 1, видно, що відхилення параметрів елементів приводів електромагнітних контакторів від їх номінальних альбомних значень впливають

на вид і взаємне розташування характеристик, вказаних на цьому рисунку.

Дослідження цього впливу є важливою задачею з точки зору надійності роботи електромагнітних контакторів.

Наприклад, пружина блокування контактора МК-310Б має довжину $14,6^{+1}_{-0,5}$ мм, пружина притираюча – $50,5 \pm 0,5$ мм [5]. Відхилення від співвісності зменшує площу перерізу повітряного зазору, при нагріванні опір котушок збільшується та ін.

На практиці відхилення можуть перевищувати альбомні значення. Якщо в процесі збірки контактора після ремонту або виготовлення складається все так, що всі елементи електромагнітного приводу будуть мати мінімальні або максимальні відхилення, то це може значно вплинути на вид та взаємне розташування характеристик рис. 1.

Для забезпечення надійного спрацьовування контактора потрібно встановити зв'язок між випадковими відхиленнями параметрів приводу і виникаючими внаслідок цього змінами характеристик рис. 1.

Іншими словами, потрібно побудувати математичну модель впливу відхилень на характеристики контактора, щоб запропонувати на основі аналізу цієї моделі найбільш ефективні рекомендації із зменшення розходження характеристик за реальних відхилень від характеристик за номінальних значень параметрів приводу. Пропонується наступне. Будь-яку характеристику контактора записуємо у вигляді вхідної функції $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, де $x_1, x_2, \dots, x_n$ – незалежні параметри.

У процесі технології виготовлення, ремонту дійсні значення цих параметрів будуть відрізнятися від їх номінальних значень. Тому кожен із параметрів записується у вигляді алгебраїчної суми $x_i = \bar{x}_i + \Delta x_i$, де $i = 1, 2, \dots, n$.

Риска над x_i означає номінальне значення даного параметра, Δx_i – його випадкове відхилення від $\bar{x}_i$ внаслідок вказаних відхилень. Вважаючи Δx_i для сукупності досліджень нескінченно малими, вихідна функція отримає приріст:

$$\begin{aligned} df &= \frac{\partial f}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2} dx_2 + \dots \\ &\dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} dx_n = \sum_{i=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} dx_i. \end{aligned} \quad (3)$$

Далі, як перше наближення, рахуємо, що усі можливі значення Δf в залежності від випадкової величини Δx_i розподіляються за нормальним законом, що у більшості випадків підтверджується практикою, дисперсія якого

$$\sigma_f^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \right)^2 \sigma_{x_1}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \right)^2 \sigma_{x_2}^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n} \right)^2 \sigma_{x_n}^2 = \sum_1^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \sigma_{x_i}^2. \quad (4)$$

Знаючи вихідну характеристику $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, знаходимо теоретично чисельні параметри її нормального розподілу: номінальне значення цієї функції у вигляді $f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n)$ та її дисперсію σ_f^2 .

Дисперсію $\sigma_{x_i}^2$ кожного з параметрів, які входять у диференційне рівняння (4), попередньо встановлюємо або за результатами спеціальних експериментів, або на основі обробки накопичених статистичних даних у вигляді

$$\sigma_{x_i}^{2*} = \frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x}_i)^2}{n}, \quad (5)$$

де n – кількість даних, які характеризують параметри x_i .

Далі порівнюємо теоретичне значення дисперсії σ_f^2 з її значенням σ_f^{2*} , яке знайдено на основі експериментальних даних.

При цьому:

$$\sigma_f^{2*} = \frac{\sum_1^N (f - \bar{f})^2}{N}, \quad (6)$$

де $\bar{f} = \frac{\sum_1^N f_i}{N}$; N – кількість експериментальних замірів, які проведені при перевірці вихідної характеристики $f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n)$, тобто цієї характеристики за номінальних значень незалежних параметрів у формулах, що описують дану характеристику. Наприклад, формула (1) для статичної тягової характеристики.

Ступінь відповідності теоретичного розподілу експериментальному знаходимо, використовуючи критерії Колмогорова або Пірсона. Відповідність вважається припустимою при довірчій імовірності 10 %. Після цього на основі аналізу рівняння (4) визначаємо найбільш суттєву складову дисперсії і розробляємо конкретні рекомендації зі зменшення її впливу на зміну вихідної характеристики.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Таев, И. С. Электрические аппараты автоматики и управления [Текст] / И. С. Таев. – М.: Высш. шк., 1975. – 223 с.
2. Тихменев, Б. Н. Подвижной состав электрифицированных железных дорог [Текст] / Б. Н. Тихменев, Л. М. Трахман. – М.: Транспорт, 1980. – 471 с.
3. Захарченко, Д. Д. Тяговые электрические аппараты [Текст] / Д. Д. Захарченко. – М.: Транспорт, 1981 – 247 с.
4. Александров, Г. Н. Теория электрических аппаратов [Текст] / Г. Н. Александров, В. В. Борисов, В. Л. Иванов. – М.: Высш. шк., 1985. – 312 с.
5. Осмотр и ремонт электромагнитных контакторов при технических обслуживаниях текущих ремонтах отечественных электровазов постоянного тока. Технологическая инструкция ТИ484 [Текст]. – М.: ПКБ главного управления локомотивного хоз. МПС, 1982. – 82 с.

Надійшла до редколегії 25.03.2009.

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ ЕКСПЕРТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Для вирішення багатокритерійного завдання підвищення надійності функціонування системи керування електричного транспорту на основі експертної інформації розглянуто численні методи підвищення надійності. Розглянуто інформацію, яка дозволяє обґрунтовано вибирати метод підвищення надійності функціонування системи управління.

Для решения многокритериальной задачи повышения надежности функционирования системы управления электрического транспорта на основе экспертной информации рассмотрены многочисленные методы повышения надежности. Рассмотрена информация, которая позволяет обоснованно выбирать метод повышения надежности функционирования системы управления.

The author proposed the numerous methods of solving the multi-criterion task – increasing of reliability of control system on the basis of expert information. The information, which allows choosing thoughtfully the method of reliability increasing for a control system of electric transport, is considered.

Вирішення першочергових задач, які стоять перед електрифікованими залізницями України, неможливе без забезпечення стійкої і надійної роботи тягового електропостачання електричного транспорту, яке, в свою чергу, залежить від надійності функціонування системи керування. Тому при ускладненні технологічних процесів і режимів роботи залізниць у сучасних умовах експлуатації необхідно удосконалення та підвищення надійності функціонування системи автоматизованого керування тягового електропостачання, що функціонують в умовах внутрішніх та зовнішніх загроз [1].

Проведені дослідження та результати роботи господарства електрифікації тягового електропостачання електричного транспорту в 2005-2008 рр. показують, що відмови системи автоматизованого керування тяговим електропостачанням можуть призвести до зриву подачі електроенергії в тягову мережу залізниці (споживач 1 категорії). В результаті цього відбувається затримка руху електрорухомого складу, що призведе до економічних збитків, а також можливі випадки з небезпекою для життя людей, які проводять технічне обслуговування або ремонт устаткування шляхом зняття напруги.

Принциповими особливостями підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання електричного транспорту рішення поставленої задачі є:

- багатокритеріальність завдання вибору раціонального варіанту підвищення надійності системи керування;
- кількісний і якісний опис показників підвищення надійності системи керування тягового електропостачання, які задаються у вигляді вимог;
- вплив на вибір методу підвищення надійності функціонування системи керування експертної інформації, що визначає перевагу того або іншого показника.

Розглянемо вказані особливості підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання електричного транспорту. Загальна постановка завдання багатокритерійної оптимізації згідно [2] має наступний вигляд.

Хай $\bar{X} = [x_1, \dots, x_i, \dots, x_n]$ – вектор параметрів системи керування (S) тягового електропостачання електричного транспорту. Деяка j -та властивість системи керування характеризується величиною показника $q_j(\bar{X})$, де $j = \overline{1, m}$.

Тоді система в цілому характеризується вектором показників підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання електричного транспорту $\bar{Q} = [q_1, \dots, q_j, \dots, q_m]$. Завдання багатокритерійної оптимізації зводиться до того, щоб з множини M_s варіантів підвищення надійності функціонування системи керування тягового еле-

ктропостачання (S) вибрати такий варіант (S_0), який володіє якнайкращим значенням вектора $\bar{Q}$.

Аналіз літератури [2 – 5] показує, що всі численні методи вирішення багатокритерійних задач можна звести до наступних груп методів:

- метод головного показника;
- метод результуючого показника;
- лексикографічні методи (методи послідовних поступок).

Розглянемо суть вирішення багатокритерійних задач підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання за допомогою даних методів.

Метод головного показника заснований на перекладі всіх показників підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання, окрім якого-небудь однорідного, званого головним, в розряд обмежень типу рівності і нерівностей. Привласнимо головному показнику номер $q_1(s)$. Тоді завдання зводиться до однокритеріального завдання вибору системи $S \in M_s$, що володіє мінімальним значенням показника $q_1(s)$ за наявності обмежень типу рівності і нерівностей, тобто має вигляд

$$\min_{S \in M_s} q_1(S) \quad (1)$$

за обмежень

$$\begin{aligned} q_j(S) &= q_{j0}; j = 2, \dots, l; \\ q_k(S) &\leq q_{k0}; k = l + 1, \dots, p; \\ q_r(S) &\geq q_{r0}; r = p + 1, \dots, m; \end{aligned} \quad (2)$$

Даному методу властиві наступні недоліки:

1. В більшості випадків немає достатніх підстав для того, щоб вважати головним якийсь один і притому цілком певний показник підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання, а всі інші – другорядними.

2. Для показників підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання $q_2(S) \dots, q_m(S)$, що переводяться в розряд обмежень, достатньо важко встановити їх допустимі значення.

Метод результуючого показника якості заснований на формуванні узагальненого показника шляхом інтуїтивних оцінок впливу приватних показників підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання $q_1, \dots, q_m$ на результуючу

якість виконання системою керування її функцій. Оцінки такого впливу даються групою фахівців – експертів, що мають досвід розробки подібних систем.

Найбільше застосування серед результуючих показників підвищення надійності систем керування отримали адитивний, мультиплікативний і максимінний показники.

Адитивний показник є сумою зважених нормованих приватних показників підвищення надійності функціонування системи керування та має вигляд

$$Q = \sum_{j=1}^m \omega_j \bar{q}_j, \quad (3)$$

де $\bar{q}_j$ – нормоване значення j -го показника;

ω_j – ваговий коефіцієнт j -го показника.

Чим більша його величина, тим більше він впливає на підвищення надійності функціонування системи; $\sum_{j=1}^m \omega_j = 1$; $\omega_j > 0$; $j = \overline{1, m}$.

Головним недоліком адитивного показника є те, що при його застосуванні може відбуватися взаємна компенсація приватних показників. Це означає, що зменшення одного з показників аж до нульового значення може бути компенсоване зростанням іншого показника. Для ослаблення цього недоліку вводяться спеціальні обмеження на мінімальні значення приватних показників, на їх ваги та інші прийоми.

Мультиплікативний показник утворюється шляхом перемножування приватних показників з урахуванням їх вагових коефіцієнтів і має вигляд

$$Q = \prod_{j=1}^m \bar{q}_j^{\omega_j}, \quad (4)$$

де $\bar{q}_j$ і ω_j має той же сенс, що і в адитивному показнику.

Найбільш істотна відмінність мультиплікативного показника від адитивного полягає в тому, що адитивний показник базується на принципі справедливої абсолютної поступки за окремими показниками, а мультиплікативний – на принципі справедливої відносної поступки [5]. Суть останнього полягає в тому, що справедливим вважається такий компроміс, коли сумарний рівень відносного зниження одного або декількох показників не перевищує сумарного рівня відносного збільшення решти показників.

Максимінний показник. У ряді випадків вид результуючої цільової функції достатньо важко обґрунтувати або застосувати. У подібних випадках можливим простим шляхом рішення задачі є застосування максимінного показника. В цьому випадку правило вибору оптимальної системи підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання S_0 має наступний вигляд

$$\max_{S \in M_s} \min_{1 \leq j \leq m} \{\overline{q_1}(S), \dots, \overline{q_j}(S), \dots, \overline{q_m}(S)\}, \quad (5)$$

якщо вагові коефіцієнти приватних показників підвищення надійності відсутні;

$$\max_{S \in M_s} \min_{1 \leq j \leq m} \{\overline{q_1}^{\omega_1}(S), \dots, \overline{q_j}^{\omega_j}(S), \dots, \overline{q_m}^{\omega_m}(S)\}, \quad (6)$$

якщо вагові коефіцієнти підвищення надійності визначені.

Максимінний показник підвищення надійності функціонування системи керування забезпечує якнайкраще (найбільше) значення якнайгіршого (найменшого) з приватних показників якості системи.

Лексикографічний метод.

Припустимо, що показники впорядковані по важливості, наприклад

$$q_1(S) > q_2(S) > \dots q_m(S). \quad (7)$$

Суть даного методу полягає у виділенні спочатку безлічі альтернатив з якнайкращою оцінкою по найбільш важливому показнику. Якщо така альтернатива єдина, то вона вважається якнайкращою; якщо їх декілька, то з їх підмножини виділяються ті, які мають кращу оцінку по другому показнику, і так далі. Для

розширення безлічі даних альтернатив і поліпшення якості вирішення по сукупності показників може призначатися поступка, в межах якої альтернативи вважаються еквівалентними [6].

Принциповою особливістю даного завдання вибору раціонального варіанту підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання є переважно якісний характер показників, які трактуються як вимоги, що задаються, з метою підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання. У зв'язку з цим дані методи багатокритерійної оптимізації повинні формулюватися в нечіткій постановці. В цьому випадку показниками якості є функції приналежності варіантів підвищення надійності функціонування системи керування заданому рівню якості. Як у класичній, так і в нечіткій постановці вибір методу рішення багатокритерійної задачі визначається тим, в якому вигляді представлена експертна інформація про перевагу показників підвищення надійності функціонування системи керування або їх важливості. Тому наведемо інформацію, яка дозволяє обґрунтовано вибирати метод підвищення надійності функціонування системи керування залежно від експертної інформації про перевагу показників (табл. 1).

Використовуючи розглянуті рекомендації щодо вибору методу підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання, в наступній статті розглянемо ряд конкретних методів і прикладів рішення даної задачі.

Таблиця 1

Експертна інформація про ступінь переваги або важливості показників підвищення надійності функціонування системи керування	Метод рішення багатокритерійної задачі
відсутній	максимінний метод (5)
показники впорядковані по важливості	лексикографічний метод (7)
визначені вагові коефіцієнти показників	адитивний показник (3) мультиплікативний показник (4) максимінний показник (6)

Висновки

У статті, в результаті проведеного автором аналізу, розглянуто численні методи вирішення багатокритерійної задачі підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання електричного транспор-

ту. Визначено і розглянуто основні методи підвищення надійності функціонування системи керування. Розглянуто інформацію, яка дозволяє обґрунтовано вибирати метод підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання залежно від експертної інформації про перевагу показників.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Сапожников, В. В. Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи [Текст] / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, В. И. Шаманов. – М.: Маршрут, 2003. – 261 с.
2. Гуткин, Л. С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества [Текст] / Л. С. Гуткин. – М.: Радио, 1975. – 367 с.
3. Борисов, А. Н. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений [Текст] / А. Н. Борисов, А. В. Алексеев, Г. В. Меркурьев. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.
4. Кини, Р. Л. Принятие решений при многих критериях предпочтения и замещения [Текст] / Р. Л. Кини. – М.: Радио и связь, 1981. – 342 с.
5. Брахман, Т. Р. Многокритериальность и выбор альтернативы в технике [Текст] / Т. Р. Брахман. – М.: Радио и связь, 1984. – 287 с.
6. Подиновский, В. В. Лексикографические задачи линейного программирования [Текст] / В. В. Подиновский // Журн. выч. матем. и мат. физики. – 1972. – № 6. – С. 568-571.

Надійшла до редколегії 20.03.2009.

Ф. П. ШКРАБЕЦ (Национальный горный университет Украины, Днепропетровск),
А. И. КОВАЛЕВ (ОАО «Южный ГОК», Кривой Рог)

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ НЕЙТРАЛИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Розглянуто варіанти заземлення нейтралі електричних мереж і представлені рекомендації з підвищення рівня експлуатаційної надійності й електробезпеки розподільних мереж напругою 6 кВ на основі обмеження й придушення перехідних процесів при несиметричних ушкодженнях.

Рассмотрены варианты заземления нейтрали электрических сетей и представлены рекомендации по повышению уровня эксплуатационной надежности и электробезопасности распределительных сетей напряжением 6 кВ на основе ограничения и подавления переходных процессов при несимметричных повреждениях.

The variants of grounding the neutral wire of electric networks are considered and the recommendations are presented on increasing the level of operational reliability and electric safety of distribution networks with 6 kV voltage on the basis of limitation and suppression of transitional processes at asymmetrical damages.

Состояние нейтрали сети имеет непосредственное отношение к вероятности возникновения аварийного состояния, поскольку преобладающее число нарушений в сетях начинается с замыкания на землю. Эффективность любого вида режима работы нейтрали электрической сети определяется целесообразным технико-экономическим соответствием бесперебойности электроснабжения потребителей, величины капиталовложений и эксплуатационных расходов. При этом учитывается, что всякого рода аварийные отключения линий электропередачи и подстанций, как правило, приводят либо к полному обесточиванию потребителей, либо к ограничениям потребления электроэнергии. Перебои в электроснабжении наносят тем больший ущерб, чем выше энергоемкость потребителей и чем больше потребителей, у которых прекращение подачи электроэнергии недопустимо по условиям непрерывности технологического процесса. Повышение уровня надежности электроснабжения и распределительных сетей систем электроснабжения, улучшение условий электробезопасности зависит от успешного решения комплекса вопросов, среди которых важное место занимают вопросы оптимизации режимов работы нейтрали электрических сетей.

Целью работы является представить результаты исследований по повышению уровня эксплуатационной надежности и электробезопасности распределительных сетей напряжением 6 кВ за счет оптимизации режимов нейтрали.

Эффективностью компенсации емкостного тока замыкания на землю (компенсированная

нейтраль) называется способность дугогасящих аппаратов ограничивать токи через место повреждения, перенапряжения и скорости восстановления напряжений после гашения заземляющей дуги. Показателем эффективности компенсации является отношение количества замыканий на землю, не развившихся в короткие замыкания, к общему их количеству [1]

$$\mathcal{E}_k = 1 - n_{k.з} / n_{\text{общ}} \quad (1)$$

При сравнении показателей эффективности работы электрических сетей с различными способами заземления нейтрали, кроме удовлетворения требования по обеспечению надежности электроснабжения потребителей, серьезное внимание обращается на основные параметры сетей, влияющие на эксплуатационные характеристики систем электроснабжения, к которым можно отнести:

1. Уровни изоляции и защита от перенапряжений (устойчивость к перенапряжениям).
2. Селективность действия релейной защиты и простота ее выполнения.
3. Отключение коротких замыканий и возможность нарушения устойчивости параллельной работы (в мощных энергосистемах).
4. Влияние на линии связи, каналы телемеханики и средства промышленной автоматики.
5. Заземляющие устройства линий и подстанций и безопасность напряжений прикосновения и шаговых напряжений.

В отношении электрических сетей и оборудования напряжением 6 кВ, работающих с компенсацией емкостного тока замыкания на

землю, следует отметить, что при резонансных настройках или при незначительных расстройках компенсации в сетях запасы электрической прочности изоляции по отношению к воздействующим перенапряжениям увеличиваются до 30 %. Такие запасы обеспечивают высокую надежность работы систем электроснабжения.

Компенсация емкостного тока замыкания на землю является бесконтактным средством дугогашения. В сравнении с сетями, работающими с изолированной нейтралью, а также с сетями, работающими с эффективным и неэффективным заземлением нейтрали, сети с индуктивностью в нейтрали, настроенной в резонанс с емкостью сети относительно земли, обладают следующими выгодными для эксплуатации качествами:

- уменьшается ток через место повреждения до минимальных значений (в пределе до активных составляющих и высших гармоник);
- обеспечивается надежное дугогашение (предотвращается длительное воздействие заземляющей дуги);
- улучшаются условия безопасности при растекании аварийных токов в земле;
- облегчаются требования к заземляющим устройствам;
- ограничиваются перенапряжения, возникающие при дуговых замыканиях на землю, до значений 2,5...2,6 фазного напряжения сети (при степени расстройки до 5 %) – безопасных для изоляции оборудования и линий;
- значительно снижаются скорости восстановления напряжений на поврежденной фазе, что способствует восстановлению диэлектрических свойств места повреждения в сети после каждого погасания перемежающейся заземляющей дуги;
- предотвращаются набросы реактивной мощности на источники питания при дуговых замыканиях на землю, что способствует сохранению качества электроэнергии у потребителей (при резонансной настройке);
- резко уменьшается вероятность развития в сети феррорезонансных процессов (в частности, самопроизвольных смещений нейтрали).

Расстройка режима компенсации более чем на 5 % от резонансного приводит к резкому снижению эффективности в части кратности перенапряжений, развития феррорезонансных процессов и т.п. Кроме того следует отметить, что в случаях, когда используются неправильные схемы присоединения устройств компенсации емкостных токов (дугогасящих аппаратов) и допускаются неправильные оперативные

и автоматические действия, компенсация емкостных токов замыкания на землю не только утрачивает частично или полностью свою эффективность, но и становится причиной многоместных повреждений изоляции сети. Опасные для изоляции сети по уровню и длительно действующие феррорезонансные перенапряжения возникают в случаях, когда трансформатор с устройством компенсации емкостных токов оказывается подключенным к сети не всеми фазами.

Анализ результатов исследований влияния заземления нейтрали электрических сетей на надежность и условия электробезопасности систем электроснабжения в целом, на повреждаемость распределительных сетей и электрооборудования, а также на функциональные характеристики релейной защиты в частности, позволяет дать оценку каждому конкретному режиму работы нейтрали и представить рекомендации, направленные на усиление позитивных показателей соответствующих режимов.

Исследования показали, что самый низкий уровень эксплуатационной надежности соответствует сетям с полностью изолированной нейтралью, а также сетям с компенсированной нейтралью при расстройках компенсации на 20 % и более от резонансной. Это обусловлено высокой повреждаемостью элементов систем электроснабжения от действия внутренних перенапряжений и феррорезонансных явлений [3, 5].

Следует отметить, что наиболее высокая эксплуатационная надежность обеспечивается в распределительных сетях с наложением дополнительной активной составляющей на ток замыкания на землю (сети с резистором в нейтрали). В таких сетях при определенных условиях резко ограничиваются уровни внутренних перенапряжений, сопровождающих несимметричные повреждения, практически исключается развитие феррорезонансных процессов, что, соответственно, способствует уменьшению повреждаемости элементов сети. Кроме того, при этом практически исключается ложная работа устройств защиты от замыканий на землю за счет резкого подавления (практически устранения) переходных процессов при появлении и отключении повреждений.

По условиям обеспечения электробезопасности электрических сетей при непосредственном прикосновении человека к токоведущим частям ни один из возможных режимов нейтрали нельзя признать благоприятным. Независимо от режима нейтрали с учетом реальных па-

раметров изоляции относительно земли рас-
пределительных сетей и времени действия уст-
ройств защиты, а также времени действия при-
меняемой в таких сетях коммутационной аппа-
ратуры, значения тока через тело человека бу-
дут значительно превышать безопасные
уровни. Следует, однако, отметить, что степень
косвенной опасности электрической сети, на-
пример от действия напряжения прикосновения
(при прикосновении человека к корпусам элек-
трооборудования и машин, оказавшимся под
напряжением вследствие повреждения изоля-
ции одной из фаз), в значительной степени за-
висит от режима нейтрали. Для установившего-
ся режима однофазного замыкания в этом слу-
чае предпочтение следует отдать электриче-
ским сетям с компенсированной нейтралью при
резонансной (или близкой к резонансной) на-
стройке компенсирующего устройства. Если
учитывать переходные процессы, сопровож-
дающие металлические и дуговые однофазные
замыкания на землю, то наиболее благоприят-
ным следует считать электрическую сеть с ре-
зистором в нейтрали.

Учитывая изложенное, в сетях напряжением
6...10 кВ, работающих с полностью изолиро-
ванной от земли нейтралью, предлагается ре-
жим работы с резистором в нейтрали, т.е. на-
ложение в аварийном режиме на емкостный ток
замыкания активной составляющей, значение
которой выбирается из условия

$$I_a = (0,4 \div 1) I_c \quad \text{или} \quad R_a = (1 \div 2,5) \frac{1}{3\omega C}. \quad (2)$$

Для создания дополнительного искусствен-
ного активного тока замыкания на землю могут
использоваться высоковольтные резисторы,
включаемые между нейтральной точкой сети и
землей. В этом случае высоковольтный резис-
тор может включаться:

- в нейтраль силового трансформатора при
включении его обмоток в звезду и выведенной
нулевой точкой;
- в нейтраль первичной обмотки специаль-
ного заземляющего трансформатора;
- между каждой фазой и землей трех сопро-
тивлений, соединенных в звезду с искусствен-
ной нулевой точкой.

Кроме того, создание искусственного до-
полнительного активного тока однофазного
замыкания на землю может быть обеспечено
включением низковольтного резистора одним
из следующих способов:

- в качестве нагрузочного резистора вторич-
ной обмотки специального однофазного транс-

форматора, первичная обмотка которого вклю-
чается между нейтральной точкой сети и зем-
лей;

- в качестве нагрузочного резистора, под-
ключенного к вторичным обмоткам трех одно-
фазных трансформаторов, включенных по схе-
ме разомкнутого треугольника (первичные об-
мотки включаются при этом в звезду с зазем-
ленной нулевой точкой).

При превышении токов замыкания на землю
регламентируемых ПУЭ значений устанавли-
ваются дугогасящие реакторы, которые, как
правило, не оборудованы устройствами автома-
тической настройки индуктивности в резонанс
с емкостью сети. Кроме того, зачастую экс-
плуатационная динамика указанных сетей мо-
жет превышать 20-процентное изменение па-
раметров изоляции сетей относительно земли
(например, карьерные сети). Для указанных
сетей нами предлагаются следующие рекоменда-
ции по оптимизации заземления нейтрали.

1. Если в сетях напряжением 6...10 кВ зна-
чение емкостного тока однофазного замыкания
на землю составляет значение до 10 А и они
работают с нейтралью, полностью изолирован-
ной от земли, предлагается режим работы с ре-
зистором в нейтрали, т.е. наложение в аварий-
ном режиме на емкостный ток замыкания ак-
тивной составляющей, значение которой выби-
рается из условия (2). Такой режим
обеспечивает подавление переходных процес-
сов, улучшение работоспособности устройств
защиты от замыканий на землю, исключает
феррорезонансные явления, чем и достигается
повышение уровня электробезопасности и на-
дежности.

2. При емкостном токе однофазного замы-
кания на землю более 10 А предлагается ис-
пользовать комбинированный режим работы
нейтрали. Суть комбинированного режима за-
земления нейтрали состоит в том, что кроме
создания индуктивной составляющей тока од-
нофазного замыкания на землю, предлагается
также одновременно накладывать на ток замы-
кания и активную составляющую.

Таким образом, комбинированный режим
заземления нейтрали – это компенсированная
сеть с наложением в аварийном режиме до-
полнительной активной составляющей. Значение
накладываемой на сеть активной составляющей
тока замыкания на землю должно быть на
уровне 30...50 % от емкостной составляющей,
т.е., выбираться из условия

$$I_a = (0,3 \div 0,5) I_c. \quad (3)$$

Такой режим обеспечивает подавление переходных процессов, улучшение работоспособности устройств защиты (сигнализации) от замыканий на землю, исключает феррорезонансные явления, чем и достигается повышение уровня электробезопасности и надежности и обеспечиваются эксплуатационные показатели, адекватные сетям с резистором в нейтрали даже при расстройках дугогасящего реактора до 50 %.

На рис. 1 для сравнения показаны зоны максимальной кратности перенапряжений от степени расстройки компенсации от резонансного режима в сети с компенсированной нейтралью (зона 1) и в сети с комбинированным режимом работы нейтрали (зона 2). Верхняя и нижняя границы зон соответствуют значениям коэффициента γ , равном соответственно 1 и 0,8, который учитывает физические характеристики сети, относительное место повреждения и прочее.

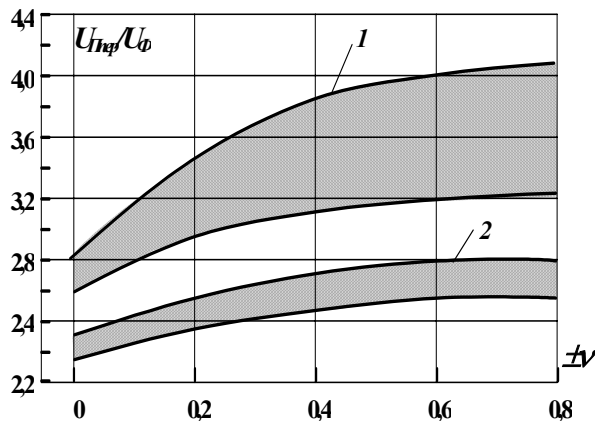


Рис. 1. Зависимость кратности перенапряжений от степени расстройки реактора при компенсированном (1) и комбинированном (2) режиме заземления нейтрали

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лихачев, Ф. В. Повышение надежности распределительных сетей 6-10 кВ [Текст] / Ф. В. Лихачев // Электрические станции. – 1981. – № 11. – С. 51-56.
2. Пивняк, Г. Г. Несимметричные повреждения в электрических сетях карьеров: Справочное пособие [Текст] / Г. Г. Пивняк, Ф. П. Шкрабец. – М.: Недра, 1993. – 192 с.
3. Серов, В. И. Методы и средства борьбы с замыканиями на землю в высоковольтных системах горных предприятий [Текст] / В. И. Серов, В. И. Щуцкий, В. М. Ягудаев. – М.: Наука, 1985. – 136 с.
4. Сирота, И. М. Влияние режимов нейтрали в сетях 6-35 кВ на условия безопасности [Текст] / И. М. Сирота // Режимы нейтрали в электрических системах. – К., 1974. – С. 84-104.
5. Стогний, Б. С. Анализ эффективности существующих режимов нейтрали сетей 6-35 кВ в энергетике [Текст] / Б. С. Стогний, В. В. Масляник, В. В. Назаров // Научно-прикладный журнал «Технічна електродинаміка». – К., 2002. – № 3. – С. 37-41.

Поступила в редколлегию 06.03.2009.

ВЛИЯНИЕ ПЛАНА ПУТИ НА СКОРОСТЬ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ

Розглядається вплив параметрів плану на швидкість та експлуатаційні витрати.

Рассматривается влияние параметров плана на скорость и эксплуатационные расходы.

The influence of plan parameters on speed and operational expenses is examined.

Как известно, план железнодорожного пути должен состоять из прямых и кривых участков. При этом кривые участки должны состоять из круговых и так называемых переходных кривых. Переходные кривые предназначены для плавного соединения прямых и круговых кривых и устраиваются в виде фрагментов радиальной спирали.

Пятьдесят лет назад к элементам плана было «бережное» отношение и при строительстве, и при ремонтах, и при эксплуатации. Все измерения выполнялись специальными приемами, позволяющими контролировать точность, положение пути в плане закреплялось специальными знаками. Такие подходы давали возможность достаточно точно обеспечивать положение пути в плане.

Появление специальных вагонов и машин для контроля и ремонта пути создало ложное впечатление, что теперь вопросы измерений и исправления положения пути можно возложить на них. В результате путь на всех направлениях был «зарихтован», параметры плана, нанесенные на проектных документах, на сегодня не имеют практически ничего общего с реальным положением.

Пока скорости пассажирских и грузовых поездов несильно отличались, комфортность поездки вообще не анализировалась, а экономика носила «затратный» характер, такое положение дел никого не беспокоило. Сегодня, когда, с одной стороны, мы идем по правильному направлению повышения скоростей движения пассажирских поездов, а с другой – хотим в условиях экономического кризиса нести минимальные расходы на передвижение поездов, такой подход к плану железнодорожного пути становится расточительным и даже опасным.

Дело в том, что допускаемые скорости движения определяются для проектного положения пути, которого, как уже отмечалось, на самом деле нет. Устанавливая допускаемые ско-

рости, исходят из того, что ряд параметров движения, такие как непогашенное ускорение, скорость нарастания ускорений и скорость опускания колеса, не превысят допускаемых значений.

Поскольку при движении поезда по кривой возникает центробежное ускорение, для уменьшения его величины состав наклоняют за счет возвышения наружного рельса в кривой по отношению к внутреннему. Т.к. по одной и той же кривой едут поезда с разными скоростями, возвышение устанавливают так, чтобы ускорения наружу кривой для более быстрых поездов и ускорения внутрь кривой для более медленных поездов не превышали допусков. Эти ускорения и называют непогашенными. Для большинства случаев ускорение наружу круговой кривой не должно превышать $0,7 \text{ м/с}^2$, а внутрь – $0,3 \text{ м/с}^2$.

Следует отметить, что разделение пассажирских и грузовых перевозок по направлениям делает разницу между скоростями отдельных поездов несущественной, в результате имеем практически нулевые значения непогашенных ускорений. Это, в свою очередь, приводит к снижению расходов, связанных с износом пути и подвижного состава.

В прямой (если она действительно прямая) поперечных ускорений нет. Для плавного перехода от прямой к круговой кривой, как уже говорилось, устраивается переходная кривая. Даже если она не предусмотрена проектом, переходная кривая сама формируется под проходящими поездами. При движении по переходной кривой возникает два неблагоприятных фактора. Во-первых, в пределах переходной кривой нарастает поперечное ускорение. Скорость этого нарастания нормируется величиной $0,6 \text{ м/с}^3$. Во-вторых, скорость опускания колеса в пределах переходной кривой не должна превышать 28 мм/с (в некоторых случаях допускается 35 мм/с).

Как показывает анализ существующих участков плана, именно короткие переходные кривые в абсолютном большинстве случаев ограничивают скорость движения и приводят к неблагоприятным динамическим воздействиям на путь и подвижной состав. Также из-за коротких переходных кривых практически ничего в наших условиях не дает внедрение поездов с принудительным наклоном кузова.

Серьезные вопросы вызывают также участки, считающиеся якобы прямыми. Нормы содержания позволяют считать прямым участок, на котором чередуются круговые кривые с радиусом 5000 м. В то же время такие участки требуют устройства возвышения наружного рельса при скоростях выше 130 км/ч. Поэтому такие нормы являются недопустимыми для линий, на которых обращаются «Столичные экспрессы». На обычных линиях такие «несуществующие» кривые приводят к боковым воздействиям, влиянию и раскачиванию поездов.

Если реальные характеристики плана линии отличаются от проектных, это может вызвать либо ограничение скорости, либо превышение нормативов, что в свою очередь будет приводить к снижению уровня безопасности и комфортности движения и к увеличению сил взаимодействия между колесами подвижного состава и элементами верхнего строения пути. Вследствие увеличения этих сил повышается износ рельсов и других элементов верхнего строения пути, а также колес и элементов подвижного состава.

На комфортность движения у нас пока что почти не обращают внимания, а вот повышенный износ непосредственно приводит к дополнительным затратам на эксплуатацию. В связи с этими факторами и возникает острая потребность в наведении порядка с соблюдением геометрических характеристик плана железнодорожного пути. При этом необходимо решить четыре задачи. Во-первых, необходимо с достаточной точностью получать информацию о положении железнодорожного пути в плане. Во-вторых, при проектировании следует получать проектные решения, которые реально могут быть реализованы при ремонте или модернизации. В-третьих, необходимо при ремонтах ставить путь в положение, соответствующее проектным решениям, и контролировать выполнение таких работ. И наконец, в-четвертых, необходимо обеспечить надежный контроль положения пути в плане в процессе эксплуатации.

Для решения этих задач сегодня предлагается много различных машин и устройств. Обо-

рудование их спутниковыми навигационными системами, гироскопами, бесконтактными системами измерений, компьютерными комплексами делает стоимость таких машин и устройств достаточно высокой, но кроме увеличения стоимости никаких существенных изменений точности не происходит.

Например, сегодня большие надежды возлагают на путеизмерительные вагоны ЦНИИ-4 и КВЛ-П. Производители этих вагонов обещают по результатам своих заездов оценивать с высокой точностью параметры плана. Спутниковые навигационные системы, которые устанавливают на такие вагоны, действительно могут давать точность получения координат приемника около 5 мм. Для этого приемник должен простоять над каждой точкой 60 минут, при этом второй приемник должен постоянно находиться над точкой с известными координатами. Но все равно при этом мы получим координаты приемника, который находится достаточно далеко от оси пути, вертикальность оси приемника и ее совпадение с осью пути ничем не гарантируется. При движении точность координат приемника ухудшается и составляет около одного метра. Для получения в движении точности порядка 20 мм необходимо создать вдоль линии проезда базовые постоянные станции наблюдения и устанавливать движущийся приемник на специальную гироскопическую платформу.

Исходя из этого, спутниковые системы, установленные на этих вагонах, позволяют весьма ориентировочно оценивать координаты вагона. Так как эти вагоны оценивают пройденный вагоном путь в 20 раз хуже, чем измерения обычной рулеткой, это тоже не позволяет ориентироваться на данные их заездов для оценки параметров плана линии.

Измерение кривизны пути современными вагонами-путеизмерителями производится косвенно через смещение линии рельсов относительно оси вагона. Существенная асимметрия съемки и погрешности измерительных систем дают результаты измерения кривизны никак не лучше простейших «ручных» способов измерения.

Для оценки динамических характеристик плана линии данные вагонов-путеизмерителей вполне пригодны, но определение параметров плана линии для геоинформационных систем, проектирования выправки плана и определения допускаемых скоростей движения поездов явно нереально, невзирая на достаточно высокую стоимость этих вагонов.

Не для всех задач сегодня могут применяться и современные геодезические приборы. Например, электронные тахеометры, несмотря на их стоимость и сложность, практически не позволяют получить координаты оси пути с точностью выше 20 мм, что явно недостаточно при выправке, когда сами рихтовки находятся практически в этих пределах.

Различные тележки (рис. 1) с установленными на них спутниковыми приемниками и другими измерительными системами также не позволяют добиться требуемой и указанной в рекламных материалах точности из-за наклона штанги с приемником и попыток получения координат спутниковым приемником в процессе движения.



Рис. 1. Измерительная тележка со спутниковым приемником

Не лучше сегодня обстоят дела и с проектированием выправки или переустройства плана линии. Для этих задач зачастую используются недостаточно точные измерения, при расчетах не учитываются реальные возможности реализации запроектированных смещений оси пути. Во многих случаях проектное решение совершенно не оценивается экономически. Например, обеспечение однорадиусности круговой кривой и одинаковых переходных кривых по ее концам может потребовать затрат в десятки раз больших по сравнению с многорадиусной кривой. Но это редко останавливает проектировщиков, тем более, что заказчику «нравится», когда на профиле нарисованы красивые однорадиусные симметричные кривые.

При реализации проекта строительная организация практически не контролирует соответствие полученного плана линии и проектных материалов. В лучшем случае положение пути может очень неточно контролироваться между путями. Проектировщики не осуществляют авторский контроль за реализацией проекта. В результате за соответствие плана линии про-

ектным параметрам несет ответственность инженер техотдела дистанции пути, который не выполнял ни проектирования, ни строительства.

Особо следует остановиться на путерихтовочных машинах. В Украине сегодня эксплуатируется множество типов путерихтовочных машин, в том числе и изготовленных в Австрии. В сопроводительных материалах к австрийским машинам указывается, что они могут обеспечивать постановку пути в проектное положение только при наличии специальных тележек и реперной системы. В противном случае данные машины осуществляют простое сглаживание плана пути. Учитывая отсутствие в Украине и такой реперной системы, и специальных тележек, получение проектных параметров по результатам работы этих машин является абсолютно нереальной задачей. Опытная проверка работы одной из таких машин на перегоне Игрень – Илларионово подтвердила эти выводы. В то же время в различных материалах постоянно указывается выполнение работ по

постановке плана пути в проектное положение, благодаря наличию таких машин.

Единственными машинами, которые дают относительно неплохие результаты работы, являются машины, оборудованные новосибирской системой «Навигатор». Хотя реальной проверки работы таких машин выполнить не удалось, но принципы работы такой системы позволяют надеяться на хорошие результаты при небольших значениях рихтовок. Следует отметить, что «Навигатор» не позволяет проверять соответствие габаритов нормативным значениям и имеет ограниченные возможности по расчету проектного возвышения наружного рельса и допустимых скоростей.

Контроль положения пути в плане при эксплуатации также осуществляется с недостаточной точностью, влияние отклонений не оценивается с точки зрения безопасности и комфортности движения.

В планах Укрзалізничці неоднократно поднимался вопрос создания реперной системы для контроля соответствия плана проектному положению. При этом рассматриваются либо чрезвычайно дорогая и при создании, и в процессе эксплуатации европейская реперная система, либо не имеющая никакой практической ценности реперная система, предлагаемая некоторыми российскими железнодорожниками, либо система, которой смогут пользоваться только изыскатели с дорогой геодезической техникой.

Все указанные проблемы сегодня требуют взвешенного и планомерного подхода. Например, расчеты показали, что только за счет правильной установки возвышения в кривых на Львовской дороге можно повысить скорость движения по этим кривым на 20...30 км/ч (или уменьшить износ колес и рельсов при прежних

скоростях), а за счет соответствующего расчета и постановки пути в проектное положение можно поднять маршрутную скорость до 130 км/ч, оставляя путь в пределах существующего земляного полотна, т.е. без огромных затрат на перенос оси трассы.

На многих кривых, которые анализировались, возвышения наружного рельса были установлены по радиусу кривой без учета длины переходных кривых. В результате определяющими ограничениями становились скорость нарастания ускорений и скорость опускания колеса. Только за счет неправильного возвышения по кривой скорость нельзя было устанавливать выше 50 км/ч (вместо 100...120 км/ч).

Специалистами ДИИТа разработаны специальные технологии высокоточной съемки плана линии, программа расчетов выправки плана с обеспечением максимальных скоростей, методика создания относительно простой реперной системы, которая позволит с достаточной точностью выполнять съемку, ставить план пути в проектное положение и контролировать его в процессе эксплуатации.

Все это неоднократно проверялось экспериментально и в Украине, и в России, требует небольших финансовых вложений, а после приведения плана пути в правильное положение позволит повысить скорости движения поездов, улучшить комфортность поездок и снизить расходы, связанные с износом пути и подвижного состава.

Над реализацией таких подходов по нашей методике в настоящее время работают специалисты Восточно-Сибирской дороги и линии Марабда – Ахалкалаки.

Поступила в редколлегию 01.12.2008.

ПОЛОЖЕННЯ СУМІЖНИХ СТІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ У ПЛАНІ Й ПОЗДОВЖНЬОМУ ПРОФІЛІ

У статті наведено результати натурних обмірів прямого напрямку стрілочних переводів типу Р65 марки 1/11 на залізобетонних брусах у плані та поздовжньому профілі. Одержані дані можна застосовувати для дослідження динаміки рухомого складу під час руху по прямому напрямку стрілочного переводу.

В статье приведены результаты натурных обмеров прямого направления стрелочных переводов типа Р65 марки 1/11 на железобетонных брусьях в плане и продольном профиле. Полученные данные можно применять для исследований динамики подвижного состава во время движения по прямому направлению стрелочного перевода.

In the article the results of natural measurements of the direct route of switches of type Р65 mark 1/11 on ferro-concrete sleepers in the plan and longitudinal profile are presented. The data obtained can be applied for research of the rolling stock dynamics during motion on switch direct route.

Через обмежені розміри площадок та прагнення до максимальної корисної довжини колій стрілочні переводи в горловинах станцій завжди укладаються дуже компактно. Але навіть у скрутних умовах згідно з вимогами [1] між переводами повинна знаходитись ділянка колії (пряма вставка), мінімальна довжина якої при швидкості руху поїздів до 120 км/год включно становить 6,25 м.

На жаль, велика кількість стрілочних переводів на головних коліях станцій укладена з порушенням цієї вимоги: пряма вставка між суміжними переводами відсутня або менша за 6,25 м. Це стало причиною проведення циклу досліджень зі встановлення допустимих швидкостей поїздів по таких переводах.

Головним чинником, що призводить до виникнення коливальних вагонів, є геометрія колії – нерівності рейкових ниток у горизонтальній (поперечний напрямок) та вертикальній площинах. Тому теоретичні дослідження впливу довжини прямої вставки на динаміку вагонів, які рухаються по суміжних стрілочних переводах, потребують детальних даних щодо їх положення в просторі.

У жовтні-листопаді 2006 р. з цією метою були проведені обміри значної кількості стрілочних переводів, укладених на головних коліях 9 станцій Одеської та Придніпровської залізниць за напрямом руху швидкісного поїзда Київ – Дніпропетровськ. Наведені нижче результати базуються на даних про 51 перевід, що утворюють 22 групи: 15 груп складаються з двох переводів, 7 – з трьох (переводи відносились до однієї групи, якщо пряма вставка між ними не перевищувала 25 м). Досліджувалось

положення стрілочних переводів типу Р65 марки 1/11 проекту 1740 та його аналогів на залізобетонних брусах. Стан переводів оцінювався як хороший та відмінний.

Технологія проведення обмірів та обробки одержаних даних

Для опису положення переводів у просторі прийнята ортогональна система координат, вісь x якої спрямована уздовж колії, вісь y – горизонтальна – вправо, вісь z – вгору. Положення стрілочних переводів визначається дискретно координатами x , y та z для кожної рейкової нитки в системі координат $Oxyz$. Кількість та місце розташування перетинів по довжині переводу наведені на рис. 1. На прямих вставках виміри виконувались через 5...7 м.

Закріплення перетинів на колії виконувалось по зовнішньому боку правої рейки за правильним напрямом руху поїздів (далі – права рейка) – наносились вертикальна лінія та номер перетину.

Перший та останній перетини кількох переводів знаходились на відстані 3 м від першого та останнього стиків переводів, що входять до однієї групи. Для прив'язки кожного перетину до першого використовувалась рулетка.

Положення в плані правої рейки визначалось за допомогою оптичного приладу ПРП-1, жилки та лінійки, лівої – за допомогою колійного шаблону ЦУП-2. Прилад ПРП використовувався для визначення положення правої рейки тільки у перетинах, позначених хрестиком. У решті перетинів положення рейки визначалось за допомогою жилки та лінійки (кронштейни висотою 30 мм з натягнутою жилкою прикладалися до

робочої грані головки рейки на рівні 13 мм нижче поверхні кочення, початок і кінець жилки знаходився в перетинах, де положення рейки визначалось за допомогою ПРП).

Ширина колії в корені вістряка вимірювалась на відстані 3...5 см від стику в бік хрестовини, в задньому стику хрестовини – на такій же відстані від стику в межах вкладиша. Додатково до ширини колії фіксувались наявність та величина горизонтального уступа в корені вістряка та задній частині хрестовини.

випини, в задньому стику хрестовини – на такій же відстані від стику в межах вкладиша. Додатково до ширини колії фіксувались наявність та величина горизонтального уступа в корені вістряка та задній частині хрестовини.

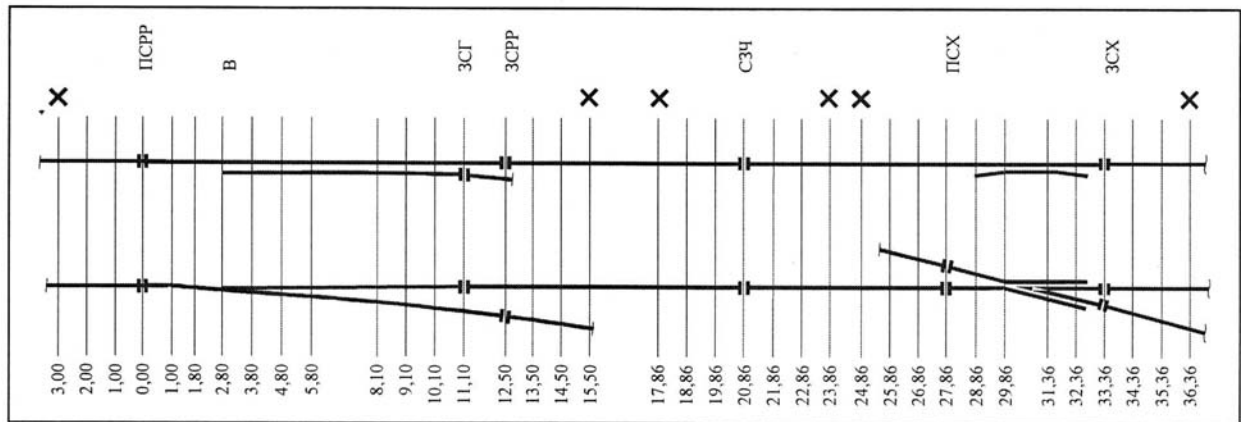


Рис. 1. Схема розміщення перетинів для обмірів стрілочного переходу:

ПСРР – передній стик рамної рейки; В – вістря вістряка; ЗСВ – задній стик вістряка; ЗСРР – задній стик рамної рейки; СЗЧ – стик з'єднувальної частини; ПСХ – передній стик хрестовини; ЗСХ – задній стик хрестовини

Для визначення положення стрілочних переходів у поздовжньому профілі права рейка нівелювалась за допомогою нівеліра Н-3. Положення лівої рейки встановлювалось за допомогою колійного шаблона теж у кожному перетині.

Одержані дані заносились до спеціальних форм.

Похибка нівелювання не перевищувала 4 мм, решти вимірювань – 2 мм.

Для виконання аналізу дані були приведені у відповідність до системи координат у такій послідовності:

– визначалась абсциса кожного перетину;

– застосовуючи ординати, визначені за допомогою ПРП, та дані, одержані за допомогою жилки та лінійки, розраховувались ординати правої рейки в кожному перетині (ординати першої та останньої точок дорівнювали нулю). Ординати лівої рейки визначались шляхом віднімання від ординати правої рейки ширини колії;

– аплікати правої рейки (яка нівелювалась) визначались за стандартною методикою;

– аплікати лівої – шляхом урахування положення рейок в даному перетині за рівнем.

Приклад положення в плані групи з двох стрілочних переходів наведено на рис. 2.

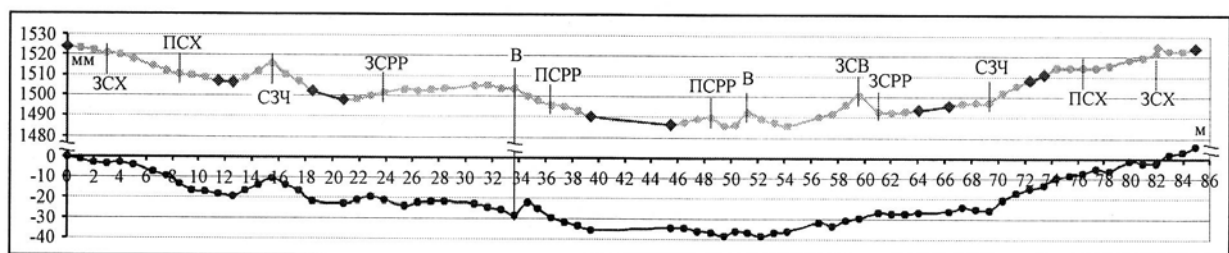


Рис. 2. Приклад положення стрілочної вулиці у плані

Результати дослідження положення стрілочних переходів у плані та поздовжньому профілі

Результати обмірів вказують, що положення рейок стрілочних переходів і в плані, і в профілі непрямолінійне.

Нерівності, характерні для прямого напрямку стрілочних переходів, можна розділити на два типи: «довга» та «коротка».

«Довга» нерівність поширюється на всю групу переходів, іноді – тільки на один перевід. «Короткі» нерівності спостерігаються тільки на окремих частинах переходу (стрілка, з'єднувальна частина, хрестовинний вузол).

Зважаючи на неможливість у форматі статті навести одержані результати в повному обсязі, всі нерівності були розділені на три групи за критерієм впливу на рухомий склад (основні чинни-

ки – амплітуда, уклони, форма нерівності):

- перший тип: мінімальний вплив («min»);
- другий тип: найбільш вірогідний («сер»);
- третій тип: найбільш несприятливий вплив («max»).

«Довга» нерівність

Незалежно від кількості переводів, що входять до групи, «довга» нерівність в плані та в поздовжньому профілі завжди має дугоподібну форму. Зі збільшенням прямої вставки між переводами та кількості переводів у групі величина амплітуди нерівності зростає, як в плані, так і в поздовжньому профілі. Найчастіше обидва переводи знаходяться на нерівності, іноді один стрілочний перевід лежить на нерівності, а інший на прямій.

У більшості випадків амплітуда «довгої» нерівності в плані для двох стрілочних переводів складає 20...40 мм (73 %), максимальна амплітуда – 40...60 мм (27 %). Група з трьох стрілочних переводів характеризується нерівностями з амплітудами 0...20 мм (14 %), 20...50 мм (58 %) та 50...80 мм (28 %).

У поздовжньому профілі амплітуди «довгої» нерівності для груп з двох переводів такі: 0...20 мм (20 %), 20...60 мм (60 %), 60...110 мм (20 %). Для груп з трьох переводів: 0...20 мм (14 %), 20...90 мм (57 %), 90...140 мм (29 %).

У табл. 1 – 4 наведено координати «довгих» нерівностей в плані та поздовжньому профілі, відібрані за критерієм впливу на динаміку рухомого складу.

Таблиця 1

Координати «довгої» нерівності в плані для груп з двох переводів

Тип	x, м; y, мм							
min	–							
сер	$\frac{0}{0}$	$\frac{12,50}{8,1}$	$\frac{20,87}{8,5}$	$\frac{39,37}{33,1}$	$\frac{46,46}{29,1}$	$\frac{64,96}{10,8}$	$\frac{74,33}{16,2}$	$\frac{85,84}{0}$
max	$\frac{0}{0}$	$\frac{11,38}{28,2}$	$\frac{18,51}{32,5}$	$\frac{39,37}{49,8}$	$\frac{58,14}{33,3}$	$\frac{66,43}{24,5}$	$\frac{79,02}{0}$	–

Таблиця 2

Координати «довгої» нерівності в плані для груп з трьох переводів

Тип	x, м; y, мм										
min	$\frac{0}{0}$	$\frac{18,53}{-6,0}$	$\frac{39,39}{0}$	$\frac{64,57}{0,7}$	$\frac{71,63}{5,9}$	$\frac{92,50}{3,6}$	$\frac{99,01}{5,8}$	$\frac{117,54}{-2,0}$	$\frac{125,82}{-9,2}$	$\frac{138,40}{0}$	–
сер	$\frac{0}{0}$	$\frac{11,50}{-13,0}$	$\frac{20,85}{-18,0}$	$\frac{47,01}{-32,0}$	$\frac{57,49}{-32,0}$	$\frac{65,54}{-28,5}$	$\frac{67,90}{-24,5}$	$\frac{86,43}{-8,7}$	$\frac{110,22}{1,2}$	$\frac{119,62}{1,8}$	$\frac{131,14}{0}$
max	$\frac{0}{0}$	$\frac{12,60}{-7,3}$	$\frac{20,85}{4,6}$	$\frac{39,37}{31,8}$	$\frac{66,32}{70,8}$	$\frac{84,82}{54,5}$	$\frac{96,36}{38,4}$	$\frac{99,93}{26,0}$	$\frac{111,44}{15,9}$	$\frac{120,80}{12,8}$	$\frac{139,30}{0}$

Таблиця 3

Координати «довгої» вертикальної нерівності для груп з двох переводів

Тип	x, м; z, мм						
min	$\frac{0}{0}$	$\frac{12,52}{-18,8}$	$\frac{20,89}{-15,4}$	$\frac{45,51}{-18,9}$	$\frac{64,05}{-8,6}$	$\frac{73,40}{4,5}$	$\frac{84,92}{0}$
сер	$\frac{0}{0}$	$\frac{11,76}{15,9}$	$\frac{21,86}{24,7}$	$\frac{36,38}{35,0}$	$\frac{51,88}{19,3}$	$\frac{61,29}{3,0}$	$\frac{72,76}{0}$
max	$\frac{0}{0}$	$\frac{11,50}{26,5}$	$\frac{20,88}{32,3}$	$\frac{39,38}{73,2}$	$\frac{58,36}{102,8}$	$\frac{76,88}{101,7}$	$\frac{86,27}{72,5}$

Таблиця 4

Координати «довгої» вертикальної нерівності для груп з трьох переводів

Тип	x, м; z, мм									
min	$\frac{0}{0}$	$\frac{11,50}{6,7}$	$\frac{20,86}{-4,0}$	$\frac{39,39}{-9,3}$	$\frac{51,86}{-15,9}$	$\frac{61,26}{-20,6}$	$\frac{79,78}{-10,9}$	$\frac{98,49}{4,7}$	$\frac{107,84}{4,0}$	$\frac{118,35}{0}$
сер	$\frac{0}{0}$	$\frac{11,43}{-5,7}$	$\frac{20,88}{-16,7}$	$\frac{45,89}{-45,4}$	$\frac{64,40}{-37,0}$	$\frac{73,78}{-32,4}$	$\frac{91,77}{-27,6}$	$\frac{110,28}{-38,3}$	$\frac{119,66}{-17,7}$	$\frac{131,16}{0}$
max	$\frac{0}{0}$	$\frac{11,50}{57,6}$	$\frac{20,85}{74,3}$	$\frac{47,01}{120,7}$	$\frac{59,54}{133,5}$	$\frac{67,90}{128,7}$	$\frac{91,70}{92,6}$	$\frac{110,22}{56,2}$	$\frac{119,62}{35,5}$	$\frac{131,14}{0}$

«Короткі» нерівності

Характеристики «коротких» нерівностей в різних частинах переводу відрізняються між собою, тому результати аналізу наведено окремо для кожної частини.

Слід зазначити, що «короткі» нерівності в плані можуть бути правими або лівими (знак додатний або від'ємний), але впливу знаку на характеристики нерівності не виявлено. Тому під час досліджень можна використовувати нерівності, наведені нижче, а можна і їх дзеркальне відображення.

З'єднувальна частина

У плані. Форма нерівності – так званий «кут» зі значною алгебраїчною різницею уклонів у місті перелому.

Найбільша амплітуда складає 8...12 мм (22 %), найменша – 0...2 мм (6 %), а частіше за все зустрічається нерівність з амплітудою 2...8 мм (72 %).

У поздовжньому профілі. Практично завжди у стик з'єднувальної частини наявне осідання глибиною 0...2 мм (19 %), 2...8 мм (65 %) або 8...14 мм (16 %).

На рис. 3, 4 та в табл. 5, 6 наведено обриси та кількісні характеристики вищеописаних «коротких» нерівностей.

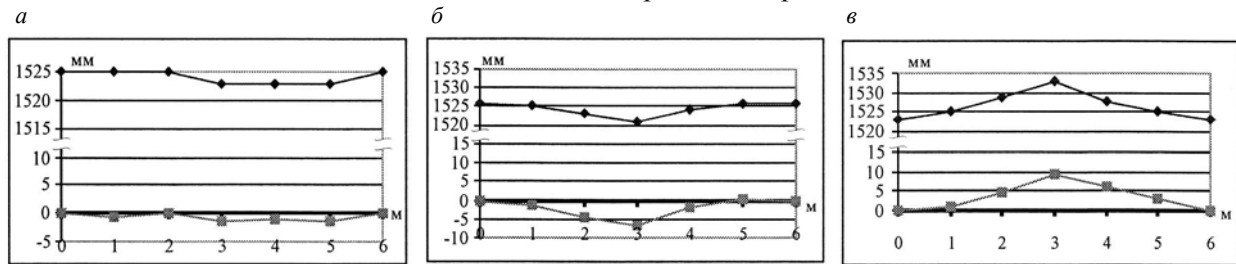


Рис. 3. Нерівності в з'єднувальній частині в плані: а – min, б – сер, в – max

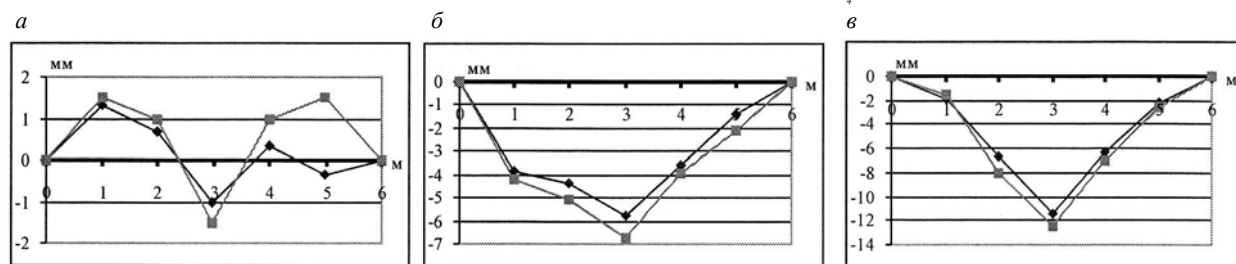


Рис. 4. Нерівності в з'єднувальній частині в поздовжньому профілі: а – min, б – сер, в – max

Таблиця 5

Координати «короткої» нерівності в з'єднувальній частині в плані

Тип	Абсциса нерівності, м							
	х, м	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
min	y _{пр}	1525,0	1525,0	1525,0	1523,0	1523,0	1523,0	1525,0
	y _{лів}	0	-0,5	0	-1,5	-1	-1,5	0
сер	y _{пр}	1526,0	1525,0	1523,0	1521,0	1524,0	1526,0	1526,0
	y _{лів}	0	-1,2	-4,3	-6,5	-1,7	-0,2	0
max	y _{пр}	1523,0	1525,0	1529,0	1533,0	1528,0	1525,0	1523,0
	y _{лів}	0	0,8	4,7	9,5	6,3	3,2	0

Таблиця 6

Координати «короткої» нерівності в з'єднувальній частині в поздовжньому профілі

Тип	Абсциса нерівності, м							
	х, м	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
min	z _{пр}	0	-1,8	-6,7	-11,5	-6,3	-2,2	0
	z _{лів}	0	-1,5	-8,0	-12,5	-7,0	-2,5	0
сер	z _{пр}	0	-3,8	-4,4	-5,8	-3,6	-1,4	0
	z _{лів}	0	-4,2	-5,1	-6,8	-3,9	-2,1	0
max	z _{пр}	0	-1,8	-6,7	-11,5	-6,3	-2,2	0
	z _{лів}	0	-1,5	-8,0	-12,5	-7,0	-2,5	0

Стрілка

Зважаючи на наявність стиків на початку та в кінці рамних рейок, початком «короткої» нерівності на стрілці прийнята точка на відстані 3 м від переднього стику рамної рейки, а кінцем – точка на відстані також 3 м від заднього стику рамної рейки.

У плані. Нерівність на стрілці складається з двох: одна полого, інша – різко змінюється. Нерівності пологого характеру в межах стрілки мають дугоподібний обрис. Максимальна амплітуда такої нерівності – 10...17 мм (20 %), мінімальна – 0...2 мм (2 %), а середня 2 ... 10 мм (78 %).

На пологую накладаються локальні нерівності. Для цих нерівностей характерні різкі зміни їх амплітуди в межах вістря вістряка та заднього стику рамної рейки.

Форма «коротких» нерівностей в межах стрілки має вигляд, зображений на рис. 5, в табл. 7 наведено кількісні характеристики цих нерівностей.

У поздовжньому профілі. У більшості випадків обриси нерівностей на обох нитках співпадають. Форми нерівностей можна умовно класифікувати як ями, горби та синусоїдальні. Серед них найбільша кількість ям (36 %), синусоїдальна нерівність та горби зустрічались з однаковою ймовірністю (по 32 %).

Максимальна амплітуда ям – 18...24 мм (17 %), середня 6...18 мм (83 %), мінімальна – відсутня. Форма «коротких» нерівностей в межах стрілки у вигляді ями має вигляд, зображений на рис. 6, в табл. 8 наведено кількісні характеристики цих нерівностей.

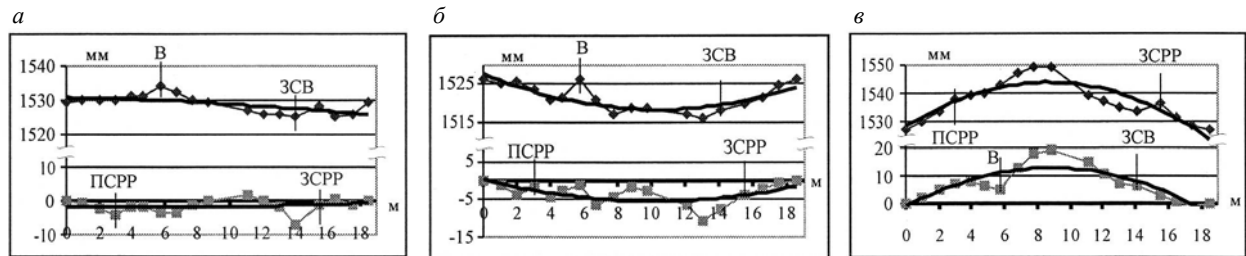


Рис. 5. Обриси «короткої» нерівності в стрілці в плані: а – min, б – сер, в – max

Таблиця 7

Координати «короткої» нерівності на стрілці в плані

Тип		x, м; y, мм																
min	сер		max		y _{яв}	x	y _{яв}	y _{пр}	x	y _{пр}	y _{яв}	x	y _{пр}	x	y _{пр}	x	y _{пр}	
	y _{пр}	x	y _{пр}	x														
0	1527,0	0	0	1526,0	0	0	1529,0	0	1529,0	0	1529,0	0	1529,0	0	1529,0	0	1529,0	
2,5	1530,0	1,0	-1,1	1525,0	1,0	-0,7	1530,0	1,0	1530,0	1,0	1530,0	1,0	1530,0	1,0	1530,0	1,0	1530,0	
5,0	1533,0	2,0	-3,6	1525,5	2,0	-2,5	1530,0	2,0	1530,0	2,0	1530,0	2,0	1530,0	2,0	1530,0	2,0	1530,0	
7,5	1538,0	3,0	-1,7	1523,5	3,0	-4,2	1530,0	3,0	1530,0	3,0	1530,0	3,0	1530,0	3,0	1530,0	3,0	1530,0	
7,9	1539,0	3,99	-4,2	1521,0	3,94	-1,9	1531,0	3,94	1531,0	3,94	1531,0	3,94	1531,0	3,94	1531,0	3,94	1531,0	
6,3	1540,0	4,79	-2,8	1521,5	4,74	-1,7	1531,0	4,74	1531,0	4,74	1531,0	4,74	1531,0	4,74	1531,0	4,74	1531,0	
4,8	1543,0	5,79	-1,3	1526,0	5,74	-3,4	1534,0	5,74	1534,0	5,74	1534,0	5,74	1534,0	5,74	1534,0	5,74	1534,0	
13,3	1547,0	6,79	-6,4	1521,0	6,74	-3,2	1532,0	6,74	1532,0	6,74	1532,0	6,74	1532,0	6,74	1532,0	6,74	1532,0	
17,8	1549,0	7,79	-4,4	1517,0	7,74	-0,9	1530,0	7,74	1530,0	7,74	1530,0	7,74	1530,0	7,74	1530,0	7,74	1530,0	
19,3	1549,0	8,79	-1,5	1519,0	8,74	0,4	1529,0	8,74	1529,0	8,74	1529,0	8,74	1529,0	8,74	1529,0	8,74	1529,0	
15,4	1539,0	11,07	-2,5	1519,0	9,74	2,0	1527,0	9,74	1527,0	9,74	1527,0	9,74	1527,0	9,74	1527,0	9,74	1527,0	
10,9	1537,0	12,07	-6,7	1517,0	12,06	0,3	1526,0	12,06	1526,0	12,06	1526,0	12,06	1526,0	12,06	1526,0	12,06	1526,0	
7,4	1535,0	13,07	-10,7	1516,0	13,06	-1,5	1526,0	13,06	1526,0	13,06	1526,0	13,06	1526,0	13,06	1526,0	13,06	1526,0	
6,3	1533,0	14,07	-7,8	1518,0	14,06	-7,2	1525,0	14,06	1525,0	14,06	1525,0	14,06	1525,0	14,06	1525,0	14,06	1525,0	
2,5	1536,0	15,50	-3,8	1520,0	15,51	-0,8	1528,0	15,51	1528,0	15,51	1528,0	15,51	1528,0	15,51	1528,0	15,51	1528,0	
1,0	1531,0	16,50	-2,4	1521,5	16,51	0,5	1525,0	16,51	1525,0	16,51	1525,0	16,51	1525,0	16,51	1525,0	16,51	1525,0	
-0,5	1528,0	17,50	-0,4	1524,5	17,51	-1,3	1526,0	17,51	1526,0	17,51	1526,0	17,51	1526,0	17,51	1526,0	17,51	1526,0	
0	1527,0	18,50	0	1526,0	18,51	0	1529,0	18,51	1529,0	18,51	1529,0	18,51	1529,0	18,51	1529,0	18,51	1529,0	

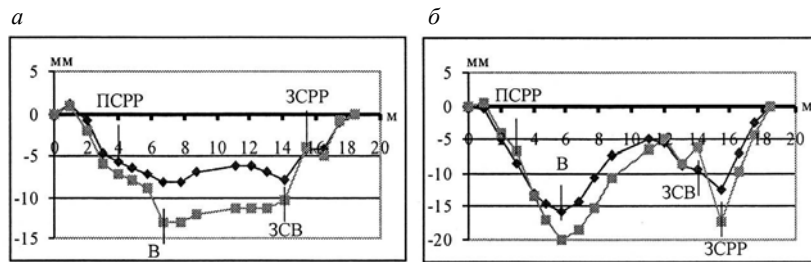


Рис. 6. «Коротка» нерівність на стрілці в поздовжньому профілі у вигляді ями: а – сер, б – тах

Таблиця 8

Координати «короткої» нерівності на стрілці в поздовжньому профілі у вигляді ями

Тип		x, м; z, мм																	
	x	0	1,0	2,0	3,0	4,0	4,78	5,76	6,76	7,76	8,76	11,08	12,08	13,08	14,08	15,50	16,50	17,50	18,50
min		—																	
сер	z _{пр}	0	1,1	-0,8	-4,8	-5,6	-6,4	-7,3	-8,2	-8,1	-7,0	-6,2	-6,1	-7,0	-7,9	-4,2	-4,2	-1,1	0
	z _{лв}	0	1,0	-2,1	-6,1	-7,1	-7,9	-8,9	-12,9	-13,0	-12,0	-11,4	-11,4	-11,4	-10,5	-3,9	-4,9	-1,0	0
max	z _{пр}	0	-0,5	-5,0	-8,5	-13,1	-14,7	-15,7	-14,2	-10,7	-7,2	-4,9	-5,4	-8,9	-9,5	-12,5	-7,0	-2,5	0
	z _{лв}	0	0,4	-4,1	-6,7	-13,3	-16,9	-20,0	-18,6	-15,1	-10,7	-6,5	-5,1	-8,6	-6,2	-17,3	-9,9	-4,4	0

Максимальна амплітуда горбів – 20...36 мм (25 %), середня 6...20 мм (75 %), мінімальна не визначена. Форма «коротких» нерівностей в межах стрілки у вигляді горбів має вигляд, зображений на рис. 7, а кількісні характеристики цих нерівностей наведено в табл. 9. Максимальна більша амплітуда синусоїдальної нерівності – 14...24 мм (18 %), середня 6...14 мм (82 %),

мінімальна – відсутня. Форма «коротких» синусоїдальних нерівностей в межах стрілки має вигляд, зображений на рис. 8, в табл. 10 наведено кількісні характеристики цих нерівностей

Можна відзначити, що в поздовжньому профілі форма нерівності в межах переднього стику рамної рейки та заднього стику гострия аналогічна нерівності в з'єднувальній частині.

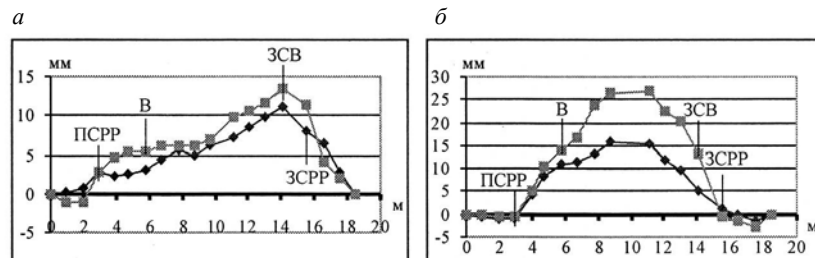


Рис. 7. «Коротка» нерівність на стрілці в поздовжньому профілі у вигляді горба: а – сер, б – тах

Таблиця 9

Координати «короткої» нерівності на стрілці в поздовжньому профілі у вигляді горба

Тип		x, м; z, мм																		
min		—																		
сер	x	0	1,0	2,0	3,0	3,96	4,76	5,76	6,76	7,76	8,76	9,76	11,07	12,07	13,07	14,07	15,51	16,51	17,51	18,51
	z _{пр}	0	0,3	0,6	2,9	2,2	2,7	3,0	4,3	5,5	4,8	6,1	7,2	8,5	9,8	11,1	8,1	6,4	2,7	0
	z _{лв}	0	-1,1	-1,2	2,7	4,6	5,5	5,4	6,3	6,2	6,1	6,9	9,8	10,7	11,6	13,5	11,3	4,2	2,1	0
max	x	0	1,0	2,0	3,0	3,99	4,79	5,79	6,79	7,79	8,79	11,07	12,07	13,07	14,07	15,50	16,50	17,50	18,50	—
	z _{пр}	0	-0,4	-0,8	-1,2	4,4	8,3	10,9	11,5	13,1	15,6	15,4	12,0	9,6	5,2	1,2	-0,2	-1,6	0	—
	z _{лв}	0	-0,2	-0,4	-0,6	5,3	10,3	14,1	16,9	23,7	26,5	26,8	22,6	20,5	13,3	-0,4	-1,6	-2,8	0	—

Хрестовина

Аналогічно нерівності в стрілці через наявність стиків довжина нерівності в хрестовині починається і закінчується за 3 м від передньо-

го та заднього стику.

В плані. Для «короткої» нерівності на хрестовині в плані характерна форма, зображена на рис. 9. Причому зона хрестовини майже пряма,

а зони на з'єднувальній частині та за хрестовиною – криволінійні. Тому областям переднього та заднього стиків хрестовини властиві різкі

зміни амплітуди нерівності. Вони направлені вліво або вправо (їх приблизно порівну).

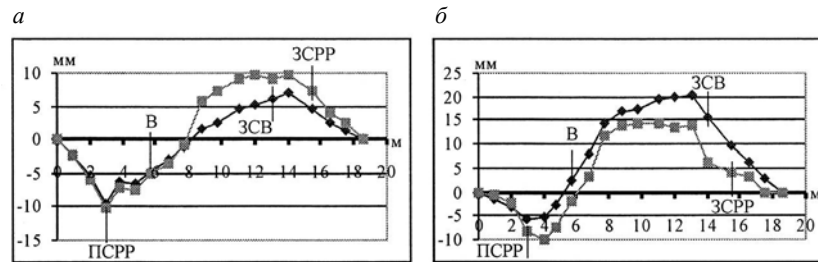


Рис. 8. «Коротка» синусоїдальна нерівність в поздовжньому профілі на стрілі: а – сер, б – max

Таблиця 10

Координати «короткої» синусоїдальної нерівності на стрілі в поздовжньому профілі

Тип		x, м; z, мм																		
	x	0	1,0	2,0	3,0	3,78	4,78	5,76	6,76	7,76	8,76	9,76	11,07	12,07	13,07	14,07	15,52	16,52	17,52	18,52
min		—																		
сер	z _{пр}	0	-2,2	-5,4	-9,6	-6,3	-6,5	-4,8	-3,0	-1,2	1,6	2,4	4,5	5,3	6,1	6,9	4,6	2,4	1,2	0
	z _{лв}	0	-2,4	-5,9	-10,3	-7,1	-7,6	-5,0	-3,4	-0,9	5,7	7,3	9,1	9,7	9,2	9,8	7,3	3,9	2,4	0
max	z _{пр}	0	-1,6	-3,2	-5,8	-5,4	-2,9	2,6	8,0	14,4	16,8	17,2	19,4	19,8	20,2	15,6	9,8	6,2	2,6	0
	z _{лв}	0	-0,7	-2,4	-8,1	-9,8	-7,4	-2,0	3,3	11,6	13,9	14,2	14,2	13,5	13,8	6,1	4,1	3,4	-0,3	0

Максимальна амплітуда цієї нерівності на передньому стикі хрестовини склала 6...10 мм (10 %), мінімальна – 0...2 мм (55 %), середня 2...6 мм (35 %). У межах заднього стиків хрестовини в більшості випадків форма нерівності в плані аналогічна формі нерівності, що харак-

терна для з'єднувальної частини (максимальна амплітуда склала 6...10 мм (22 %), мінімальна – 0...2 мм (31 %), середня 2...6 мм (47 %). Кількісні характеристики цих нерівностей наведено в табл. 11.

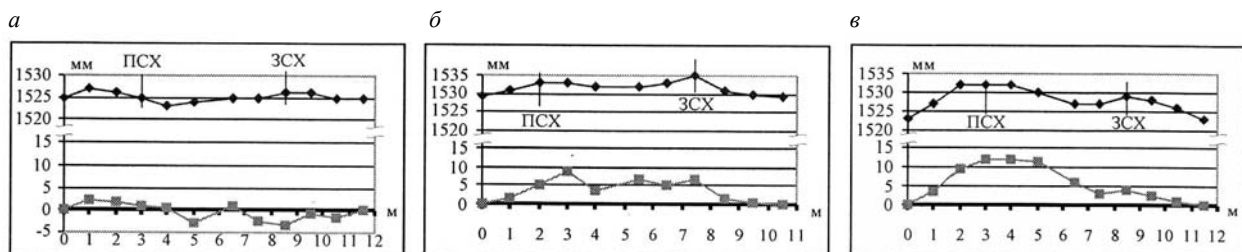


Рис. 9. Форма «короткої» нерівності на хрестовині в плані: а – min, б – сер, в – max

Таблиця 11

Координати «короткої» нерівності на хрестовині в плані

Тип		x, м; y, мм											
min	x	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	5,62	6,62	7,62	8,62	9,62	10,62
	y _{пр}	1525,0	1527,0	1526,0	1525,0	1523,0	1524,0	1525,0	1525,0	1526,0	1526,0	1525,0	1525,0
	y _{лв}	0	2,4	1,8	1,2	0,6	-3,0	1,0	-2,6	-3,2	-0,8	-1,4	0
сер	x	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,48	6,48	7,48	8,48	9,48	10,48	—
	y _{пр}	1529,0	1531,0	1533,0	1533,0	1532,0	1532,0	1533,0	1535,0	1531,0	1530,0	1529,0	—
	y _{лв}	0	1,7	5,3	9,0	3,7	6,7	5,3	7,0	1,7	0,3	0	—
max	x	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,46	7,46	8,46	9,46	10,46	11,46
	y _{пр}	1523,0	1527,0	1532,0	1532,0	1532,0	1530,0	1527,0	1527,0	1529,0	1528,0	1526,0	1523,0
	y _{лв}	0	3,7	9,5	12,2	11,9	11,7	6,3	3,0	4,3	2,5	1,3	0

В поздовжньому профілі. «Коротка» нерівність в поздовжньому профілі має форму, зображену на рис. 10. Як і в плані, в поздовжньому профілі зона хрестовини майже пряма, а зони на з'єднувальній частині та за хрестовиною криволінійні (осідання). Максимальна амплітуда цих осідань на передньому стикі хрестовини складала 8...14 мм (4 %), мінімальна – 0...2 мм

(35 %), середня 2...8 мм (61 %). У межах заднього стику хрестовини в більшості випадків форма нерівності в плані аналогічна формі нерівності, що характерна для з'єднувальної частини (максимальна амплітуда складала 10...16 мм (17 %), мінімальна – 0...2 мм (29 %), середня 2...10 мм (54 %)). Кількісні характеристики цих нерівностей наведено в табл. 12.

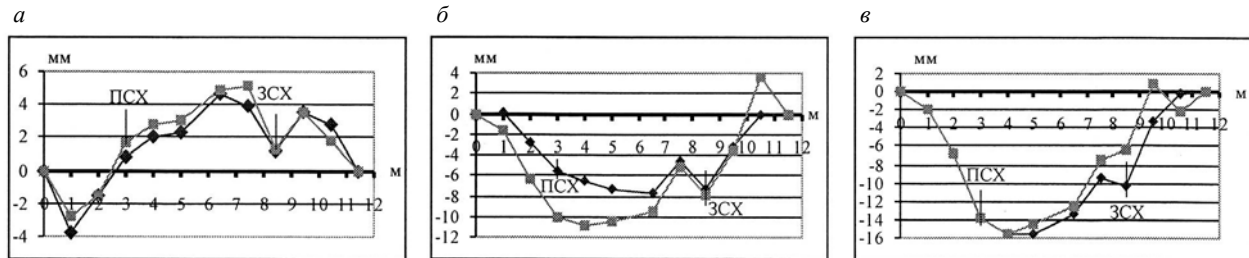


Рис. 10. Форма «короткої» нерівності на хрестовині в профілі: а – min, б – сер, в – max

Таблиця 12

Координати «короткої» нерівності на хрестовині в профілі

Тип	x	x, м; z, мм											
		0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,49	7,49	8,49	9,49	10,49	11,49
min	z _{пр}	0	-3,7	-1,5	0,8	2,1	2,3	4,7	3,9	1,2	3,5	2,7	0
	z _{лв}	0	-2,8	-1,6	1,6	2,8	3,1	4,9	5,2	1,4	3,6	1,8	0
сер	z _{пр}	0	0,1	-2,7	-5,6	-6,5	-7,4	-7,6	-4,5	-7,4	-3,3	-0,1	0
	z _{лв}	0	-1,7	-6,4	-10,1	-10,8	-10,5	-9,5	-5,2	-7,9	-3,6	3,7	0
max	z _{пр}	0	-1,9	-6,8	-13,7	-15,7	-15,6	-13,4	-9,3	-10,3	-3,2	-0,1	0
	z _{лв}	0	-1,9	-6,8	-13,7	-15,7	-14,6	-12,4	-7,3	-6,3	0,8	-2,1	0

ВИСНОВКИ

1. Положення прямого напрямку стрілочних переводів в плані та поздовжньому профілі непрямолинійне.

2. Причинами появи коротких нерівностей є наявність стиків в конструкції переводу та особливості взаємодії рухомого складу й стрілочного переводу.

Причинами появи довгих нерівностей є якість укладання й утримання переводів.

3. Запропонована методика обмірів стрілочних переводів дозволяє надійно визначати положення груп та окремих стрілочних переводів у просторі.

4. Вплив «довгих» нерівностей на обриси «коротких» нерівностей відсутній. «Короткі» нерівності, що описують положення одного переводу, теж не залежать одна від одної.

Тому для теоретичних досліджень динаміки вагонів під час руху по прямому напрямку стрілочних переводів можна комбінувати будь-які «довгі» вертикальні та горизонтальні нерівності та будь-які переводи (один перевід – це сукупність «коротких» нерівностей в стрілці, з'єднувальній частині та хрестовині).

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України [Текст] / Е. І. Даниленко та ін. – К.: НВП «Поліграфсервіс», 2006. – С. 336.

Надійшла до редколегії 04.03.2009.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАССЕЙВАНИЯ ТОКСИЧНОГО ГАЗА В УСЛОВИЯХ ЗАСТРОЙКИ

Запропоновано чисельну модель та на її базі розроблено метод розрахунку процесу розповсюдження важкого газу у атмосфері. В якості математичної моделі використовуються тривимірні рівняння переносу домішки та потенціального руху повітря. Розрахунок здійснюється з використанням неявних різницьових схем. Надаються результати обчислювального експерименту з моделювання забруднення повітря у випадку аварійного витoku токсичної речовини.

Разработана численная модель и на ее основе построен метод расчета процесса распространения тяжелого токсичного газа в атмосфере. В качестве математической модели используется трехмерные уравнения переноса примеси и потенциального течения воздушной среды. Расчет осуществляется с использованием неявных разностных схем. Приводятся результаты вычислительного эксперимента по моделированию загрязнения воздушной среды в случае аварийной утечки токсичного вещества.

A numerical model to simulate the process of heavy gas transfer is developed. The numerical simulation is carried out using 3D models of pollutant transfer and potential flow. The implicit finite difference schemes are used. The results of numerical simulation of air pollution are presented.

Введение

Одной из важных задач в области экологической безопасности является прогноз динамики загрязнения атмосферы при авариях с химически опасными веществами [1]. Результаты такого прогноза являются основой для разработки защитных мероприятий. В настоящее время для прогноза в случае аварии с химически опасными веществами на предприятиях, транспорте используются нормативная методика. Эта методика не позволяет оценить динамику загрязнения воздушной среды при аварии. Другим ее существенным недостатком является то, что она не дает возможности учесть влияние зданий на процесс рассеивания токсиканта. Актуальной задачей является разработка эффективных моделей для прогноза динамики загрязнения воздушной среды при авариях, позволяющих учесть основные физические факторы, влияющие на процесс переноса загрязнителя, а с другой стороны требующие небольших затрат машинного времени при компьютерной реализации. В настоящей работе рассматривается построение эффективной математической модели, которая может быть использована для решения широкого класса прикладных задач, связанных с прогнозом загрязнения воздушной среды при авариях.

1. Математическая модель

Рассматривается задача о загрязнении атмосферы при аварийном разливе опасного вещества (ацетон). Для моделирования процесса переноса паров токсиканта в атмосфере будем использовать трехмерное уравнение миграции примеси [2, 6]

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial (w - w_s)C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} (\mu_x \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (\mu_y \frac{\partial C}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (\mu_z \frac{\partial C}{\partial z}) + \sum Q_i(t) \delta(r - r_i), \quad (1)$$

где C – концентрация паров токсичного вещества; u, v, w – компоненты вектора скорости воздушной среды; w_s – скорость оседания; $\mu = (\mu_x, \mu_y, \mu_z)$ – коэффициент турбулентной диффузии; Q – интенсивность выброса токсичного вещества в атмосферу; $\delta(r - r_i)$ – дельта-функция Дирака; $r_i = (x_i, y_i, z_i)$ – координаты источника выброса (разлива). Постановка краевых условий для данного уравнения рассматривается в работах [6, 4].

Для расчета поля скорости воздушного потока с учетом зданий делается допущение, что движение воздушной среды – потенциальное, тогда компоненты скорости воздушной среды определяются соотношениями

$$u = \frac{\partial P}{\partial x}, \quad v = \frac{\partial P}{\partial y}, \quad w = \frac{\partial P}{\partial z},$$

где P – потенциал.

Уравнение для определения потенциала имеет вид

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} = 0. \quad (2)$$

Постановка краевых условий для уравнения (1) рассмотрена в работах [2, 6]. Для уравнения (2) ставятся следующие граничные условия:

- на твердых стенках $\frac{\partial P}{\partial n} = 0$, где n – единичный вектор внешней нормали;
- на входной границе (границы втекания воздушного потока) $\frac{\partial P}{\partial n} = V_n$, где V_n – известное значение скорости;
- на выходной границе $P = P^*(x = \text{const}, y) + \text{const}$ (условия Дирихле).

В модели учитывается неравномерный профиль ветра и величины коэффициента атмосферной диффузии:

$$u = u_1 \left(\frac{z}{z_1} \right)^n; \quad \mu_z = k_1 \left(\frac{z}{z_1} \right)^m,$$

где u_1 – скорость ветра на высоте z_1 ; $k_1 = 0,1$ м/с; $n = 0,15$; $m \approx 1$.

2. Метод решения

Численное интегрирование уравнения (1) осуществляется с использованием неявной попеременно-треугольной разностной схемы расщепления [2]. Для численного интегрирования уравнения (2) используется идея установления решения по времени, т.е. интегрируется уравнение вида

$$\frac{\partial P}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial z^2},$$

где τ – фиктивное время.

Численное интегрирование данного уравнения проводится с использованием неявной разностной схемы условной аппроксимации. В разработанном пакете программ осуществляется также численное интегрирование уравнения (2) с помощью попеременно-треугольного метода Самарского [7].

3. Алгоритм расчета скорости w_s

Если рассматривается перенос в атмосфере тяжелого газа, то для расчета оседания газа (паров) предлагается использовать величину w_s , которая входит в уравнение (1). На первом этапе расчета рассеивания тяжелого газа осуществляется решение уравнения (1), и притом полагается, что $w_s = 0$. Таким образом, в каждом контрольном объеме (разностной ячейке «ijk») известна концентрация газа C_{ijk} . Далее алгоритм расчета величины w_s состоит в следующем:

1. Используя уравнение состояния идеального газа рассчитывается парциальное давление токсичного газа в каждом контрольном объеме [5]

$$P_{ijk} = \frac{C_{ijk} R_u T}{M},$$

где R_u – универсальная газовая постоянная; T – температура; M – молекулярная масса токсичного газа.

2. Рассчитывается парциальный объем токсичного газа в каждой разностной ячейке.

3. Рассчитывается газовая постоянная смеси в каждой разностной ячейке.

4. Рассчитывается плотность смеси ρ в каждой разностной ячейке.

5. Из балансового соотношения [3]

$\frac{\rho w_s^2}{2} = g \Delta z (\rho - \rho_a)$, определяется величина w_s в каждом контрольном объеме (здесь ρ_a – плотность воздуха; $g = 9,81$ м/с²).

6. В каждом контрольном объеме интегрируется уравнение

$$\frac{\partial C}{\partial t} - \frac{\partial C w_s}{\partial z} = 0,$$

из которого определяется новое значение концентрации токсиканта в каждом контрольном объеме.

4. Практическая реализация

Рассмотрим применение разработанной численной модели и построенного метода расчета загрязнения атмосферы при разливе ацетона. Решение задачи находится при таких данных: размеры расчетной области: 150м × 150м × 30м. Скорость ветра на высоте 10 м – 3 м/с; температура воздуха – 20 °С, атмосферное давление – 1 бар. Разлив происходит перед первым зданием и за ним (рис. 1, 2).

Площадь первой зоны разлива – 50 м^2 , площадь второй зоны разлива – 25 м^2 . Форма расчетной области формируется с помощью маркеров, которые позволяют выделить те разностные ячейки, которые относятся к области течения, и выделить разностные ячейки, которые относятся к зданиям. Местоположение зон разлива в дискретной модели также определяется маркерами.

На рис.1, 2 показана зона загрязнения воздушной среды в расчетной области для различных моментов времени. Из данных рисунков хорошо видно, где расположены зоны разлива – эти участки характеризуются подобластями с большим градиентом концентрации. Отчетливо видно, что над каждой зоной разлива формируется шлейф токсичного газа. Оба шлейфа сливаются в атмосфере, образуя зону загрязнения над зданиями, которая имеет сложную геометрическую форму.

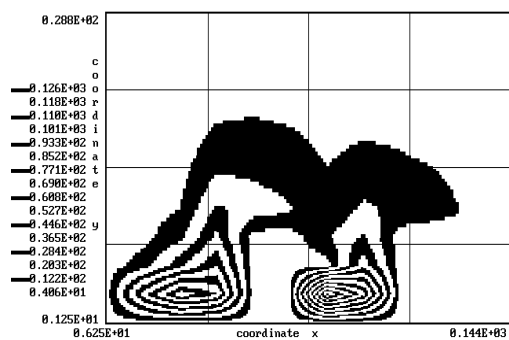


Рис. 1. Зона загрязнения атмосферы для момента времени $t = 25 \text{ с}$ (сечение $y = 75 \text{ м}$)

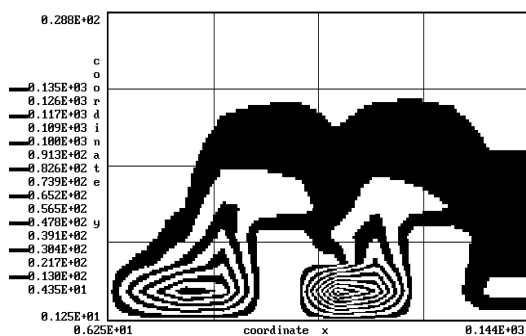


Рис. 2. Зона загрязнения атмосферы для момента времени $t = 40 \text{ с}$ (сечение $y = 75 \text{ м}$)

Из данных рисунков также можно заметить, как часть шлейфа, образовавшегося над первой зоной разлива после огибания первого здания, поступает в пространство между двумя зданиями. Таким образом, между двумя зданиями имеется восходящий шлейф от второй зоны разлива и нисходящий шлейф от первой зоны разлива.

Выводы

В работе разработана трехмерная численная модель, которая позволяет рассчитывать динамику загрязнения воздушной среды в условиях застройки. Модель позволяет выполнить прогноз за 10...20 секунд, т.е. расчет практически осуществляется в режиме реального времени. Дальнейшее совершенствование данного направления необходимо вести по созданию банка данных для различных химически опасных веществ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий [Текст] : учеб. пособие в 5 кн. / под ред. В. А. Котляревского и А. В. Забегаева. – М.: Изд-во АСВ, 2001. – 200 с.
2. Антошкина, Л. И. Оценка экологического риска при авариях с химически опасными веществами [Текст] / Л. И. Антошкина, Н. Н. Беляев, Е. Ю. Гунько. – Д.: Наука и образование, 2008. – 132 с.
3. Беляев, Н. Н. Основы теплопередачи [Текст] / Н. Н. Беляев. – К.: Вища шк. Головне вид-во, 1989. – 343 с.
4. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде [Текст] / М. З. Згуровский и др. – К.: Наук. думка, 1997. – 368 с.
5. Крейт, Ф. Основы теплопередачи [Текст]; пер. с англ. / Ф. Крейт, У. Блэк. – М.: Мир, 1983. – 512 с.
6. Марчук, Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды [Текст] / Г. И. Марчук. – М.: Наука, 1982. – 320 с.
7. Самарский, А. А. Теория разностных схем [Текст] – 2-е изд., испр. / А. А. Самарский. – М.: Наука, 1983. – 616 с.

Поступила в редколлегию 25.03.2009.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА В АТМОСФЕРЕ С УЧЕТОМ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ НА БАЗЕ МОДЕЛИ ОТРЫВНЫХ ВИХРЕВЫХ ТЕЧЕНИЙ ИДЕАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ

Запропоновано 2D чисельну модель для прогнозування забруднення атмосфери з урахуванням рельєфу. Наведені результати розрахунків на базі розробленої моделі.

Предложена 2D численная модель для прогноза уровня загрязнения атмосферы с учетом рельефа местности. Представлены результаты численного моделирования.

The 2D numerical model to simulate the pollutant dispersion over complex terrain is proposed. Results of numerical experiment are presented.

Введение

Прогноз загрязнения атмосферы при аварийных выбросах (разливах) токсичных веществ представляет собой важную задачу в области экологической безопасности [6]. Используемые на практике методики прогноза, такие как нормативная методика [3], методика «ТОКСИ» [6], модель Гаусса [1, 8], методика «Phast-Safety» [9] обладают весьма существенным недостатком – при прогнозе не учитывается влияние рельефа местности на процесс рассеивания загрязнителя. Поэтому важной задачей, служащей для повышения качества прогнозной информации, является разработка эффективных методов прогноза рассеивания токсичных веществ в атмосфере с учетом рельефа. Необходимо отметить, что особенностью задач данного класса является требование минимальных затрат компьютерного времени на получение прогнозных результатов. В этой связи применение, в настоящее время, уравнений Навье – Стокса [11] для каждодневных прогнозов является затруднительным, т.к. для практической реализации в рамках этой модели необходимо строить мелкую сетку, что приведет к большим затратам компьютерного времени. Целью данной работы является создание численной модели прогноза рассеивания загрязнителей в атмосфере, учитывающей наиболее существенные физические факторы, влияющие на этот процесс и позволяющей учесть рельеф местности при проведении вычислительного эксперимента.

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

$$\omega = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \text{ в воздушном потоке}$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial u \omega}{\partial x} + \frac{\partial v \omega}{\partial y} = 0; \quad (1)$$

✓ 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 данной 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. Методика расчета интенсивности вихрей рассмотрена в работе [2].

Решение данных уравнений гидродинамики позволяет на первом этапе рассчитать поле скорости воздушного потока при обтекании рельефа. На втором этапе вычислительного эксперимента осуществляется расчет распространения загрязнителя в атмосфере на базе уравнения [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.

Для приведенных уравнений гидродинамики осуществляется постановка следующих 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 соответствующие 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].

Будем находить решение стационарной гидродинамической задачи методом установления решения по времени t . Для этого в начальный момент $t = 0$ для завихренности ставится начальное условие типа

$$\omega|_{t=0} = 0$$

$$\text{или } \omega|_{t=0} = \omega_0(x, y).$$

В дискретной модели предусмотрена возможность задавать равномерный профиль ветра на входе в расчетную область или неравномерный. Постановка краевых условий для уравнения переноса примеси рассмотрена в работах [2, 4].

Формирование формы расчетной области

Т.к. рассматривается задача рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере с учетом влияния рельефа, то возникает задача формирования рельефа местности в численной модели (рис. 1). Для решения этой задачи используется метод маркирования расчетной области [2]. Расчет выполняется на прямоугольной разностной сетке, а положение твердых границ (поверхность рельефа) задается с помощью маркеров (рис. 2). Такой подход позволяет очень быстро изменять форму расчетной области (форму рельефа), что важно при проведении серийных расчетов. На твердых границах рельефа выполняется условие непротекания.

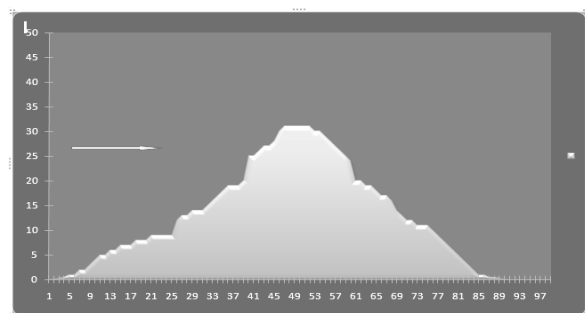


Рис. 1. Физическая модель рельефа

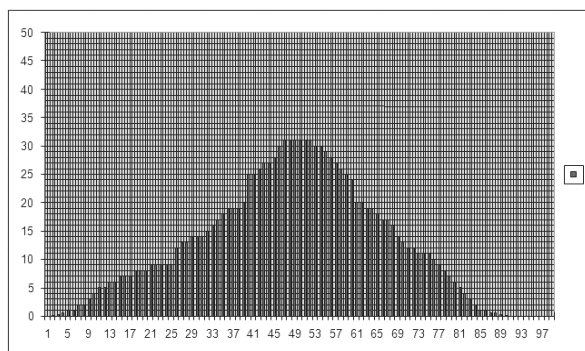


Рис. 2. Дискретная модель рельефа

Использование метода маркирования дает возможность пользователю формировать практически любую форму рельефа, не внося изменений в расчетный код.

Метод решения

Для численного интегрирования уравнений модели (уравнение переноса завихренности, уравнение переноса примеси) применяется неявная попеременно-треугольная разностная схема [2]. Уравнение Пуассона численно интегрируется по методу А. А. Самарского [5]. Отметим, что оба численных метода позволяют рассчитать неизвестную функцию по методу бегущего счета, это дает возможность, совместно с методом маркирования, разработать эффективный и экономичный численный алгоритм расчета рассеивания примесей в областях сложной геометрической формы.

Практическая реализация модели

На основе построенной численной модели и алгоритма расчета разработан код на алгоритмическом языке FORTRAN. Разработанный код был применен для решения следующей задачи. Произошел аварийный выброс в атмосферу токсичного газа (цианистый водород). В результате выброса на месте аварии образовалось облако сложной (грибовидной) формы. На пути облака располагается холм (рис. 1, 3). Средняя концентрация примеси в облаке принята равной 1 (в безразмерном виде). Размеры расчетной области: длина – 300 м, высота – 50 м. Профиль ветра на входе в расчетную область – равномерный, скорость ветра 8,3 м/с. Коэффициент атмосферной диффузии по обоим координатным направлениям равен $2 \text{ м}^2/\text{с}$.

Рассмотрим результаты вычислительного эксперимента. На рис. 3 – 5 показана динамика загрязнения атмосферы для различных моментов времени.



Рис. 3. Зона загрязнения атмосферы, $t = 5 \text{ с}$

Из данных рисунков видно, как происходит натекание облака на холм и расширение облака вверх. Из рис. 5 видно формирование обширной зоны загрязнения на подветренной стороне холма.

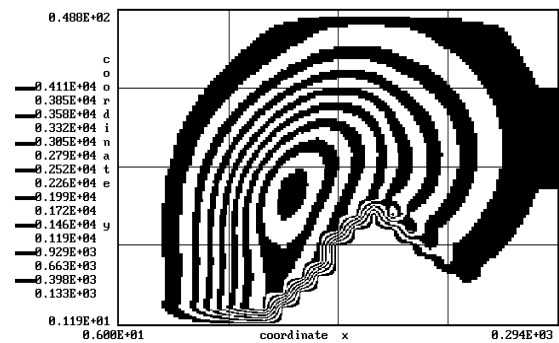


Рис. 4. Зона загрязнения атмосферы, $t = 10 \text{ с}$

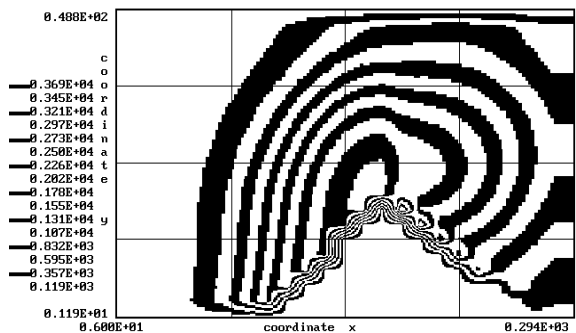


Рис. 5. Зона загрязнения атмосферы, $t = 15 \text{ с}$

В табл.1 представлена динамика изменения максимальной концентрации токсичного газа в облаке.

Таблица 1

Динамика изменения максимальной концентрации токсичного газа в облаке

Время, сек	Максимальная концентрация (в безразмерном виде)
4	0,683
6	0,542
10	0,367
20	0,269
24	0,193

Как видно из таблицы, примерно через 25 с после аварии максимальная концентрация в облаке уменьшится практически в 5 раз за счет достаточно большой скорости ветра. В заключение отметим, что на расчет задачи требуется около 10 с компьютерного времени.

Выводы

Предложена эффективная численная модель и алгоритм расчета рассеивания токсичных газов в атмосфере с учетом 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.: Институт 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 вилливу (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] // 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 [Текст] / S. Hanna // College on Atmospheric Boundary Layer and Air Pollution Modeling: 16 May-3 June 1994. № SMR/760-2 – P. 712-743.
9. Model Evaluation Report on UDM Version 6.0 [Текст] // Cambridge Research Consultants Ltd., Cambridge CB2 1SJ UK, Ref. No. SMEGIS/00/9/E. – 51 p.
10. Murakami, S. Comparison of “ $k-\epsilon$ ” model, ASM and LES with wind tunnel test for flow field around cubic model [Текст] / S. Murakami, A. Mochida, H. Yoshihiko // 8th Intern. Conf. on Wind Engineering, Western Ontario, July 8-11, 1991. – № 12 - 3.

Поступила в редколлегию 23.03.2009.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГАЗОВАННОСТИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ ТОКСИЧНЫМ ГАЗОМ

На базі моделі потенціальної течії та моделі переносу домішки запропоновано 2D чисельну модель для прогнозування забруднення в приміщеннях. Наведено результати розрахунків на базі розробленої моделі.

На базе модели потенциального течения и модели переноса примеси предложена 2D численная модель для прогноза уровня загрязнения в общественных помещениях. Представлены результаты численного моделирования.

The 2D numerical model to simulate the pollutant dispersion in public compartments is offered. The model is based on the equation of potential flow and the equation of admixture transfer. The results of numerical experiment are presented.

Введение

Одной из серьёзных опасностей является явление загазованности токсичным газом общественных помещений (вокзалы, кинотеатры, торговые центры, метро и т.д.). В этих местах часто находится большое скопление людей. Внезапное поступление в помещение токсичного газа вызывает панику и большую вероятность тяжелого поражения людей. Токсичный газ может поступать в помещение при горении и выделении в атмосферу помещения таких отравляющих веществ, как CO, HCN. Кроме этого, возможно поступление токсичного газа при теракте (примером является отравление пассажиров в Токийском метро при теракте, совершенном группой «Аум Сенрикё»). Поэтому чрезвычайно важно прогнозировать развитие такой нештатной ситуации и оценивать безопасность маршрутов эвакуации и эффективность работы аварийной вентиляции или других средств защиты. Одним из подходов к решению этой задачи является проведение физического эксперимента [6]. Однако проведение такого эксперимента требует больших временных и материальных затрат на постановку, проведение его и обработку данных измерений. Альтернативным путем решения рассматриваемой задачи является применение метода математического моделирования. Математическое моделирование позволяет быстро получить прогнозные данные как относительно динамики загрязнения помещения при поступлении в него токсичного газа, так и оценки эффективности различных средств защиты.

Целью данной работы является создание эффективной численной модели прогноза рассеивания токсичных газов в воздушной среде

общественных помещений с учетом их геометрической формы, маршрутов эвакуации, работы аварийной вентиляции.

Математическая модель

Будем рассматривать процесс распространения токсичного газа в общественном помещении в двухмерной постановке (профильная модель). Процесс расчета переноса токсичного газа в общественном помещении решается в два этапа. На первом этапе определяется поле скорости воздушного потока внутри помещения с учетом обтекания воздушным потоком препятствий, которые размещены в общественном помещении. В этом случае для расчета поля скорости воздушного потока используется уравнение для потенциала скорости [1]

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} = 0. \quad (1)$$

Решение уравнения (1) проводится при таких граничных условиях [2]:

- на твердых стенках $\frac{\partial P}{\partial n} = 0$, где n – единичный вектор внешней нормали;
- на входной границе (границы втекания воздушного потока в общественное помещение) $\frac{\partial P}{\partial n} = V_n$, где V_n – известное значение скорости втекания потока;
- на выходной границе $P = P^*(x = \text{const}, y) + \text{const}$ (условие Дирихле).

Как известно, в рамках модели потенциального течения компоненты вектора скорости воздушного потока связаны с величиной потенциала скорости зависимостями [1]

$$u = \frac{\partial P}{\partial x}; \quad v = \frac{\partial P}{\partial y}.$$

Для расчета рассеивания токсичного газа в общественном помещении применяется уравнение переноса примеси, осреднённое по ширине помещения [4, 2]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \sigma C = \text{div}(\mu \text{grad} C) + \sum_{i=1}^N Q_i(t) \delta(x - x_i) \delta(y - y_i),$$

где C – концентрация токсичного газа; u, v – компоненты вектора скорости воздушной среды в помещении; $\mu = (\mu_x, \mu_y)$ – коэффициент турбулентной диффузии; Q – интенсивность выброса токсичного газа; $\delta(x - x_i) \delta(y - y_i)$ – дельта-функция Дирака; x_i, y_i – координаты источника выброса; σ – коэффициент, учитывающий химический распад загрязнителя, взаимодействие с нейтрализатором; t – время.

В работах [2, 4] рассмотрена постановка краевых условий для уравнения переноса токсичного газа.

Формирование вида расчетной области

Общественные помещения имеют сложную геометрическую форму, обусловленную тем, что внутри них располагается различные объекты (эскалаторы, лестницы, стеллажи и т.д.). Такие объекты являются препятствиями на пути воздушного потока, что ставит задачу обтекания их и формирования вида этих препятствий в численной модели. Это является особенностью задач данного класса, сильно усложняющей процесс моделирования. Для расчета динамики воздушного потока в областях сложной геометрической формы в настоящее время используется несколько подходов:

- применение неортогональных разностных сеток;
- применение процедуры коррекции граничных условий на границах;
- отображение сложной расчетной области на область более простой геометрической формы;
- применение метода МКЭ;
- применение метода маркирования.

В данной работе для решения задачи используется метод маркирования расчетной области [2]. Расчет выполняется на прямоугольной разностной сетке, а положение твердых

границ (стеллажи, лестницы и т.д.) задается с помощью маркеров (рис. 2). Такой подход позволяет очень быстро изменять форму расчетной области, что дает возможность применять разработанный код для моделирования загазованности различных общественных помещений, не внося в него изменений, а внося изменения только в файл исходных данных.

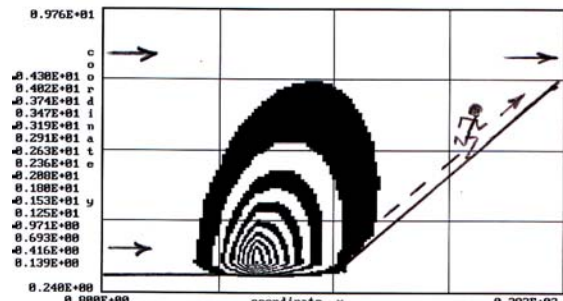


Рис. 1. Изолинии концентрации токсичного газа в торговом зале через 5 с после возникновения чрезвычайной ситуации

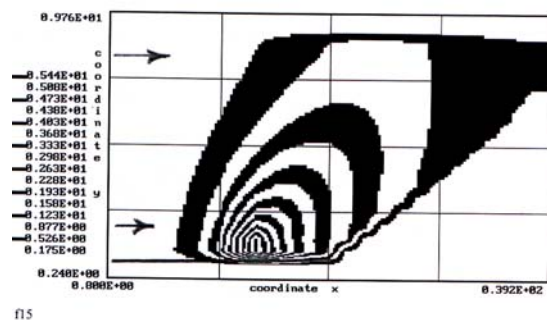


Рис. 2. Изолинии концентрации токсичного газа в торговом зале через 15 с после возникновения чрезвычайной ситуации

Применение метода маркирования позволяет формировать практически любую форму помещения.

Метод решения

Для численного интегрирования уравнения для потенциала скорости используется метод установления решения по времени. В этой связи необходимо численно интегрировать уравнение вида

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2}, \quad (2)$$

где t – фиктивное время.

При $t \rightarrow \infty$ решение уравнения (2) будет стремиться к «установлению», т.е. к решению уравнения (1).

Для численного интегрирования уравнения (2) используется неявная схема условной аппроксимации [5]. В этом случае разностные уравнения на каждом дробном шаге имеют вид:

$$\frac{P_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - P_{i,j}^n}{\Delta t} = \left[\frac{-P_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + P_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta x^2} \right] + \left[\frac{-P_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + P_{i,j-1}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta y^2} \right];$$

$$\frac{P_{i,j}^{n+1} - P_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta t} = \left[\frac{P_{i+1,j}^{n+1} - P_{i,j}^{n+1}}{\Delta x^2} \right] + \left[\frac{P_{i,j+1}^{n+1} - P_{i,j}^{n+1}}{\Delta y^2} \right].$$

В данной разностной схеме расчет значения потенциала скорости $P_{i,j}$ в каждой разностной ячейке на каждом шаге расщепления осуществляется по методу бегущего счета.

После расчета величины потенциала скорости компоненты вектора скорости рассчитываются по соотношениям:

$$u_{ij} = \frac{P_{i,j} - P_{i-1,j}}{\Delta x};$$

$$v_{ij} = \frac{P_{i,j} - P_{i,j-1}}{\Delta y}.$$

Для численного интегрирования уравнения переноса примеси используется попеременно-треугольная разностная схема [4]. При применении этой разностной схемы процесс решения уравнения переноса расщепляется на четыре шага. Разностные соотношения в операторном виде записываются так [2]:

на первом шаге расщепления $k = n + \frac{1}{4}$:

$$\frac{C_{ij}^k - C_{ij}^n}{\Delta t} + \frac{1}{2}(L_x^+ C^k + L_y^+ C^k) + \frac{\sigma}{4} C_{ij}^k =$$

$$= \frac{1}{4}(M_{xx}^+ C^k + M_{xx}^- C^k + M_{yy}^+ C^n + M_{yy}^- C^n) + \sum_{l=1}^N \frac{\bar{q}_l}{4} \delta_l;$$

на втором шаге расщепления $k = n + \frac{1}{2}$:

$$c = n + \frac{1}{4}:$$

$$\frac{C_{ij}^k - C_{ij}^c}{\Delta t} + \frac{1}{2}(L_x^- C^k + L_y^- C^k) + \frac{\sigma}{4} C_{ij}^k =$$

$$= \frac{1}{4}(M_{xx}^- C^k + M_{xx}^+ C^c + M_{yy}^- C^k + M_{yy}^+ C^c) + \sum_{l=1}^N \frac{\bar{q}_l}{4} \delta_l;$$

на третьем шаге расщепления $k = n + \frac{3}{4}$:

$$c = n + \frac{1}{2}:$$

$$\frac{C_{ij}^k - C_{ij}^c}{\Delta t} + \frac{1}{2}(L_x^+ C^k + L_y^- C^k) + \frac{\sigma}{4} C_{ij}^k =$$

$$= \frac{1}{4}(M_{xx}^- C^c + M_{xx}^+ C^k + M_{yy}^- C^k + M_{yy}^+ C^c) + \sum_{l=1}^N \frac{\bar{q}_l}{4} \delta_l;$$

на четвертом шаге расщепления $k = n + 1$:

$$c = n + \frac{3}{4}:$$

$$\frac{C_{ij}^k - C_{ij}^c}{\Delta t} + \frac{1}{2}(L_x^- C^k + L_y^+ C^k) + \frac{\sigma}{4} C_{ij}^k =$$

$$= \frac{1}{4}(M_{xx}^- C^k + M_{xx}^+ C^c + M_{yy}^- C^c + M_{yy}^+ C^k) + \sum_{l=1}^N \frac{\bar{q}_l}{4} \delta_l.$$

Пояснение к данным разностным операторам приведено в работе [2]. Из данных выражений можно получить явные формулы для определения неизвестного значения концентрации токсичного газа на каждом шаге расщепления.

Практическая реализация модели

На основе рассмотренной численной модели разработан алгоритм расчета переноса токсичного газа в помещении. Он состоит в следующем:

- задаётся форма общественного помещения, положение препятствий (лестницы и т.п.) внутри помещения;
- задаётся положение места выброса токсичного газа, интенсивность выброса;
- задаётся маршрут эвакуации;
- задаётся воздухообмен в помещении, положение входных отверстий (откуда поступает воздух в помещение) и выходных отверстий;
- осуществляется расчет уравнения для потенциала скорости;
- рассчитывается поле скорости воздушного потока внутри помещения;
- рассчитывается процесс рассеивания токсичного газа;
- на печать выводится информация о развитии зоны загрязнения и информация о формировании опасных зон загрязнения, где возможно тяжелое поражение людей.

На основе построенной модели разработан код на алгоритмическом языке FORTRAN. Разработанный код был применен для решения

следующей задачи. Происходит утечка токсичного газа (цианистый водород) в торговом зале, (зал расположен ниже поверхности земли). Имеется лестница – эвакуационный выход (рис. 1). Интенсивность выделения токсичного газа составляет 90 г/с. Воздух в помещение поступает через два отверстия, со скоростью 2 м/с, а выходит – через одно (на рисунках направление воздушного потока показано стрелками). Размеры расчетной области: длина – 40 м, высота – 10 м, ширина – 10 м. Коэффициент диффузии по обоим координатным направлениям равен $0,7 \text{ м}^2/\text{с}$. Коэффициент σ равен нулю.

Рассмотрим результаты вычислительного эксперимента. На рис. 1, 2 показана динамика загрязнения воздушной среды внутри помещения для различных моментов времени. Из данных рисунков видно, что формирующаяся зона загазованности увеличивается в размерах за счет диффузии и вытягивается в направлении выхода воздушного потока из помещения. Хорошо видно, что зона загрязнения формируется непосредственно над лестницей – эвакуационным выходом.

При моделировании была выявлена динамика формирования зоны смертельного поражения людей. За критерий смертельного поражения принималась концентрация 1 мг/л для цианистого водорода.

Информация о зоне смертельного поражения людей внутри помещения показана на рис. 3, 4. Темная зона, представленная на этих рисунках, соответствует зоне, где концентрация токсичного газа равна или выше указанной смертельной концентрации – 1 мг/л. Отметим, что при движении вверх по лестнице скорость людского потока составляет порядка 11 м/мин [3]. Из приведенных рисунков видно, что уже примерно через 20 с после возникновения чрезвычайной ситуации зона смертельного поражения людей охватит практически всю нижнюю половину эвакуационного выхода – лестницы. Учитывая, что при чрезвычайной ситуации возможна паника, скопление людей и медленное их передвижение по лестнице наверх, то очевиден высокий риск смертельного поражения людей в торговом зале.

В табл. 1 представлена динамика изменения максимальной концентрации токсичного газа внутри помещения, позволяющая также оценить угрозу токсичного поражения людей.

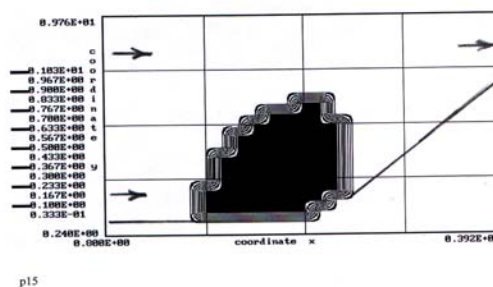


Рис. 3. Зона смертельного поражения людей (зона, где достигнута смертельная концентрация), $t = 15 \text{ с}$

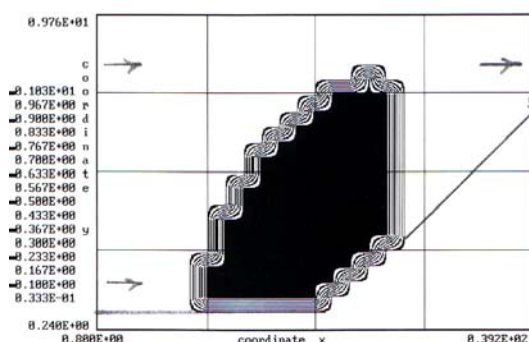


Рис. 4. Зона смертельного поражения людей (зона, где достигнута смертельная концентрация), $t = 20 \text{ с}$

Таблица 1

Динамика изменения максимальной концентрации токсичного газа внутри помещения

Время, с	Максимальная концентрация, $\text{г}/\text{м}^3$
10	4,90
15	5,24
20	5,44
35	5,70
50	5,77

Как видно из таблицы, концентрация в помещении достаточно быстро растет и значительно превосходит величину смертельной концентрации. В заключение отметим, что для расчета задачи потребовалось около 5 секунд компьютерного времени.

Выводы

В работе рассмотрена эффективная модель и алгоритм прямого численного моделирования процесса загазованности общественного помещения токсичным газом. Применяемый в моде-

ли метод маркирования расчетной области дает возможность формировать любую геометрическую форму общественных помещений с учетом лестниц, стеллажей и других препятствий. Дальнейшее совершенствование модели следует проводить в направлении ее разработки для расчета рассеивания тяжелых газов внутри помещений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бруцкий, Е. В. Теория атмосферной диффузии радиоактивных выбросов [Текст] / Е. В. Бруцкий. – К.: Институт 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. Пожежна безпека будівель та споруд [Текст] : навч. посібник / М. М. Кулешов та ін. – Х., 2004. – 271 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. Gerhardt, H. I. Small scale experiments to simulate the smoke extraction from large scale [Текст] / H. I. Gerhardt, O. Krüger // Wind Engineering into 21 Century. – P. 1927-1931.

Поступила в редколлегию 23.03.2009.

ШПАКЛЕВКА ДЛЯ ВНУТРЕННИХ РАБОТ

У роботі запропоновано розробку конкурентоздатної вітчизняної сухої шпаклювальної суміші з місцевих матеріалів.

В работе предложена разработка конкурентоспособной отечественной сухой шпаклевочной смеси из местных материалов.

The development of competitive domestic dry putty mixture from local materials is offered in the paper.

Введение

Основные преимущества сухих строительных смесей по сравнению с традиционным «мокрым» состоят в том, что свойствами сухих строительных смесей можно управлять, придавая продукту специализацию по потребностям производства. Срок хранения сухих строительных смесей довольно продолжительный (не менее 6 месяцев).

Стабильный состав смесей, сокращение потерь при транспортировании, уменьшение отходов раствора (самое малое на 5 %) благодаря порционному приготовлению в процессе их использования, рост производительности труда на стройке минимум на четверть из-за хороших пластических свойств растворов, полное исключение рецептурных ошибок, способность применения при отрицательных температурах, минимизация операций для перевода смесей в рабочее состояние – вот причины, по которым строительные сухие смеси находят такое широкое применение во всех технически развитых странах.

Наибольший интерес имеют шпаклевочные смеси группы С1 (смеси для подготовки поверхности под отделку), поскольку именно они используются для жилых и офисных помещений, т.к. основной объем работ в настоящее время связан с ремонтом и реконструкцией этих объектов. Учитывая удельный вес и значимость основного вида жилых зданий квартирного типа, можно прийти к заключению о том, что долговечность отделки должна быть близка к срокам нормального старения покрытий (т.е. долговечность отделки в среднем 4...5 лет) [7].

Основные физико-механические свойства смесей для подготовки поверхности под отделку приведены в табл. 1.

Задачей работы является разработка конкурентоспособной отечественной сухой шпаклевочной смеси из местных материалов по качеству и свойствам не хуже импортных аналогов.

Таблица 1

Основные физико-механические свойства смесей

Показатели	Смеси группы	
	C1	C2
Сухие смеси		
Остаток на сите № 02, %, не более	1	1
Растворные смеси		
Цвет	отвечать эталону	отвечать эталону
Срок годности, мин, не менее	30	60
Толщина слоя, мм	0,5...3	0,5...3
Растворы (только для составов, содержащих минеральные вяжущие – гипс или цемент)		
Прочность на растяжение при изгибе, МПа	0,5...1,5	2...3,5
Прочность на сжатие, МПа	2,5...10	10...20

Экспериментальная часть

Цель экспериментальных исследований заключалась в испытаниях исходных сырьевых материалов, подбора составов шпаклевок, сравнительных испытаниях разработанных составов со шпаклевками того же класса отечественных и зарубежных производителей.

Материалы, использованные в исследованиях.

Каолин. Использовался обогащенный каолин марки КР-2 Просянского горно-обогатительного комбината (Днепропетровская обл.). Свойства, гарантируемые производителем, представлены в табл. 2.

Выбор марки каолина сделан не случайно, обусловлен тем, что, во-первых, имеет низкую влажность, что важно для сухих смесей, достаточно мелкую дисперсность и малую по сравнению с другими марками стоимость [4].

Редиспергируемые полимерные порошки. Ниже приведены справочные данные редиспер-

гированного порошка DLP-210 торговой компании ДАУ Кемикал Компани. Выбор этого порошка сделан потому, что он используется

производителями Украины для изготовления сухих строительных смесей и положительно зарекомендовал себя.

Таблица 2

Требования к каолину

№	Наименование показателя	Марка						
		КРт	КРТШП			КР		
			высший сорт	I сорт	II сорт	высший сорт	I сорт	II сорт
1	Fe ₂ O ₃ , %, не более	0,5	0,8	0,8	1,2	1,2	1,2	1,2
2	SO ₃ , %, не более	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
3	Водорастворимых солей, %, не более	0,1	0,2	0,2	0,2	не нормируется		
4	Остатки на сетке, %, не более: 0,14 0,056	отс.	0,005	0,02	0,04	0,005	0,02	0,04
		0,2	не нормируется					
5	Массовая доля влаги, %, не более	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

DLP-210 – сыпучий белый порошок, полученный путем распылительной сушки водного сополимера винилацетата и этилена. Обладает всеми преимуществами сыпучей добавки, такими как простота перевозки, хранения и использования.

DLP-210 может использоваться в сухих смесях для улучшения прочности на растяжение, изгиб, истирание, позволяет существенно снизить возможность образования трещин в результате деформаций покрытия, обладает хорошей адгезией к различным материалам. Основные свойства DLP-210 приведены в табл. 3.

Таблица 3

Основные свойства DLP 210

Полимерная основа	Сополимер винилацетата и этилена
Внешний вид	белый, сыпучий порошок
Остаточная влажность	максимум 2 %
Объемная плотность	400±50 г/дм ³
Зольность	10±2 %
Температура стеклования (T _с)	приблизительно – 6 °C
Минимальная температура образования пленки	0 °C
pH	4,5...5,5

Метилцеллюлоза. Использовалась метилцеллюлоза марки METHOCEL компании DOW Chemical Company. METHOCEL является высококачественным эфиром целлюлозы, растворим в воде и улучшает некоторые свойства строительных составов: структуру; удобоукладываемость; влагопоглощение; схватываемость; адгезию; сопротивление образованию трещин; вовлечение воздуха; текучесть [8].

Гипс строительный. Использовался гипс марки Г-5, отвечающий требованиям [1] со сроками схватывания 10 мин. (начало) - 15 мин. (конец). Нормальная густота – 57 %. Прочность

при изгибе 2,8 МПа, прочность при сжатии 5,3 МПа. Остаток на сите № 02 – 14 %.

Проведение экспериментов

На первом этапе осуществлялась проверка соответствия составов требованиям п. 3.36 [7], а именно, составы для подготовки поверхности под отделку должны:

- обладать сцеплением с основанием не менее 0,5 МПа;
- иметь паропроницаемость не менее 0,1 мг, (м ч Па);
- быть морозостойкими (для наружных работ) и выдерживать не менее 50 циклов;
- легко укладываться на основании, не оставлять полос, комков и не тянуться за инструментом;
- обладать стойкостью к трещинообразованию и минимальной усадкой, которая не должна превышать 0,2 %;
- шлифоваться и окрашиваться, в том числе красками на органических растворителях;
- не стекать с вертикальных поверхностей;
- быть водостойкими (на основе цемента).

Испытания составов смесей представлены в табл. 4.

Все смеси были проверены по тонкости помола [2].

Определение прочностных показателей шпаклевки осуществлялось путем испытания образцов, изготовленных из гипсокартона. Поверхности гипсокартонных образцов склеивались слоем шпаклевки, выдерживались в течение одних суток, затем подвергались испытанию на скалывание. Результаты испытаний приведены в табл. 5 [6].

Хотя ДБН В.2.6-22-2001 предъявляет требования по прочности только для составов, содержащих минеральные вяжущие [7].

Составы сухих смесей и результаты их испытаний

№	Состав сухой смеси в массовых долях	Результаты испытаний					
		сцепление с основанием, МПа	паропроницаемость, мг/м	укладываемость на основание, гладкость	трещинообразование, усадка, %	возможность шлифовать и окрашивать	не стекать с вертикальной поверхности
1	Каолин – 100	0,2	0,5	очень хорошая	более 0,2 % трещин	да	да
2	Каолин – 100 DLP-210 – 1	0,6	0,2	очень хорошая	трещин нет	да	да
3	Каолин – 100 DLP-210 – 2,0	0,7	0,2	очень хорошая	трещин нет	да	да
4	Каолин – 100 DLP-210 – 1,5	0,7	0,2	очень хорошая	трещин нет	да	да
5	Каолин – 100 DLP-210 – 1 МЕТНОСЕЛ -0,15	0,6	0,1	очень хорошая	трещин нет	да	да
6	Каолин – 50 Гипс – 50 DLP-210 – 2,0	0,5	0,1	удовлетворит., требует шлифовки	трещин нет	да	да
7	Шпаклевка Сатенгипс (Турция)	0,7	0,1	удовлетворит., требует шлифовки	мелкие трещины	да	да

Таблица 5

Результаты испытаний

Состав шпаклевки	Разрушающая нагрузка, кгс	Скалывающее напряжение, МПа (кгс/см ²)
Сатенгипс (Турция)	540	0,39 (3,85)
Каолин – 50 Гипс – 50 DLP – 1,5	350	0,26 (2,5)
Каолин – 100 DLP – 1,5	340	0,25 (2,4)

Прочность шпаклевки оценивалась также путем сравнительных испытаний образцов древесноволокнистой плиты (полос) с нанесенной на гладкую поверхность шпаклевочным слоем толщиной в 3 мм. Полоса огибалась вокруг цилиндра диаметром 100 мм.

Выводы

В результате проверки по тонкости помола было установлено, что смеси содержащие гипс, в том числе турецкие, не удовлетворяют требованию по остатку на сите № 02 (не более 0,2 %). Для турецкой смеси он составляет 10 %, для наших гипсовых шпаклевок 14 %, что свидетельствует о том, что отечественные производители смесей используют строительный гипс без дополнительного домела, ни одна отечественная гипсовая шпаклевка не соответствует требованиям [7] по дисперсности, что же касается импортных гипсовых смесей, то их дис-

персность, может быть, и соответствовала требованиям ДБН, но в результате продолжительной транспортировки и хранения гипс слеживается, происходит естественный процесс взаимодействия гипса с парами влаги воздуха.

По результатам можно сказать, что по прочности сцепления все составы выдерживают испытания. Большинство образцов разрушаются не вследствие разрушения шва, а по гипсокартону (рвется картон, но не шпаклевка).

Образцы с 1,5 % DLP все выдерживают испытания, в образцах с гипсом появляются поперечные трещины, и слой шпаклевки отслаивается.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- ГОСТ 125-79. Вяжущие гипсовые. ТУ [Текст].
- ГОСТ 23789-79. Вяжущие гипсовые. МИ [Текст].
- ГОСТ 19609.0-89. Каолин обогащенный. Общие требования к методам испытаний [Текст].
- ГОСТ 19609.15-89. Каолин обогащенный. Метод определения абсорбции [Текст].
- ГОСТ 30036.2-93. Каолин обогащенный. Метод определения показателя адсорбции [Текст].
- ГОСТ 28574-90. Защита от коррозии в строительных конструкциях из бетона и железобетона. Испытание на адгезию [Текст].
- ДБН В.2.6-22-2001. Устройство покрытий с применением сухих строительных смесей [Текст].
- Рекомендованные рецепты приготовления сухих смесей, фирма «Спецконтракт» [Текст].

Поступила в редколлегию 17.02.2009.

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ УПРУГОГО ПОЛУПРОСТРАНСТВА ОТ ПОГОННОЙ ЛИНЕЙНОЙ НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НА ОГРАНИЧЕННОМ И НЕОГРАНИЧЕННОМ ПРОТЯЖЕНИИ ЕГО ПОВЕРХНОСТИ

У статті наведено результат рішення задачі напружено-деформованого стану пружного півпростору від дії навантаження, рівномірно розподіленого по лінії, з використанням нетрадиційної лінійної залежності деформацій від напруженого стану, відмінної від узагальненого закону Гука.

В статье приведен результат решения задачи о напряженно-деформированном состоянии упругого полупространства от действия нагрузки, равномерно распределенной по линии, с использованием нетрадиционной линейной зависимости деформаций от напряженного состояния, отличной от обобщенного закона Гука.

The article shows the result of solving the problem of stress-strain state of an elastic half-space because of the load action that uniformly distributed over the line, with the use of untraditional linear dependence of deformations on stressed state that is different from the generalized Hooke's law.

В работах [1, 2] изложены основные предпосылки к решению задач о напряженно-деформированном состоянии в упругой среде, базирующиеся на раздельном определении деформированного состояния от сдвиговых деформаций, вызванных разностью давлений в различных точках, и от объемных деформаций, вызванных величиной давления в среде. При этом в качестве давления служит одна треть функции суммы нормальных напряжений по трем ортогональным площадкам (первый инвариант напряженного состояния):

$$\sigma = \frac{1}{3}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z). \quad (1)$$

В результате раздельно определяются перемещения, соответствующие тензору сдвиговых деформаций и тензору объемных деформаций:

$$U^c; V^c; W^c; \quad (2)$$

$$\text{и } U^0; V^0; W^0. \quad (3)$$

Компоненты полных перемещений являются алгебраической суммой сдвиговых и объемных перемещений:

$$U = U^c + U^0; \quad V = V^c + V^0; \quad W = W^c + W^0. \quad (4)$$

Там же приведены результаты решения задачи о напряженно-деформированном состоянии упругого полупространства, загруженного направленной под любым углом к его поверхности сосредоточенной силой. Для случая дей-

ствия силы P , направленной по нормали к его поверхности, компоненты напряжений будут:

$$\sigma_x = \frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{x^2 z}{R^5}; \quad (5)$$

$$\sigma_y = \frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{y^2 z}{R^5}; \quad (6)$$

$$\sigma_z = \frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{z^3}{R^5}; \quad (7)$$

$$\tau_{xy} = \frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{x \cdot y \cdot z}{R^5}; \quad (8)$$

$$\tau_{yz} = \frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{y \cdot z^2}{R^5}; \quad (9)$$

$$\tau_{zx} = \frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{x \cdot z^2}{R^5}. \quad (10)$$

Функция давления имеет вид:

$$\sigma = \frac{1}{3}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) = \frac{P}{2\pi} \frac{z}{R^3}. \quad (11)$$

Компоненты сдвиговых перемещений в любой задаче определяются из зависимостей:

$$U^c = \kappa^c \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial x}; \quad (12)$$

$$V^c = \kappa^c \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial y}; \quad (13)$$

$$W^c = \kappa^c \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial z}, \quad (14)$$

в которых κ^c (м⁴/н) – модуль сдвигового смещения среды (физическая константа).

Перемещения от изменения плотности параллельны направлению действия внешней силы. В случае, когда сила действует по нормали к поверхности, соответствующие относительные деформации будут:

$$\varepsilon_x^0 = 0; \quad \varepsilon_y^0 = 0; \quad \varepsilon_z^0 = \kappa^0 \sigma, \quad (15)$$

а перемещения точек среды соответственно координатным осям x, y, z :

$$U^0 = 0; \quad V^0 = 0; \quad W^0 = \int \kappa^0 \cdot \sigma dz. \quad (16)$$

В формулах (15), (16) κ^0 (м²/н) – модуль объемной деформации (физическая константа среды).

Рассматриваемая задача состоит в том, что по нормали к поверхности полупространства, вдоль линии длиной $2b$ действует погонная нагрузка интенсивностью P (н/м) соответственно рис. 1.

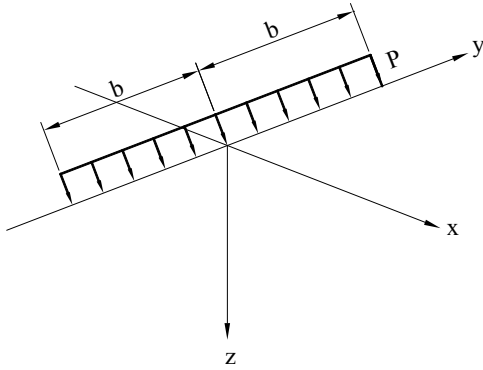


Рис. 1. Схема нагружения полупространства погонной линейной нагрузкой

Задача по определению напряженного состояния решается путем перехода от задачи с сосредоточенной нагрузкой с помощью соответствующего интегрирования.

Определение функции давления:

$$\sigma = \frac{P \cdot z}{2\pi} \int_{-b}^b \frac{d\varepsilon}{\left[x^2 + (y + \varepsilon)^2 + z^2 \right]^{3/2}} =$$

$$= \frac{P \cdot z}{2\pi} \frac{1}{\left(x^2 + z^2 \right)} \frac{(y + \varepsilon)}{\left[x^2 + (y + \varepsilon)^2 + z^2 \right]^{1/2}} \Big|_{-b}^b.$$

$$\sigma = \frac{P}{2\pi} \frac{z}{\left(x^2 + z^2 \right)} \left[\frac{(y + b)}{\left[x^2 + (y + b)^2 + z^2 \right]^{1/2}} - \frac{(y - b)}{\left[x^2 + (y - b)^2 + z^2 \right]^{1/2}} \right]. \quad (17)$$

Определение компоненты σ_x :

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \frac{3Px^2 \cdot z}{2\pi} \int_{-b}^b \frac{d\varepsilon}{\left[x^2 + (y + \varepsilon)^2 + z^2 \right]^{5/2}} = \\ &= \frac{3Px^2 \cdot z}{2\pi \left(x^2 + z^2 \right)^2} \cdot \left[\frac{(y + b)}{\left[x^2 + (y + \varepsilon)^2 + z^2 \right]^{1/2}} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{3} \frac{(y + b)^3}{\left[x^2 + (y + \varepsilon)^2 + z^2 \right]^{3/2}} \right] \Big|_{-b}^b. \\ \sigma_x &= \frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{x^2 \cdot z}{\left(x^2 + z^2 \right)^2} \left[\frac{(y + b)}{\left[x^2 + (y + b)^2 + z^2 \right]^{1/2}} - \right. \\ &\quad - \frac{(y + b)^3}{3 \left[x^2 + (y + b)^2 + z^2 \right]^{3/2}} - \frac{(y - b)}{\left[x^2 + (y - b)^2 + z^2 \right]^{1/2}} + \\ &\quad \left. + \frac{(y - b)^3}{3 \left[x^2 + (y - b)^2 + z^2 \right]^{3/2}} \right]. \quad (18) \end{aligned}$$

Определение компоненты σ_y :

$$\begin{aligned} \sigma_y &= \frac{3P}{2\pi} \cdot z \int_{-b}^b \frac{(y + \varepsilon)^2 d\varepsilon}{\left[x^2 + (y + \varepsilon)^2 + z^2 \right]^{5/2}} = \\ &= \frac{3P}{2\pi} \frac{z}{\left(x^2 + z^2 \right)^2} \cdot \left[\frac{(y + \varepsilon)^3}{\left[x^2 + (y + \varepsilon)^2 + z^2 \right]^{3/2}} \right] \Big|_{-b}^b. \end{aligned}$$

$$\sigma_y = \frac{P}{2\pi} \cdot \frac{z}{3(x^2 + z^2)^2} \left[\frac{(y+b)^3}{[x^2 + (y+b)^2 + z^2]^{3/2}} - \frac{(y-b)^3}{[x^2 + (y-b)^2 + z^2]^{3/2}} \right]. \quad (19)$$

Определение компоненты σ_z :

$$\begin{aligned} \sigma_z &= \frac{3P \cdot z^3}{2\pi} \int_{-b}^b \frac{d\varepsilon}{[x^2 + (y+\varepsilon)^2 + z^2]^{5/2}} = \\ &= \frac{3P}{2\pi} \frac{z^3}{(x^2 + z^2)^2} \cdot \left[\frac{(y+\varepsilon)}{[x^2 + (y+\varepsilon)^2 + z^2]} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{3} \frac{(y+\varepsilon)^3}{[x^2 + (y+\varepsilon)^2 + z^2]^{3/2}} \right] \Bigg|_{-b}^b. \\ \sigma_z &= \frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{z^3}{(x^2 + z^2)^2} \left[\frac{(y+b)}{[x^2 + (y+b)^2 + z^2]^{1/2}} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{3} \frac{(y+b)^3}{[x^2 + (y+b)^2 + z^2]^{3/2}} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{(y-b)}{[x^2 + (y-b)^2 + z^2]^{1/2}} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{3} \cdot \frac{(y-b)^3}{[x^2 + (y-b)^2 + z^2]^{3/2}} \right]. \quad (20) \end{aligned}$$

Определение компоненты τ_{xy} :

$$\begin{aligned} \tau_{xy} &= \frac{3P}{2\pi} x \cdot z \int_{-b}^b \frac{(y+\varepsilon)d\varepsilon}{[x^2 + (y+\varepsilon)^2 + z^2]^{5/2}} = \\ &= -\frac{3P}{2\pi} x \cdot z \cdot \frac{1}{3} \frac{1}{[x^2 + (y+\varepsilon)^2 + z^2]^{3/2}} \Bigg|_{-b}^b. \end{aligned}$$

$$\tau_{xy} = -\frac{P}{2\pi} x \cdot z \left[\frac{1}{[x^2 + (y+b)^2 + z^2]^{3/2}} - \frac{1}{[x^2 + (y-b)^2 + z^2]^{3/2}} \right]. \quad (21)$$

Определение компоненты τ_{yz} :

$$\begin{aligned} \tau_{yz} &= \frac{3P}{2\pi} z^2 \int_{-b}^b \frac{(y+\varepsilon)d\varepsilon}{[x^2 + (y+\varepsilon)^2 + z^2]^{5/2}} = \\ &= -\frac{3P}{2\pi} \frac{z^2}{3} \frac{1}{[x^2 + (y+\varepsilon)^2 + z^2]^{3/2}} \Bigg|_{-b}^b. \\ \tau_{yz} &= -\frac{P}{2\pi} \cdot z^2 \left[\frac{1}{[x^2 + (y+b)^2 + z^2]^{3/2}} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{[x^2 + (y-b)^2 + z^2]^{3/2}} \right]. \quad (22) \end{aligned}$$

Определение компоненты τ_{zx} :

$$\begin{aligned} \tau_{zx} &= \frac{3P}{2\pi} z^2 x \int_{-b}^b \frac{d\varepsilon}{[x^2 + (y+\varepsilon)^2 + z^2]^{5/2}} = \\ &= \frac{3P}{2\pi} \frac{z^2 x}{(x^2 + z^2)^2} \left[\frac{(y+\varepsilon)}{[x^2 + (y+\varepsilon)^2 + z^2]^{1/2}} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{3} \frac{(y+\varepsilon)^3}{[x^2 + (y+\varepsilon)^2 + z^2]^{3/2}} \right] \Bigg|_{-b}^b. \\ \tau_{zx} &= \frac{3P}{2\pi} \frac{z^2 x}{(x^2 + z^2)^2} \left[\frac{(y+b)}{[x^2 + (y+b)^2 + z^2]^{1/2}} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{3} \cdot \frac{(y+b)^3}{[x^2 + (y+b)^2 + z^2]^{3/2}} - \frac{(y-b)}{[x^2 + (y-b)^2 + z^2]^{1/2}} + \right. \end{aligned}$$

$$\left. + \frac{(y-b)^3}{[x^2 + (y-b)^2 + z^2]^3} \right]. \quad (23)$$

Для определения перемещений, вызванных сдвиговыми деформациями, определяются частные производные функции давления, а сами перемещения записываются с использованием формул (12, 13, 14). В результате будем иметь:

$$U^c = \kappa^c \cdot \frac{P}{2\pi} \cdot \frac{x \cdot z}{(x^2 + z^2)} \left\{ -\frac{2}{(x^2 + z^2)} \times \right. \\ \times \left[\frac{(y+b)}{[x^2 + (y+b)^2 + z^2]^{1/2}} - \frac{(y-b)}{[x^2 + (y-b)^2 + z^2]^{3/2}} \right] + \\ + \left[-\frac{(y+b)}{[x^2 + (y+b)^2 + z^2]^{3/2}} + \right. \\ \left. + \frac{(y-b)}{[x^2 + (y-b)^2 + z^2]^{3/2}} \right] \left. \right\}. \quad (24)$$

$$V^c = \kappa^c \cdot \frac{P}{2\pi} \cdot z \left[\frac{1}{[x^2 + (y+b)^2 + z^2]^{3/2}} - \right. \\ \left. - \frac{1}{[x^2 + (y-b)^2 + z^2]^{3/2}} \right]. \quad (25)$$

$$W^c = \kappa^c \cdot \frac{P}{2\pi} \cdot \frac{1}{(x^2 + z^2)} \left\{ \frac{(x^2 - z^2)}{(x^2 + z^2)} \times \right. \\ \times \left[\frac{(y+b)}{[x^2 + (y+b)^2 + z^2]^{1/2}} - \frac{(y-b)}{[x^2 + (y-b)^2 + z^2]^{1/2}} \right] + \\ + z^2 \left[\frac{(y+b)}{[x^2 + (y+b)^2 + z^2]^{3/2}} - \right.$$

$$\left. - \frac{(y-b)}{[x^2 + (y-b)^2 + z^2]^{3/2}} \right] \left. \right\}. \quad (26)$$

Определение вертикальных перемещений от изменения плотности среды выполняется интегрированием (17) с условием (16):

$$W^0 = \kappa^0 \frac{2P}{\pi} \int_{-\infty}^z \left[\frac{z}{(x^2 + z^2)} \frac{(y+b)}{[x^2 + (y+b)^2 + z^2]^{1/2}} - \right. \\ \left. - \frac{z}{(x^2 + z^2)} \frac{(y-b)}{[x^2 + (y-b)^2 + z^2]^{1/2}} \right] dz. \quad (27)$$

С целью сокращения записей интегрируем выражение

$$\int \frac{z dz}{(x^2 + z^2) [x^2 + y^2 + z^2]^{1/2}}, \quad (28)$$

в котором выполняем подстановку:

$$t^2 = x^2 + y^2 + z^2;$$

откуда $z^2 = t^2 - x^2 - y^2$; $tdt = z dz$.

Интегрирование выполняется по новой переменной t :

$$\int \frac{tdt}{(x^2 + t^2 - x^2 - y^2)t} = - \int \frac{tdt}{(y^2 - t^2)t} = \\ = -\frac{1}{2y} \ln \left| \frac{y+t}{y-t} \right|.$$

Выполнив обратную замену, имеем:

$$\int_{-\infty}^z \frac{z dz}{(x^2 + z^2) [x^2 + y^2 + z^2]^{1/2}} = \\ = -\frac{1}{2y} \ln \left| \frac{y + (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}}{y - (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}} \right| \Big|_{-\infty}^z = \\ = -\frac{1}{2y} \ln \left| \frac{y + (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}}{y - (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}} \right|. \quad (29)$$

Окончательно, после соответствующей подстановки в (32) имеем:

$$W^0 = \frac{P}{4\pi} \left[-\ln \left| \frac{(y+b) + [x^2 + (y+b)^2 + z^2]^{1/2}}{(y+b) - [x^2 + (y+b)^2 + z^2]^{1/2}} \right| + \right. \\ \left. + \ln \left| \frac{(y-b) + [x^2 + (y-b)^2 + z^2]^{1/2}}{(y-b) - [x^2 + (y-b)^2 + z^2]^{1/2}} \right| \right]. \quad (30)$$

Следует здесь отметить, что предельный переход в формулах (17 – 23) путем $-\infty \leq b \leq \infty$ дает напряженное состояние полупространства при его плоском деформировании, когда нагрузка равномерно распределена на поверхности вдоль бесконечной линии:

$$\sigma = \frac{P}{\pi} \frac{z}{(x^2 + z^2)}; \quad (31)$$

$$\sigma_x = \frac{2P}{\pi} \frac{x^2 z}{(x^2 + z^2)^2}; \quad (32)$$

$$\sigma_y = \frac{P}{\pi} \frac{z}{(x^2 + z^2)}; \quad (33)$$

$$\sigma_z = \frac{2P}{\pi} \frac{z^3}{(x^2 + z^2)^2}; \quad (34)$$

$$\tau_{xy} = \tau_{yz} = 0; \quad \tau_{zy} = \frac{2P}{\pi} \frac{z^2 x}{(x^2 + z^2)^2}. \quad (35)$$

Перемещения, вызванные сдвиговыми деформациями, в соответствии с (12, 13, 14) будут:

$$U^c = \kappa^c \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial x} = -\frac{P}{\pi} \frac{2x \cdot z}{(x^2 + z^2)^2}; \quad (36)$$

$$W^c = \kappa^c \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial z} = \frac{P}{\pi} \frac{(x^2 - z^2)}{(x^2 + z^2)^2}. \quad (37)$$

Перемещения, вызванные изменением плотности среды, направлены параллельно линии действия внешней нагрузки и определяются интегрированием:

$$W^0 = \int_{z_2}^{z_1} \varepsilon_z \cdot dz = \kappa^0 \frac{P}{\pi} \int_{z_2}^{z_1} \sigma dz = \kappa^0 \frac{P}{\pi} \int_{z_2}^{z_1} \frac{z dz}{(x^2 + z^2)}; \\ W^0 = \kappa^0 \frac{P}{2\pi} \ln(x^2 + z^2) \Big|_{z_2}^{z_1}. \quad (38)$$

Поскольку в (38) при неограниченном возрастании z W^0 также растет неограниченно, то с ее помощью можно определять только величину сжатия конкретного слоя упругой среды конечной толщины.

Таким образом, представлено полное решение задачи о напряженно-деформированном состоянии упругого полупространства при его нагружении равномерно распределенной нагрузкой по линии конечной и бесконечной длины. В полученном решении напряженное состояние любого элемента среды удовлетворяет системе дифференциальных уравнений равновесия, а компоненты относительных деформаций и перемещений – условиям сплошности, поэтому оно является строгим и единственным. Важная особенность решений задач теории упругости с разделением деформаций на сдвиговые и объемные состоит в том, что для их нахождения не требуется определение тензора напряженного состояния, достаточно определить по заданным граничным условиям потенциальную функцию давления – и условия равновесия выполняются автоматически. Такой подход упрощает решение любой задачи и, тем самым, расширяет круг решаемых задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бадалаха, И. К. Постановка и решение задач теории упругости с использованием потенциала [Текст] / И. К. Бадалаха // Дніпропетр. держ. техн. ун-т заліз. трансп. : зб. наук. пр. «Будівництво». – 1999. – Вип. 6. – С. 173-184.
2. Бадалаха, И. К. Определение напряженно-деформированного состояния упругих массивов путем выделения объемных и сдвиговых деформаций [Текст] / И. К. Бадалаха // Ин-т геотехн. мех-ки НАН Украины, межвед. сб. науч. тр. – Вып. 18. – Д.: Поліграфіст, 2000. – С. 119-127.

Поступила в редколлегию 24.02.2009.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНОЇ ПОВЕДІНКИ СИПУЧОГО СЕРЕДОВИЩА В ЄМНІСНІЙ КОНСТРУКЦІЇ

В статті наведено основні результати виконаних автором експериментальних досліджень розподілу статичного тиску сипучого матеріалу в замкненій ємнісній споруді. Дослідження проводились на малорозмірних сталевих конструкціях і передбачали варіацію як ряду конструктивних параметрів експериментальної установки, так і типів сипучого матеріалу.

В статье приведены основные результаты выполненных автором экспериментальных исследований распределения статического давления сыпучего материала в замкнутом емкостном сооружении. Исследования проводились на малоразмерных стальных конструкциях и предусматривали вариацию как ряда конструктивных параметров экспериментальной установки, так и типов сыпучего материала.

In the paper the main results of experimental investigations made by the author on distribution of static pressure from granular material in a covered capacity structure are presented. The investigations were conducted on the small-sized steel constructions and provided for the variation both a row of constructive parameters of the experimental installation and the types of granular material.

1. Тиск сипучого матеріалу – основне навантаження для ємнісної споруди

Одним з досить поширених видів будівельних конструкцій для зберігання різноманітних видів сипучих матеріалів є ємнісні споруди. В теперішній час вони використовуються в багатьох галузях промисловості, сільського господарства, в транспортній сфері. Нерідко такі конструкції визначають весь хід технологічної послідовності переробки сипучої речовини, оскільки саме від їх справної та якісної роботи залежить швидкість передачі сипучого матеріалу від однієї ланки виробництва на наступну.

Між тим, як свідчить наявна статистика відмов та аварій ємнісних споруд для сипучих матеріалів, такі конструкції нерідко виявляються недостатньо надійними та довговічними в експлуатації, а іноді – просто небезпечними [1, 2].

В якості однієї з основних причин такої ситуації більшість дослідників відзначають невірно визначений рівень навантажень від сипучої речовини, що зберігається [3 – 5]. Саме тиск сипучого матеріалу на стінки споруди виявляється здебільшого тим основним навантаженням, за яким розраховують несучу спроможність та жорсткість конструкції в цілому. Інші види навантажень, як наприклад снігове або вітрове навантаження, або не є визначальними, або зовсім відсутні у випадках розміщення ємностей у закритих будівлях.

Згідно з прийнятою методологією проектування [6 – 8], тиск сипучого матеріалу прийнято визначати для силосних ємностей – за теорією

Г. А. Янсена, а для бункерних ємностей – за гідростатичними залежностями, які використовують при визначенні тиску від рідини. Оскільки і в першому, і в другому випадку наявні експериментальні дослідження констатують розходження між теоретичними й практичними результатами, то до цих залежностей додають емпіричні поправочні коефіцієнти, які сягають значення 2,0.

Приблизно аналогічна ситуація спостерігається і в закордонній проектній практиці [9 – 11], де поправочний коефіцієнт доходить до значення 2,5. В проекті нових Європейських норм [12], навіть, наведена спеціальна методика експериментального визначення коефіцієнту бокового тиску сипучого матеріалу, який є одним з ключових параметрів, що впливають на адекватність теоретичних залежностей.

До теперішнього часу запропоновані більш досконалі моделі поведінки сипучого середовища в замкненій ємнісній конструкції. Найбільш відомими серед них є моделі, що використовують для характеристики властивостей сипучої речовини спеціальний додатковий параметр – кут укладки зерен. Цей напрям на сьогоднішній день вважається серед фахівців найбільш перспективним, адже він дозволяє врахувати дуальну природу сипучого середовища. Розроблені моделі представлені в роботах [13, 14].

Проте, як відзначається в роботах [15, 16], вони не є досконалими і містять у своєму складі низку спрощень та припущень, які призводять

дять до змістових погрешностей в трактуванні отриманих результатів.

2. Мета та сутність експериментальних досліджень

Автором даної публікації була розроблена власна теоретична модель, яка описує поведінку сипучого середовища в замкненому просторі, яким є ємність для сипучих матеріалів. Основні її концептуальні засади представлені в публікаціях [17 – 20]. Проте модель потребує експериментальної перевірки для визначення ступеня її адекватності.

Попередньо виконані експериментальні спостереження на моделі ємності [21] переконали автора у відповідності закладених в модель припущень отриманим практичним результатам. Однак проблема експериментальної перевірки запропонованої теоретичної моделі залишилась.

Складність її вирішення полягає в тому, що всі наявні експериментальні дослідження, наведені та проаналізовані, наприклад, в роботах [22 – 25], не містять в переліку фізико-механічних характеристик сипучих матеріалів використаного нового параметру – кута укладки зерен. Проте за результатами теоретичних досліджень він досить суттєво впливає на характер розподілу тиску сипучого матеріалу. В роботах [13 – 16] подібні експериментальні дані відсутні.

Таким чином, перед автором постала необхідність проведення власних експериментальних досліджень поведінки сипучої середовища в замкненій ємнісній конструкції.

Їх підготовка та планування виявилися доволі складним завданням, оскільки треба було досить точно ув'язати між собою геометричні параметри експериментальної конструкції з параметрами сипучих матеріалів. В протилежному випадку могли виникнути небажані ефекти, такі як, наприклад, сводоутворення при розвантаженні, що не дозволили б провести якісні дослідження [26]. Крім цього, обсяг досліджень суттєво лімітувався габаритами використовуваного приміщення (на відкритому повітрі була висока вірогідність впливу факторів, які важко спрогнозувати), обсягом фізичної роботи (завантаження ємностей виконувалось у ручному режимі), наявною вимірювальною апаратурою. Не останню роль при цьому мала й кошторисна вартість спланованих досліджень.

В остаточному варіанті експериментальні дослідження містили три блоки вимірювань. Перший був присвячений дослідженню статич-

ної поведінки сипучого середовища в процесі її статичного зберігання в ємності. Другий блок передбачав дослідження процесу самостійного вивантаження сипучого матеріалу зі споруди. Третій блок був присвячений вимірюванням власних динамічних характеристик порожньої конструкції та завантаженої на різному рівні.

Основні отримані результати досліджень та їх аналіз за другим та третім блоками наведені в публікаціях [27] і [28], відповідно. Дана публікація присвячена першому блоку – статичним дослідженням.

Експериментальна установка являла собою малорозмірну сталеву ємність, розташовану на спеціальній опорній конструкції (рис. 1). Остання забезпечувала необхідну жорсткість опор, потрібну висоту випускного отвору над підлогою та можливість кріплення вимірювальних приладів.

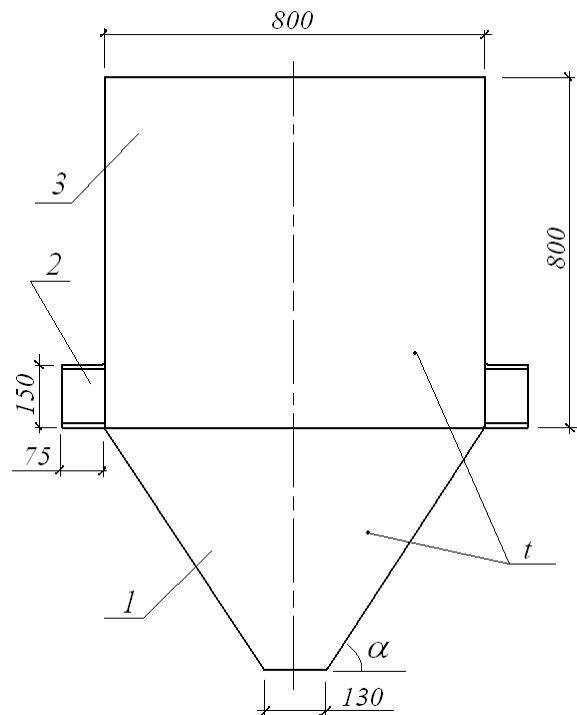


Рис. 1. Конструкція експериментальної ємності:

- 1 – нижня пірамідальна частина,
- 2 – верхня призматична частина,
- 3 – двотавровий опорний виступ

В якості змінних конструктивних параметрів були прийняті товщина стінки ємності (t) та кут нахилу нижньої воронкоподібної частини ємності до горизонталі (α). Саме вони є визначальними з точки зору особливостей поведінки сипучого матеріалу в ємнісній конструкції згідно із авторською теоретичною моделлю. Оскільки виготовити і випробувати 4 різних конструкцій виявилось економічно і технологічно складним, то було виготовлено 2 ємності. Для

першої були прийняті наступні параметри: $t = 4$ мм і $\alpha = 55^\circ$ (після обмірів – $54,4^\circ$); для другої: $t = 2$ мм і $\alpha = 45^\circ$ (після обмірів – $44,2^\circ$). Товщина стінки ємності призначалася з міркувань роботи її елементів в геометрично лінійній області, а кут нахилу воронки – з міркувань повного самостійного спорожнення ємностей.

Матеріалом для виготовлення ємностей була прийнята сталь, з якої у багатьох випадках виготовляються на практиці такі споруди. Необхідні їй властивості визначались у ході окремих спеціальних досліджень.

В якості сипучих матеріалів були обрані три матеріали – пісок із розміром зерен $0,25 \dots 2$ мм, мармурова крихта з розміром зерен $5 \dots 10$ мм і щебінь із розміром зерен $10 \dots 20$ мм. Всі матеріали були заздалегідь висушені і очищені від сміття й грязі. Пісок додатково просівався.

Основні фізико-механічні характеристики матеріалів визначались при проведенні спеціальних додаткових досліджень.

Для визначення точок розташування вимірювальних приладів на експериментальних ємнісних конструкціях було виконано попереднє комп'ютерне моделювання за допомогою одного з сучасних досить розповсюджених чисельних методів будівельної механіки – методу скінчених елементів (МСЕ). Його практична реалізація здійснювалась на основі одного з сучасних проектно-обчислювальних комплексів SCAD for Windows [29, 30]

Розроблені для цього скінчено-елементні моделі (СЕ-моделі) для двох експериментальних ємностей представлені на рис. 2. Вони являли собою пластинчасті системи, побудовані із оболонкових ізотропних 4-вузлових елементів. Дискретизація СЕ-моделей виконувалась відповідно до рекомендацій, визначених автором в його попередніх дослідженнях [31]. Форма і розміри скінчених елементів приймалися такими, щоб забезпечити точність отриманих результатів в межах 1 %. Навантаження задавалось у вигляді тиску від сипучого матеріалу на стінки конструкції відповідно до авторської теоретичної моделі з урахуванням визначених фізико-механічних властивостей матеріалів.

Напружено-деформований стан (НДС) обох ємностей під дією цього тиску виявився доволі однотипним і представлений для ємності № 1 на рис. 3 і 4. Значення напружень наведені в МПа. Більш темним ділянкам відповідають зони із більшим значенням напружень. Рисочками показано напрям першого головного напруження.

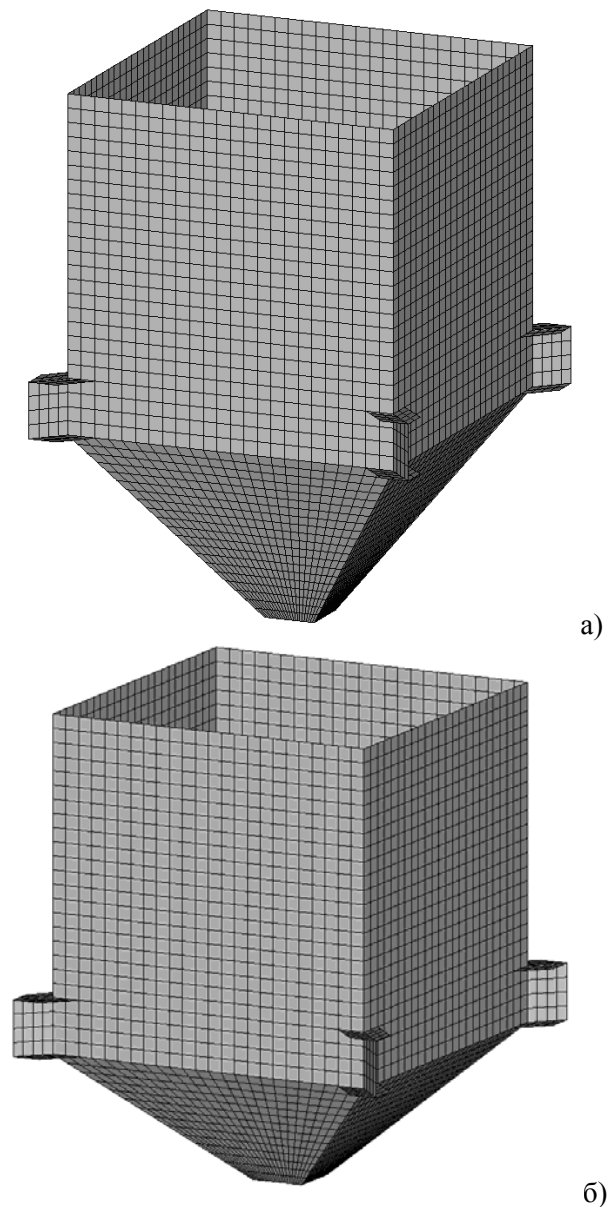


Рис. 2. Розроблені СЕ-моделі експериментальних ємностей № 1 (а) і № 2 (б)

СЕ-моделювання дозволило визначити зони з найбільшим рівнем НДС в експериментальних конструкціях, а також вказати на додаткові зони, які потребували уваги при дослідженнях. Такими зонами виявились геометричні середини бокових сторін верхньої і нижньої частин, ділянки в зоні стиковки сусідніх стінок між собою, а також зона стиковки верхньої та нижньої частин. Напруження в цих зонах, як видно з рис. 3, мали екстремальні значення та до того ж були протилежні за знаком.

Найбільші прогини, як видно з рис. 4, спостерігались в центральній зоні верхньої та нижньої частин ємності. Кутові ребра, утворені сусідніми стінками конструкції, були практично незмінюваними.

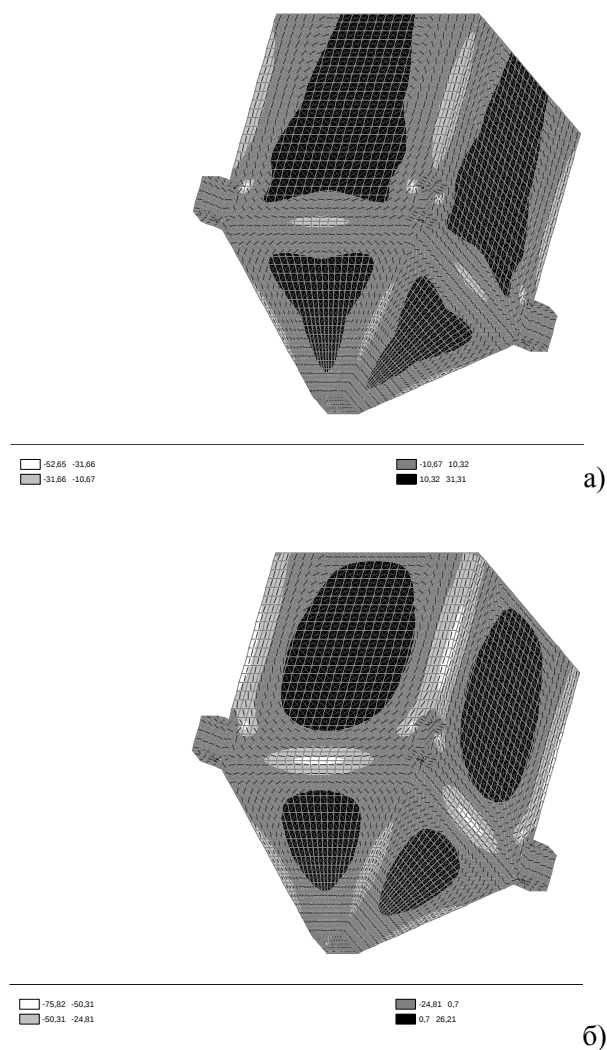


Рис. 3. Розподіл першого (а) і третього (б) головних напружень на зовнішній стороні експериментальної ємності № 1

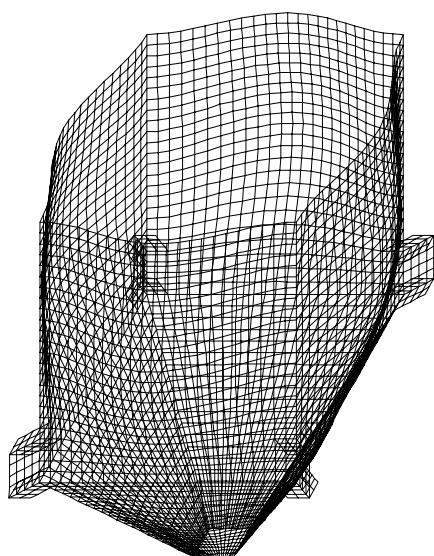


Рис. 4. Загальний вигляд деформацій експериментальної ємності № 1

У відповідності до отриманих результатів комп'ютерного моделювання були визначені кількість і місця розташування вимірювальних приладів – тензодатчиків (рис. 5) і прогиномірів (рис. 6).

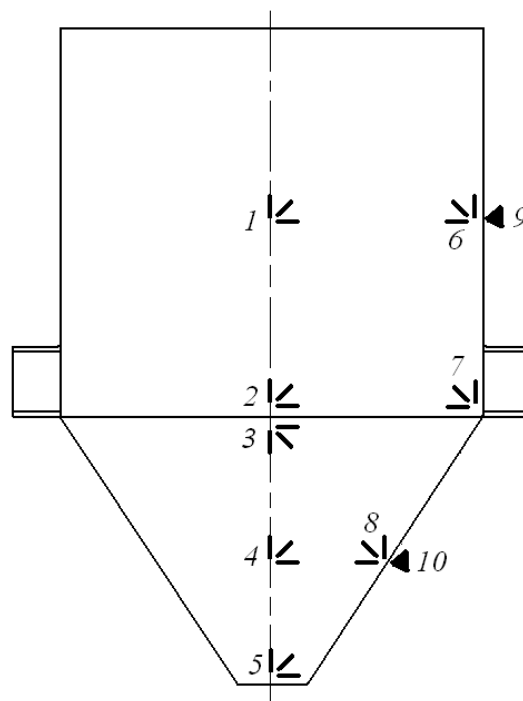


Рис. 5. Схема розміщення тензодатчиків на експериментальній ємності

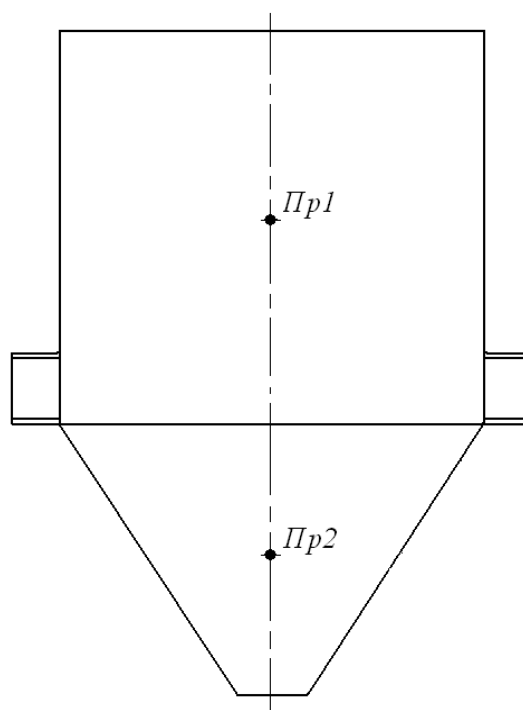


Рис. 6. Схема розміщення прогиномірів на експериментальній ємності

Тензорезистори наклеювалися за схемою стандартної розетки, оскільки напружений стан елементів стінки конструкції є плоским. Всього на конструкції було розташовано 10 тензорозеток (8 розеток на одній стороні ємності та 2 дублюючих розетки на сусідній стороні). Прогиноміри встановлювалися в двох точках на одній стінці ємностей по одному в середині верхньої та нижньої частин в місцях найбільшого очікуваного її прогину.

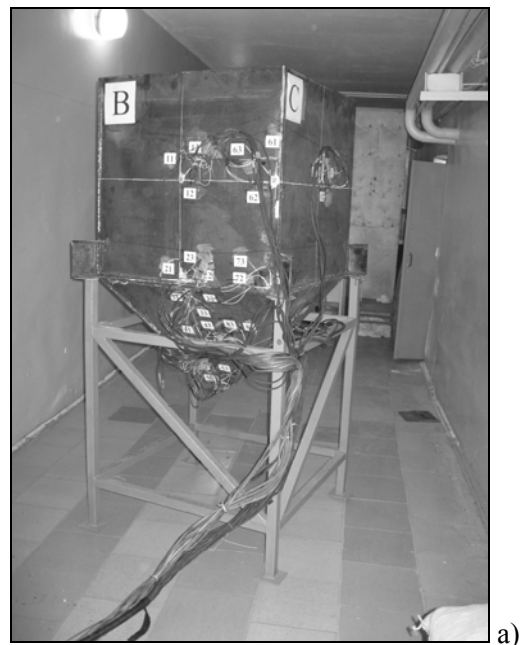
Тензодатчики через кабельні роз'єми приєднувалися до вимірювального комплексу ТМК-1, який у свою чергу підключався безпосередньо до комп'ютера, дозволяючи достатньо швидко і оперативно проводити експрес-обробку, а згодом і повну обробку отриманих даних. Зовнішній вигляд вимірювального комплексу представлений на фото (рис. 7).



Рис. 7. Вимірювальний комплекс ТМК-1

На рис. 8 і 9 наведені фотографії обох виготовлених експериментальних ємностей зі встановленими приладами вимірювань. Позначення сторін було прийняте латинськими проти годинникової стрілки при погляді зверху: сторона А призначалася для установки прогиномірів, сторона В була основною для наклейки тензорозеток, сторона С була дублюючою для наклейки тензорозеток, сторона D для вимірювань не використовувалася.

Відмітимо також, що виконані конструкції ємностей розглядалися автором не як масштабні моделі реальних ємностей, а як невеликого розміру реальні ємності. Відповідно, і їх параметри, а також параметри сипучих матеріалів вибиралися не з умов масштабування. Тому в ході експериментальних досліджень, що проводилися, питання про подобу і залучення математичного апарату теорії подоби не ставилося. На думку автора, такий підхід є цілком правомірним і сприяє підвищенню достовірності отримуваних результатів.



а)



б)

Рис. 8. Зовнішній (а) і внутрішній (б) вигляд експериментальної ємності № 1

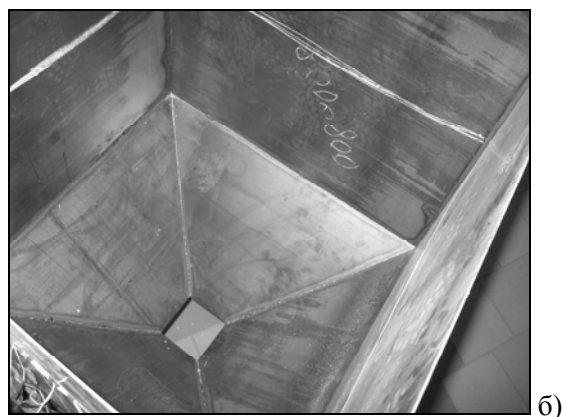
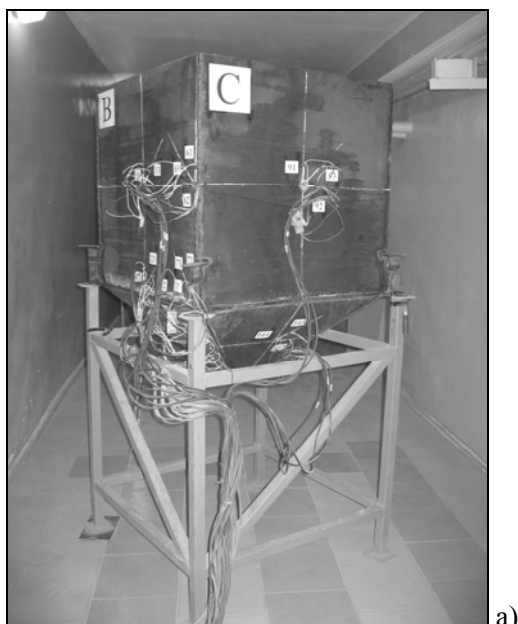
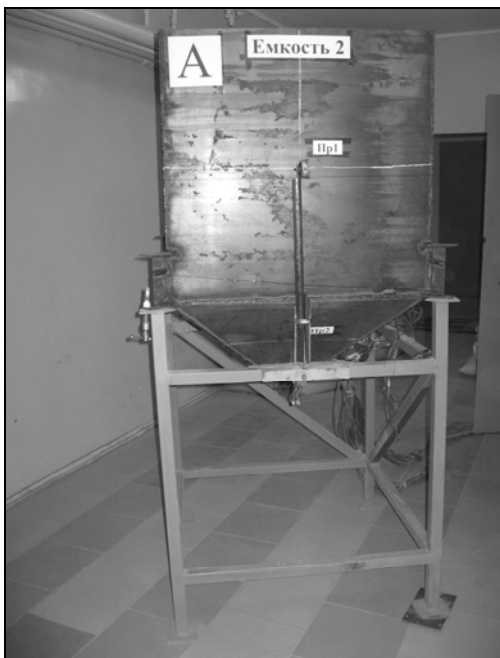


Рис. 8. Зовнішній (а) і внутрішній (б) вигляд експериментальної ємності № 2

3. Результати досліджень та їх аналіз

Отримані за експериментальними даними результати статичних випробувань для кожного із сипучих матеріалів оброблялись за відомим алгоритмом для отримання значень головних напружень. Потім виконувалась їх статична обробка та відсіювання грубих помилок.

Остаточні отримані результати статичних експериментальних досліджень після обробки разом із їх співставленням із результатами комп'ютерного моделювання для найгіршого випадку повного завантаження ємностей і найбільш напружених зон конструкції наведені в табл. 1 – 6 (напруження) і табл. 7 і 8 (прогини).

Як видно з цих даних, в цілому представлені значення напружень і прогинів досить точно збігаються із теоретичними результатами, отриманими за допомогою чисельного моделювання. Особливо це справедливо по відношенню до найбільш навантажених зон конструкції (розетки 1, 4, 6, 8 – 10). В інших розетках, де рівень напружень значно нижчий, розходження виявляється більш суттєвим. Особливо воно помітно для розетки 5, яка була розташована майже біля випускного отвору. Безумовно, також, на рівень заміряних напружень в розетках 2, 3 і 7 вплинуло їх розташування біля зварних швів.

Таблиця 1

Повне завантаження піском ємності № 1

Розетка	Головне напруження	Напруження за результатами, МПа	
		комп'ютерного моделювання	експерименту
1.	перше	29,4	28,2
	третє	20,2	16,0
2.	перше	-9,8	-6,7
	третє	-24,8	-18,5
3.	перше	-7,6	-3,3
	третє	-13,9	-13,4
4.	перше	30,3	36,0
	третє	22,6	21,2
5.	перше	14,3	7,9
	третє	4,4	-2,3
6.	перше	-10,6	-6,9
	третє	-21,8	-17,7
7.	перше	-10,4	-5,2
	третє	-14,2	-7,1
8.	перше	-13,6	-19,3
	третє	-42,9	-41,8
9.	перше	29,4	26,7
	третє	20,2	19,4
10.	перше	30,3	33,8
	третє	22,6	25,5

Таблиця 2

Повне завантаження крихтою смності № 1

Розет-ка	Головне напруження	Напруження за результатами, МПа	
		комп'ютерного моделювання	експерименту
1.	перше	24,2	24,4
	третє	18,2	15,7
2.	перше	-5,8	-4,0
	третє	-14,8	-15,0
3.	перше	-3,6	-0,5
	третє	-10,9	-8,7
4.	перше	25,1	24,1
	третє	19,2	21,3
5.	перше	9,1	0,2
	третє	0,7	-2,2
6.	перше	-5,8	-4,7
	третє	-14,2	-12,8
7.	перше	-7,7	-3,9
	третє	-1,2	-5,4
8.	перше	-16,2	-20,8
	третє	-44,5	-42,1
9.	перше	24,2	20,3
	третє	18,2	18,8
10.	перше	25,1	24,0
	третє	19,2	22,7

Таблиця 4

Повне завантаження піском смності № 2

Розет-ка	Головне напруження	Напруження за результатами, МПа	
		комп'ютерного моделювання	експерименту
1.	перше	45,4	43,9
	третє	36,7	36,1
2.	перше	-14,4	-6,2
	третє	-35,1	-25,4
3.	перше	-12,9	-14,5
	третє	-28,8	-21,7
4.	перше	39,6	30,0
	третє	31,2	26,8
5.	перше	18,9	13,7
	третє	2,3	-6,7
6.	перше	-22,2	-25,8
	третє	-33,3	-38,5
7.	перше	-4,2	-5,0
	третє	-10,6	-6,2
8.	перше	-17,4	-22,0
	третє	-37,9	-43,4
9.	перше	45,4	42,0
	третє	36,7	31,4
10.	перше	39,6	40,7
	третє	31,2	33,8

Таблиця 3

Повне завантаження щебенем смності № 1

Розет-ка	Головне напруження	Напруження за результатами, МПа	
		комп'ютерного моделювання	експерименту
1.	перше	20,9	22,3
	третє	14,1	13,5
2.	перше	-3,8	-3,7
	третє	-12,4	-13,3
3.	перше	-1,3	0,0
	третє	-9,7	-10,4
4.	перше	22,1	21,7
	третє	15,8	15,0
5.	перше	6,2	3,9
	третє	-5,2	-2,3
6.	перше	-2,9	-3,7
	третє	-12,5	-12,5
7.	перше	-3,7	-1,7
	третє	-2,5	-5,5
8.	перше	-13,6	-13,8
	третє	-40,2	-43,8
9.	перше	20,9	17,5
	третє	14,1	16,5
10.	перше	22,1	20,4
	третє	15,8	15,2

Таблиця 5

Повне завантаження крихтою смності № 2

Розет-ка	Головне напруження	Напруження за результатами, МПа	
		комп'ютерного моделювання	експерименту
1.	перше	39,8	34,4
	третє	31,2	33,7
2.	перше	-10,2	-4,0
	третє	-29,7	-15,0
3.	перше	-6,5	-3,5
	третє	-21,4	-28,7
4.	перше	32,2	34,1
	третє	25,6	22,2
5.	перше	12,4	7,2
	третє	3,4	-2,2
6.	перше	-17,1	-14,7
	третє	-25,2	-22,8
7.	перше	-1,2	-3,9
	третє	-6,3	-5,4
8.	перше	-14,3	-20,8
	третє	-32,5	-32,1
9.	перше	39,8	32,3
	третє	31,2	30,8
10.	перше	32,2	34,0
	третє	25,6	27,7

Таблиця 6

Повне завантаження щебенем ємності № 2

Розетка	Головне напруження	Напруження за результатами, МПа	
		комп'ютерного моделювання	експерименту
1.	перше	33,2	35,0
	третє	25,5	23,2
2.	перше	-8,4	-3,5
	третє	-21,4	-12,9
3.	перше	-5,6	-2,1
	третє	-17,3	-11,4
4.	перше	27,7	24,2
	третє	22,7	22,6
5.	перше	8,5	2,5
	третє	1,1	-5,7
6.	перше	-11,7	-15,7
	третє	-20,5	-15,4
7.	перше	-3,3	-3,6
	третє	-2,8	-5,8
8.	перше	-10,2	-14,7
	третє	-25,7	-29,5
9.	перше	33,2	30,9
	третє	25,5	30,3
10.	перше	27,7	30,0
	третє	22,7	23,9

Таблиця 7

Значення прогинів для ємності № 1

Сипучий матеріал	Прогинімір ПР1, мм	
	комп'ютерне моделювання	експеримент
пісок	0,53	0,50
крихта	0,80	0,86
щебінь	0,40	0,41
	Прогинімір ПР2, мм	
	комп'ютерне моделювання	експеримент
пісок	0,70	0,67
крихта	0,92	0,99
щебінь	0,50	0,48

Таблиця 8

Значення прогинів для ємності № 2

Сипучий матеріал	Прогинімір ПР1, мм	
	комп'ютерне моделювання	експеримент
пісок	2,24	2,11
крихта	1,47	1,50
щебінь	0,81	0,71
	Прогинімір ПР2, мм	
	комп'ютерне моделювання	експеримент
пісок	1,58	1,52
крихта	1,15	1,12
щебінь	0,55	0,47

Для експериментальної ємності № 2 розброс значень напружень виявився більшим, ніж для

ємності № 1. Це може бути пояснено більшою гнучкістю стінки у першому випадку. В цілому для найбільш напружених зон конструкції він не перевищує 30 %.

Відхилення у величині заміряних прогинів не перевищує 20 %. У випадку ємності № 1 відмічено краще співпадання результатів, ніж у випадку другої ємності.

4. Основні висновки по роботі

Підсумовуючи матеріал, наведений у представленій статті, автор вважає можливим констатувати наступне:

1. Експериментальні дослідження проводились в широкому діапазоні зміни гранулометричного складу сипучих матеріалів (0,25...20 мм), а також в прийнятному діапазоні зміни конструктивних властивостей конструкції ємності (прийняті значення товщини стінки 2 і 4 мм, прийняті значення кута нахилу пірамідальної частини до горизонту – 45 і 55°), що охоплюють багато реальних проектних ситуацій.

2. В цілому отримані значення напружень при статичному завантаженні досить точно збігаються із теоретичними даними, отриманими за допомогою методу скінчених елементів. Максимальне відхилення для найбільш напружених ділянок конструкції не перевищувало 30 %. В інших зонах воно сягає 100 %, що може бути пояснено наближеністю зварних швів.

3. Відхилення у величині заміряних прогинів в цілому не перевищує 20 %, хоча спостерігається нерівномірність в їх розподілі по деяких матеріалах.

4. Зважаючи на отримані результати співставлення натурного експерименту на малих ємностях та результатів, прогнозованих за СЕ-розрахунками із використанням авторської моделі взаємодії сипучого матеріалу із елементами ємнісної конструкції, можна констатувати, що запропонована авторська теоретична модель взаємодії сипучої речовини із елементами ємнісної конструкції є достатньо адекватною та може бути рекомендована для безпосереднього практичного застосування.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Банников, Д. О. Основные причины аварий жестких стальных бункеров и низких силосов / Д. О. Банников, М. И. Казакевич // Металеві конструкції. – 2002. – Т. 5, № 1. – С. 59-66.
2. Bannikov, D. O. Features of Failures of Steel Bunkers (of Pyramidally-Prismatic Type) / D. O. Bannikov, M. I. Kazakevitch // Proc. of 10th Polish-Ukrainian sem. «Theoretical Foundations of Civil

- Engineering». – Warsaw: Warszawskiej Politechnik. – 2002. – Vol. II. – P. 650-657.
3. Лашенко, М. Н. Аварии металлических конструкций зданий и сооружений / М. Н. Лашенко. – Л.: Изд-во лит-ры по строит-ву, 1969. – 184 с.
 4. Аугустин, Я. Аварии стальных конструкций / Я. Аугустин, Е. Шледзевский.; пер. с польск. – М.: Стройиздат, 1978. – 183 с.
 5. Шкинев, А. Н. Аварии в строительстве / А. Н. Шкинев. – М.: Стройиздат, 1984. – 320 с.
 6. Підприємства, будівлі та споруди по зберіганню та переробці зерна: ДБН В.2.2-8-98. – [Чинний від 1998-01-07] – К.: Держбуд України, 1988. – 41 с.
 7. Руководство по расчету и проектированию железобетонных, стальных и комбинированных бункеров / Ленпромстройпроект. – М.: Стройиздат, 1983. – 200 с.
 8. Справочник проектировщика. Металлические конструкции: в 3 т. / под ред. В. В. Кузнецова. – М.: Изд-во АСВ, 1998. – Т. 2: Стальные конструкции зданий и сооружений. – 1998. – 526 с.
 9. Structural Engineering Handbook / ed. by E. H. Gaylord, Jr., Ch. N. Gaylord, J. E. Stallmeyer. – [4th ed.]. – McGraw-Hill, 1997. – 624 p.
 10. Gaylord, E. H. Design of steel Bins for storage of Bulk Solids / E. H. Gaylord, Jr., Ch. N. Gaylord. – McGraw-Hill, 2000. – 278 p.
 11. Reisner, W. Bins and bunkers for handling bulk materials. Practical design and techniques / W. Reisner. – McGraw-Hill, 2000. – 324 p.
 12. Basis of design and actions on structures. Part 4: Actions in silos and tanks: prEN 1991-4. Eurocode 1. – CEN, 2002.
 13. Богомягких, В. А. Теория и расчет бункеров для сыпучих материалов / В. А. Богомягких. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1974. – 149 с.
 14. Гячев, Л. В. Основы теории бункеров / Л. В. Гячев. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 1992. – 312 с.
 15. Семенов, В. Ф. Бункеры и хранилища зерна : [учеб. пособие для студ. вузов] / В. Ф. Семенов. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1999. – 221 с.
 16. Капитонов, Е. Н. Бункеры и затворы : [учеб. пособие для студ. вузов] / Е. И. Капитонов. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 1994. – 113 с.
 17. Банніков, Д. О. Континуальна модель тиску сипучого матеріалу в замкненій ємнісній конструкції / Д. О. Банніков // Зб. наук. пр. «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди». – 2008. – Вип. 17. – Рівне. – С. 333-340.
 18. Банніков, Д. О. Особливості розподілу тиску сипучого матеріалу в одноступінчастих ємнісних конструкціях / Д. О. Банніков // Зб. наук. пр. ПолтНТУ: серія «Галузеве машинобудування, Будівництво». – Полтава: Вид-во ПолтНТУ. – 2008. – Вип. 21. – С. 79-87.
 19. Банніков, Д. О. Тиск сипучого матеріалу на стінки двоступінчастих ємнісних конструкцій / Д. О. Банніков // Вісник ДНУЗТ. – 2008. – Вип. 23. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 143-149.
 20. Банніков, Д. О. Визначення коефіцієнта бокового тиску сипучого матеріалу в замкненій посудині / Д. О. Банніков // Металеві конструкції. – 2008. – Том 14, № 2. – С. 113-123.
 21. Банников, Д. О. Исследование угла укладки зерен сыпучего материала на модели емкости // Вісник ДНУЗТ. – 2008. – Вип. 22. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 130-136.
 22. Чеботарёв, Г. П. Механика грунтов. Основания и земляные сооружения / Г. П. Чеботарев. – М.: Стройиздат, 1968. – 616 с.
 23. Клейн, Г. К. Строительная механика сыпучих тел / Г. К. Клейн. – М.: Стройиздат, 1977. – 256 с.
 24. Прокофьев, И. П. Давление сыпучего тела и расчет подпорных стенок / И. П. Прокофьев. – М.: Изд-во строит. лит-ры, 1947. – 144 с.
 25. Соколовский, В. В. Статика сыпучей среды / В. В. Соколовский. – М.: Физматгиз, 1960. – 243 с.
 26. Банников, Д. О. Планирование и проведение исследований по экспериментальному изучению сыпучих материалов в емкостных конструкциях / Д. О. Банников // Сб. науч. тр. «Строительство, материаловедение, машиностроение», серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. – Д.: Изд-во ПГАСА. – 2008. – Вип. 47. – С. 40-52.
 27. Банников, Д. О. Особенности процесса разгрузки бункерных емкостей / Д. О. Банников // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2008. – № 5. – С. 131-135.
 28. Банніков, Д. О. Експериментальні дослідження динамічних властивостей сталевих ємнісних конструкцій для сипучих вантажів / Д. О. Банніков // Підйомно-транспортна техніка. – 2008. – № 4. – С. 79-88.
 29. SCAD для пользователя / В. С. Карпиловский и др. – К.: ВВП Компас, 2000. – 332 с.
 30. Формирование сечений и расчет их геометрических характеристик / В. С. Карпиловский и др. – К.: ВВП Компас, 2000. – 80 с.
 31. Банников, Д. О. Расчет пирамидально-призматических бункеров методом конечных элементов / Д. О. Банников, М. И. Казакевич. – Д.: Наука и образование, 2003. – 150 с.

Надійшла до редколегії 25.03.2009.

В. И. БОЛЬШАКОВ, Ю. Л. САВИН, А. П. ПРИХОДЬКО, Л. С. САВИН, Е. Ю. САВИН,
Д. В. КОНОНОВ, Е. Б. ЗОЛОЧИНА (ПГАСА, Днепропетровск), Б. Г. КЛОЧКО (ДИИТ)

СТЕКЛООБРАЗОВАНИЕ В СИЛИКАТНЫХ СИСТЕМАХ И НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА СТЕКОЛ С ЗАМЕНОЙ АНИОНА КИСЛОРОДА НА ГАЛОИДНЫЕ ИОНЫ

У статті наведено фізико-хімічний підхід в силікатних системах, зв'язаний з урахуванням заміни аніону кисню на галоїдні іони. При цьому показана фізико-хімічна роль хлоркисневих комплексів у процесах склоутворення.

В статье приведен физико-химический подход в силикатных системах, связанный с учетом замены аниона кислорода на галоидные ионы. При этом показана физико-химическая роль хлоркислородных комплексов в процессах стеклообразования.

In the article the physico-chemical approach in silicate systems related to account of changing an oxygen ion on halogen ions is presented. Herewith the physico-chemical role of chlorine-oxygen complexes in the process of glass formation is shown.

Перспективной основой создания новых материалов являются системы, которые включают одновременно два и более аниона, обеспечивающих образование структурных элементов «катион–кислород», «катион–галоген», «галоген–кислород» разного типа и тем самым обуславливающих разнообразие свойств полученных композиций. Таким образом, есть основание полагать, что в системах, содержащих два и более аниона, могут быть получены стекла, эмалевые фритты и покрытия с новыми физико-химическими и эксплуатационными характеристиками.

В связи с этим, а также с учетом диагональной аналогии элементов синтезированы материалы с заменой аниона кислорода на галоид-ионы и изучены некоторые их свойства.

На основе неорганических оксидов систем $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$; $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$; $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ получены стекловидные материалы и покрытия для защиты стальных деталей от коррозии. Практические составы их содержат ряд катионов, кислородный анион, которые объединены между собой в различные комплексы.

Исследованию подвергались натрийкальцийсиликатная, натрийкальцийборосиликатная и натрийкальцийбороалюмосиликатная системы, в которых производилась частичная замена аниона кислорода на галоидные ионы путем введения фторидов и хлоридов щелочных и щелочноземельных металлов вместо углекислых солей натрия и кальция. Для установления стеклообразования использовался ускоренный

метод массового синтеза неорганических стекол [1 – 4]. Расчет составов шихт производился с учетом молярной замены Na_2CO_3 на NaF и NaCl , CaCO_3 на CaF_2 и CaCl_2 . Шихты опытных стекол были составлены из химических соединений и природных сырьевых материалов. Рентгеноструктурному и спектрофотометрическому анализам (рис. 1, 2) подвергались карбонаты, фториды, хлориды натрия и кальция.

Результаты рентгеноструктурного анализа веществ Na_2CO_3 , NaF , NaCl показывают, что для Na_2CO_3 существует пятьдесят восемь дифракционных максимумов с размерами межплоскостного расстояния от $1,271$ до $9,876 \cdot 10^{-10}$ нм при двойном угле отражения « 2θ » от $10,4$ до $89,5$ рад; для NaF – десять максимумов « d » (от $1,158$ до $2,669 \cdot 10^{-10}$ нм при 2θ от $39,2$ до $101,2$ рад); для NaCl – одиннадцать (« d » от $1,260$ до $3,247 \cdot 10^{-10}$ нм при 2θ от $32,0$ до $90,5$ рад).

Рентгеноструктурный анализ выявил, что для карбонатов, фторидов и хлоридов кальция также характерны дифракционные максимумы: для CaCO_3 – пятидесяти четырех (« d » от $1,237$ до $9,97 \cdot 10^{-10}$ нм при 2θ от $10,3$ до $92,7$ рад); CaF_2 – десяти (« d » от $1,254$ до $3,481 \cdot 10^{-10}$ нм при 2θ от $29,8$ до $91,1$ рад); CaCl_2 – двадцати одного (« d » от $1,174$ до $6,812 \cdot 10^{-10}$ нм при 2θ от $15,1$ до $99,4$ рад).

Исследования ИКС карбонатов, фторидов, хлоридов натрия и кальция показывают (см. рис. 4) наличие максимумов поглощения в диапазоне частот $900 \dots 1700 \text{ см}^{-1}$, причем некоторые свидетельствуют о присутствии в сырьевых материалах примесных соединений.

Таким образом, эти виды анализа совместно с химико-аналитическим позволили представить физико-химическую характеристику

сырья, использованного для синтеза опытных стекол.

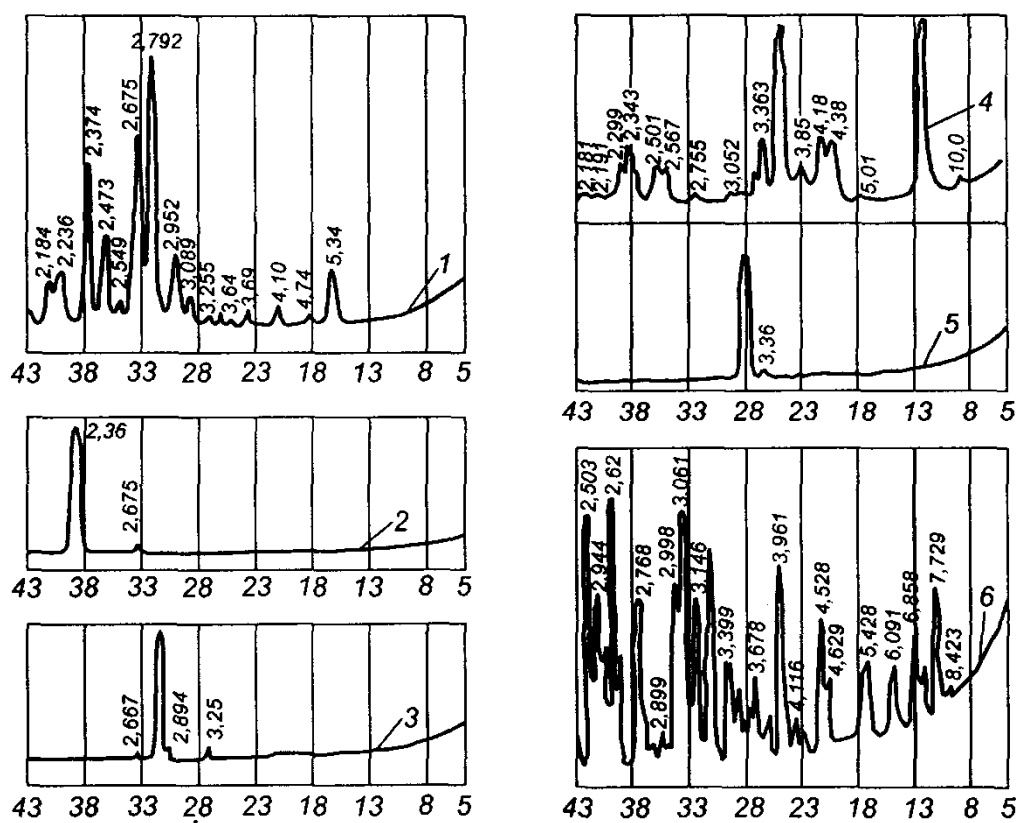


Рис. 1. Рентгенограммы исходных сырьевых материалов:
1 – NaCO_3 ; 2 – NaF ; 3 – NaCl ; 4 – CaCO_3 ; 5 – CaF_2 ; 6 – CaCl_2

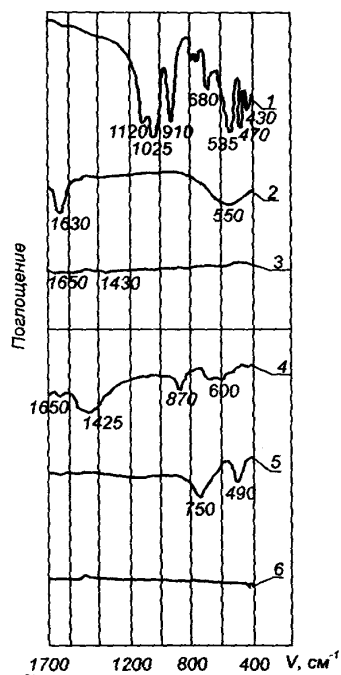


Рис. 2. ИК-спектры сырьевых материалов:
1 – NaCO_3 ; 2 – NaF ; 3 – NaCl ; 4 – CaCO_3 ; 5 – CaF_2 ; 6 – CaCl_2

Измельченные и тщательно перемешанные шихтовые составы помещали в шамотные лодочки, которые выдерживали в электрической печи при температуре 1473 °К в течение

60 мин. После этого лодочки извлекали из печи и охлаждали на воздухе. Данные о расчетных составах и результатах термообработок шихт и стекол приведены в табл. 1 – 3.

Таблица 1

Составы стекол системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ и результаты их испытания после термических обработок

Номер стекла	Формула стекла	Состояние шихтовых составов после термической обработки	Растекаемость опытных стекол – длина капли, мм, при температурах, °К		
			1123	1173	1223
1	$0,25\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,25\text{CaO} \cdot 0,5\text{SiO}_2$	стекло	44	46	48
2	$0,20\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,05\text{NaF} \cdot 0,25\text{CaO} \cdot 0,5\text{SiO}_2$	стекло	45	47	49
3	$0,15\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,10\text{NaF} \cdot 0,25\text{CaO} \cdot 0,5\text{SiO}_2$	стекло	46	49	51
4	$0,10\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,15\text{NaF} \cdot 0,25\text{CaO} \cdot 0,5\text{SiO}_2$	стекло	48	50	52
5	$0,05\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,20\text{NaF} \cdot 0,25\text{CaO} \cdot 0,5\text{SiO}_2$	стекло	50	52	54
6	$0,25\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,5\text{CaO} \cdot 0,5\text{SiO}_2$	стекло	52	54	56
7	$0,20\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,05\text{NaCl} \cdot 0,25\text{CaO} \cdot 0,5\text{SiO}_2$	стекло	53	55	57
8	$0,15\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,10\text{NaCl} \cdot 0,25\text{CaO} \cdot 0,5\text{SiO}_2$	стекло	54	56	59
9	$0,10\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,10\text{NaCl} \cdot 0,25\text{CaO} \cdot 0,5\text{SiO}_2$	стекло	55	57	60
10	$0,05\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,20\text{NaCl} \cdot 0,25\text{CaO} \cdot 0,5\text{SiO}_2$	спек	-	-	-
11	$0,25\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,25\text{CaO} \cdot 0,5\text{SiO}_2$	спек	-	-	-
12	$0,25\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,20\text{CaO} \cdot 0,05\text{CaF}_2 \cdot 0,5\text{SiO}_2$	стекло	45	47	49
13	$0,25\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,15\text{CaO} \cdot 0,10\text{CaF}_2 \cdot 0,5\text{SiO}_2$	стекло	47	48	50
14	$0,25\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,10\text{CaO} \cdot 0,15\text{CaF}_2 \cdot 0,5\text{SiO}_2$		48	49	51
15	$0,25\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,05\text{CaO} \cdot 0,20\text{CaF}_2 \cdot 0,5\text{SiO}_2$	стекло	49	52	53
16	$0,25\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,25\text{CaF}_2 \cdot 0,5\text{SiO}_2$	стекло	50	52	54
17	$0,25\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,20\text{CaO} \cdot 0,05\text{CaCl}_2 \cdot 0,5\text{SiO}_2$	стекло	52	53	55
18	$0,25\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,15\text{CaO} \cdot 0,10\text{CaCl}_2 \cdot 0,5\text{SiO}_2$	спек	-	-	-
19	$0,25\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,05\text{CaO} \cdot 0,20\text{CaCl}_2 \cdot 0,5\text{SiO}_2$	спек	-	-	-
20	$0,25\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,05\text{CaO} \cdot 0,20\text{CaCl}_2 \cdot 0,5\text{SiO}_2$	спек	-	-	-
21	$0,25\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,25\text{CaCl}_2 \cdot 0,5\text{SiO}_2$	спек	-	-	-

В трехкомпонентной системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ замена углекислого натрия на соответствующие фториды и хлориды натрия от 5 до 15 мас. % не вызывает изменения характера стекловидной фазы, при дальнейшем введении фторида натрия наблюдается заглушенность стекол, а при содержании 20 мас. % и более хлорида натрия образуется спек. Замена в этой же системе углекислого кальция на фторид кальция благоприятствует стеклообразованию даже при содержании 25 мас. %, а хлорид кальция при 15 мас. % и более не способствует образованию стекловидного состояния.

а хлорид кальция при 15 мас. % и более не способствует образованию стекловидного состояния.

В четырехкомпонентной системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ замена углекислых солей натрия и кальция на фториды этих же металлов дает прозрачную стекловидную фазу, а на хлорид натрия – заглушенное стекло; замена же 15 мас. % и выше CaCO_3 на CaCl_2 способствует формированию закристаллизованного стекла.

**Составы стекол системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$
и результаты их испытания после термических обработок**

Номер стекла	Формула стекла	Состояние шихтовых составов после термической обработки	Растекаемость опытных стекол – длина капли, мм, при температурах, °K		
			1123	1173	1223
22	$0,20\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,20\text{CaO} \cdot 0,2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 0,4\text{SiO}_2$	стекло	44	46	48
23	$0,150\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,05\text{NaF} \cdot 0,20\text{CaO} \cdot 0,20\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 0,4\text{SiO}_2$	стекло	45	47	49
24	$0,15\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,05\text{NaF} \cdot 0,20\text{CaO} \cdot 0,20\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 0,4\text{SiO}_2$	стекло	46	49	51
25	$0,05\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,15\text{NaF} \cdot 0,20\text{CaO} \cdot 0,20\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 0,4\text{SiO}_2$	стекло	56	58	61
26	$0,20\text{NaF} \cdot 0,20\text{CaO} \cdot 0,20\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 0,4\text{SiO}_2$	стекло	58	60	63
27	$0,15\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,05\text{NaCl} \cdot 0,20\text{CaO} \cdot 0,20\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 0,4\text{SiO}_2$	загл. стекло	59	62	64
28	$0,05\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,10\text{NaCl} \cdot 0,20\text{CaO} \cdot 0,20\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 0,4\text{SiO}_2$	загл. стекло	59	63	65
29	$0,05\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,15\text{NaCl} \cdot 0,20\text{CaO} \cdot 0,20\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 0,4\text{SiO}_2$	загл. стекло	60	61	66
30	$0,15\text{NaCl} \cdot 0,20\text{CaO} \cdot 0,20\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 0,4\text{SiO}_2$	загл. стекло	62	64	67
31	$0,20\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,15\text{NaF} \cdot 0,05\text{CaO} \cdot 0,20\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 0,4\text{SiO}_2$	стекло	63	65	69
32	$0,20\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,10\text{NaF} \cdot 0,10\text{CaO} \cdot 0,20\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 0,4\text{SiO}_2$	стекло	65	67	69
33	$0,20\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,05\text{NaF} \cdot 0,15\text{CaO} \cdot 0,20\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 0,4\text{SiO}_2$	стекло	67	68	71
34	$0,20\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,20\text{CaF}_2 \cdot 0,20\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 0,4\text{SiO}_2$	стекло	68	70	73
35	$0,20\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,10\text{CaO} \cdot 0,10\text{CaCl}_2 \cdot 0,20\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 0,4\text{SiO}_2$	стекло	69	72	74
36	$0,20\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,10\text{CaO} \cdot 0,10\text{CaCl}_2 \cdot 0,20\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 0,4\text{SiO}_2$	стекло	70	74	75
37	$0,20\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,05\text{CaO} \cdot 0,15\text{CaCl}_2 \cdot 0,20\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 0,4\text{SiO}_2$	стекло	72	75	77
38	$0,20\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,20\text{CaCl}_2 \cdot 0,20\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 0,4\text{SiO}_2$	стекло	73	77	79

В пятикомпонентной системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ замена углекислых солей натрия и кальция на соответствующие фториды и хлориды в количествах от 5 до 15 мас. % обеспечивает получение прозрачного стекла. Для стекловидных материалов, полученных путем замены карбонатов натрия

и кальция на фториды и хлориды на основе трех-, четырех- и пятикомпонентных систем, определена растекаемость. При этом выявлена следующая зависимость: с введением в шихтовые составы вместо Na_2CO_3 , CaCO_3 соответствующих фторидов и хлоридов наблюдается рост растекаемости, причем, дли-

на капли хлоридных стекол выше фторидных и оксидных. Эти результаты объяснимы, если учесть, что размеры анионов также растут в ряду, 10^{-10} нм: $O^{2-} = 1,32$; $F^{-} = 1,36$; $Cl^{-} = 1,91$. Кроме того, следует учитывать, что геометрическая структура, междядерные расстояния отличны, например, для $CaCl_2$ (структура линейная, междядерное расстояние Ca-Cl составляет 0,251 нм); для CaF_2 (структура – равнобедренный треугольник, междядерное расстояние Ca-F равно 0,210 нм); энергии разрыва химических связей для хлорида и фторида натрия равны 411,3 и

480,3 кДж/моль, соответственно. Значения стандартных мольных энергий Гиббса для оксидов, хлоридов, фторидов также различны. Одновременно необходимо учитывать, что исходя из вышеприведенных значений и данных [5, 6], ион фтора выступает в роли модификатора кремнекислородных радикалов, а ион хлора при определенных условиях может входить во внутреннюю сферу хлорокислородных комплексов (рис. 3) гантельной, угловой, пирамидальной и тетрагональной форм.

Таблица 3

Составы стекол системы $Na_2O-CaO-B_2O_3-Al_2O_3-SiO_2$ и результаты испытания их после термических обработок

Номер стекла	Формула стекла	Состояние шихтовых составов после термической обработки	Растекаемость опытных стекол – длина капли, мм, при температурах, °К		
			1123	1173	1223
39	$0,15Na_2O \cdot 0,05NaF \cdot 0,20CaO \cdot 0,20B_2O_3 \cdot 0,4SiO_2$	стекло	39	41	43
40	$0,1Na_2O \cdot 0,05NaF \cdot 0,15CaO \cdot 0,15B_2O_3 \cdot 0,15Al_2O_3 \cdot 0,4SiO_2$	стекло	41	43	45
41	$0,05Na_2O \cdot 0,1NaF \cdot 0,15CaO \cdot 0,20B_2O_3 \cdot 0,15Al_2O_3 \cdot 0,4SiO_2$	стекло	42	44	46
42	$0,15NaF \cdot 0,15CaO \cdot 0,25B_2O_3 \cdot 0,15Al_2O_3 \cdot 0,4SiO_2$	стекло	44	47	48
43	$0,1Na_2O \cdot 0,15NaCl \cdot 0,15CaO \cdot 0,15B_2O_3 \cdot 0,15Al_2O_3 \cdot 0,4SiO_2$	стекло	45	49	51
44	$0,05Na_2O \cdot 0,1NaCl \cdot 0,15CaO \cdot 0,15B_2O_3 \cdot 0,15Al_2O_3 \cdot 0,4SiO_2$	стекло	47	50	52
45	$0,15NaF \cdot 0,15CaO \cdot 0,15B_2O_3 \cdot 0,15Al_2O_3 \cdot 0,4SiO_2$	стекло	49	53	55
46	$0,15Na_2O \cdot 0,1CaO \cdot 0,15CaF_2 \cdot 0,15B_2O_3 \cdot 0,15Al_2O_3 \cdot 0,4SiO_2$	стекло	50	54	56
47	$0,15Na_2O \cdot 0,05CaO \cdot 0,1CaF_2 \cdot 0,15B_2O_3 \cdot 0,15Al_2O_3 \cdot 0,4SiO_2$	стекло	52	55	57
48	$0,15Na_2O \cdot 0,1CaO \cdot 0,05CaCl_2 \cdot 0,15B_2O_3 \cdot 0,15Al_2O_3 \cdot 0,4SiO_2$	стекло	57	59	60
49	$0,15Na_2O \cdot 0,1CaO \cdot 0,05CaCl_2 \cdot 0,15B_2O_3 \cdot 0,15Al_2O_3 \cdot 0,4SiO_2$	стекло	58	60	63
50	$0,15Na_2O \cdot 0,05CaO \cdot 0,1CaCl_2 \cdot 0,15B_2O_3 \cdot 0,15Al_2O_3 \cdot 0,4SiO_2$	стекло	60	61	64
51	$0,15Na_2O \cdot 0,15CaCl_2 \cdot 0,15B_2O_3 \cdot 0,15Al_2O_3 \cdot 0,4SiO_2$	стекло	60	62	65

При образовании аниона ClO_4^{-} происходит как бы два встречных движения электронов:

первое от хлора к кислородным лигандам; второе от кислорода к хлору. В результате эффек-

тивный ядерный заряд заметно возрастает и потому заселение за $3d$ -орбитали становится энергетически выгодным – $3d$ -облако менее диффузно и способно прочнее связываться с

ядром. На такие подготовленные в энергетическом смысле $3d$ -орбитальные вакансии могут частично переходить электроны от неподеленных пар атомов кислорода.

Анионные комплексы	Характеристика связи ClO в анионных комплексах $[\text{ClO}_n]^-$		
	длина, Å	энергия, кДж/моль	валентный угол $\angle \text{OCBO}$
ClO^-	1,70	209,0	-
ClO_2^-	1,64	244,5	111°
ClO_3^-	1,57	243,7	106°
ClO_4^-	1,45	363,5	$102^\circ 28'$

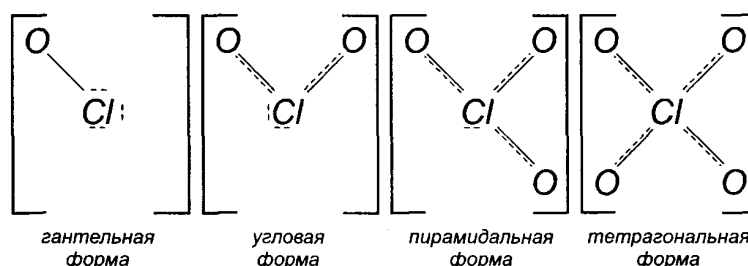


Рис. 3. Хлорокислородные комплексы

В анионных комплексах $[\text{ClO}_n]^-$ длина связи между кислородом и хлором изменяется с 1,45 до 2,70 Å, энергия связи растет с 209 до 363,5 кДж/моль. По мере увеличения степени окисления хлора устойчивость анионных комплексов возрастает. Это объясняется тем, что при переходе от ClO^- к ClO_4^- увеличивается число электронов, принимающих участие в образовании σ - и π -связей. Особо устойчив ион ClO_4^- , в котором все валентные орбитали и электроны атома хлора принимают участие в образовании связей.

Возрастающая роль π -связывания отражается на средней кратности связи ClO. Так, если в ионе ClO^- кратность связи равна 1, то в ионе ClO_4^- она составляет 2,5. Повышение кратности связи ClO увеличивает среднюю энергию связи, уменьшает межъядерное расстояние и повышает силовую константу. Так, длина связи (ClO) в анионном комплексе ClO^- составляет 1,70 Å, а в ClO_4^- – 1,45 Å, а силовые константы равны 3,9 и 8,2.

Экспериментальные данные коррозионной агрессивности расплавленных стекол четырехкомпонентной системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ по отношению к стали марки 08КП при температуре 1173 °К (времени обработки 4 мин.) пока-

зывают (табл. 4), что заметное влияние на увеличение коррозионных потерь оказывает замена O^{2-} на F^- и Cl^- .

Результаты экспериментальных исследований коррозии стали в пятикомпонентной силикатной системе, содержащей анионы фтора и хлора, свидетельствуют (рис. 3, 4) о росте коррозионных потерь с увеличением концентрации анионов фтора и хлора.

Одновременно это указывает на влияние этих ионов на изменение кислотно-основного отношения в расплавах и, как следствие, появление структурных новообразований (рис. 5, 6).

На основании теории обобщенных кислот и оснований Льюиса [7] Сан и Сильверман [8] отмечали, что типичным основанием в оксидных системах является анион кислорода, играющий роль донора электронной пары. Кремнекислородные радикалы, катионы кальция, натрия рассматриваются как кислоты, так как им недостает электронной пары для построения устойчивой электронной оболочки. Исходя из такого определения, о кислотно-основных свойствах оксидов и галогенидов можно судить по изменению изобарного потенциала образования их из элементов.

Коррозия стали в стеклах системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$

Номер стекла по табл. 6	Содержание галогенидов (мас. %) по отношению к оксидам натрия и кальция	Потери стали, мг/дм^2
22	0,58	480,5
23	0,62	489,3
24	0,70	492,4
25	0,74	501,2
26	0,79	512,4
27	0,84	493,3
28	0,91	498,1
29	0,98	517,4
30	1,12	522,4
31	1,24	493,5
32	1,37	494,7
33	1,41	503,8
34	1,49	510,6
35	1,54	497,8
36	1,58	507,2
37	1,63	514,3
38	1,72	526,7

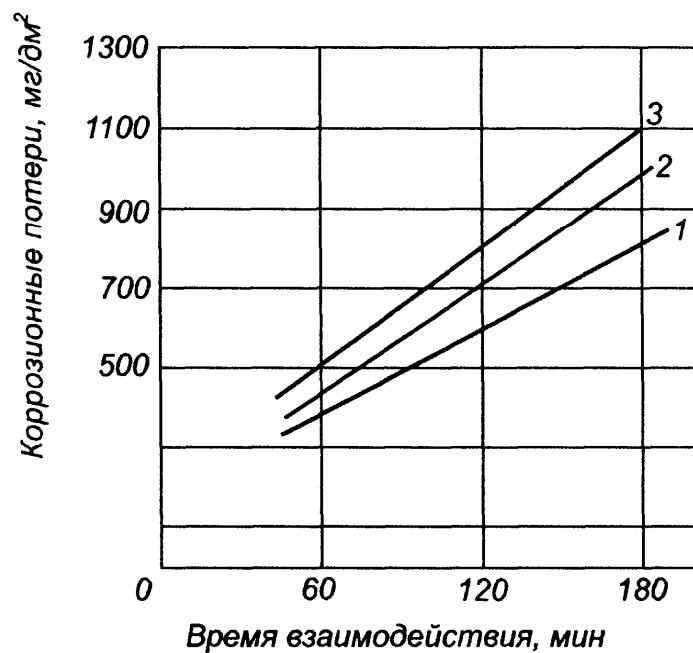


Рис. 4. Кинетика коррозии стали при температуре 1173 °К в расплавах:
 1 – $0,20\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,20\text{CaO} \cdot 0,20\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 0,4\text{SiO}_2$; 2 – с 0,10NaF; 3 – с 0,15NaF

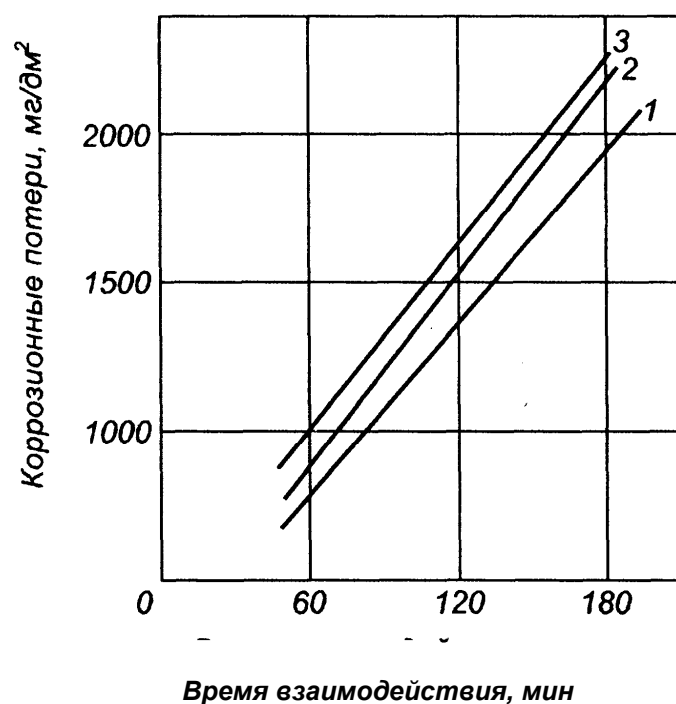


Рис. 5. Кинетика коррозии стали при температуре 1273 °К в расплавах:
 1 – 0,15Na₂O·0,15CaO·0,15B₂O₃·0,4SiO₂; 2 – с 0,10NaCl; 3 – с 0,05NaCl

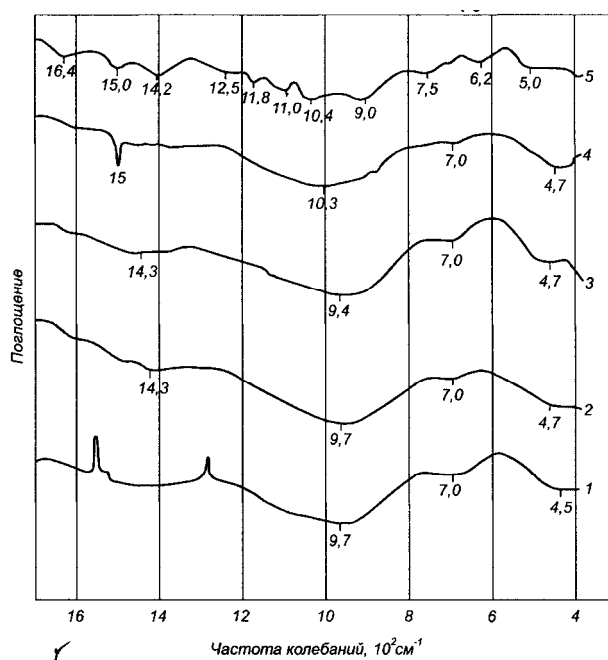


Рис. 6. ИКС стекол: 1 – 39; 2 – 41; 3 – 44; 4 – 47; 5 – 50; состава по табл. 7

При этом предполагается, что чем больше свободная энергия (z^0_t) по абсолютной величине при отрицательном значении, тем сильнее катион Me^{n+} оказывает влияние на уменьшение активности кислородного иона в оксидной (оксидно-галогенидной) системе, а, следовательно,

и на изменение кислотно-основных свойств последней.

В табл. 5 представлены изобарные термодинамические потенциалы реакций образования оксидов и галогенидов, которые взяты из литературы [9, 10].

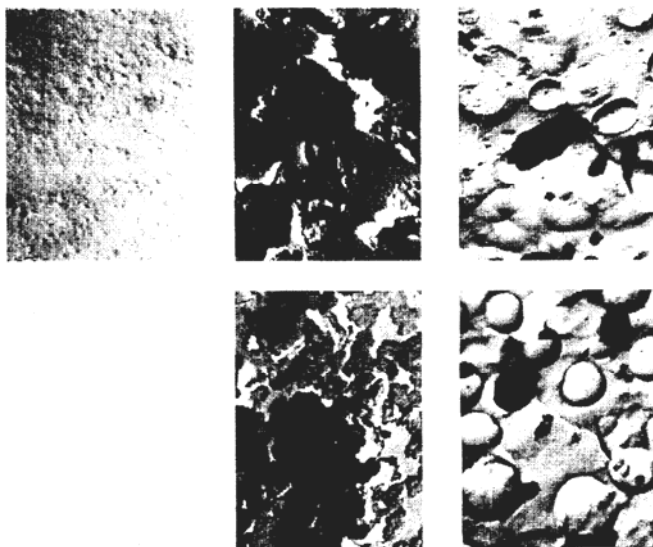
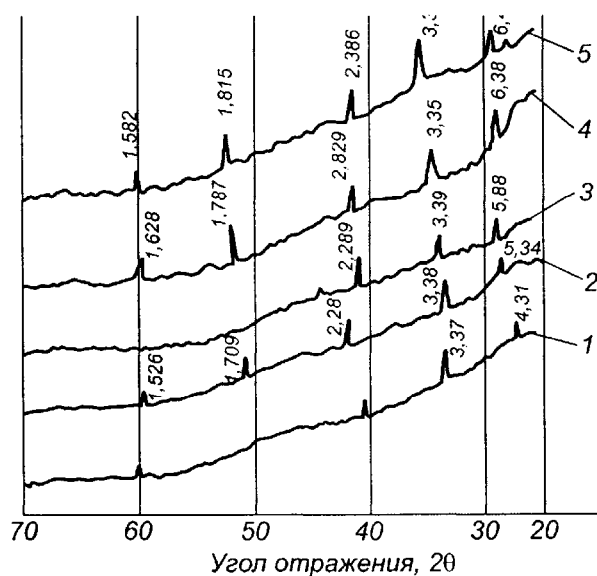


Рис. 7. Рентгенограммы и микроструктура (увеличение 9000) стекол. Обозначения соответствуют рис. 5

С точки зрения теории экранирования [11], следует ожидать, что кислотность веществ при изменении температуры меняется. Это также подтверждается данными табл. 5. Как правило, с повышением температуры до 1500 °К кислотность галогенидов и оксидов натрия, кальция снижается. При этом для галогенидов этих металлов наблюдается закономерность, соответствующая положению элемента в периодической системе, то есть из этих элементов наиболее сильное влияние на уменьшение активности кислородного иона, а следовательно, и на повышение кислотности оксидно-галогенидной системы в широком температурном интервале оказывает катион кальция [12 – 14].

Анализ данных, представленных в табл. 5, показывает, что о кислотных свойствах оксидных систем с той или иной точностью можно судить по изобарному термодинамическому потенциалу образования оксидов и галогенидов из элементов в широком температурном интервале. На основании изложенного выше, с учетом значений ΔZ_i в кДж/моль, можно расположить анионы по мере увеличения их кислотных свойств Cl^- , O_2^- , F^- .

Введение в составы стекол 23–38 (табл. 6) фторидов и хлоридов натрия и кальция вместо углекислых солей способствует росту химической устойчивости и микротвердости. Причем хлоридные стекла более твердые и несколько лучше сопротивляются воздейст-

вию воды. Об изменении свойств стекол в натрийкальцийборосиликатной системе при замене оксидов на фториды и хлориды можно судить по изменению внутренних пара-

метров и данным изобарнотермодинамических потенциалов образования этих соединений (табл. 5).

Таблица 5

Изобарные термодинамические потенциалы реакций образования оксидов и галогенидов при различных температурах [132]

Образование оксида или галогенида	-ΔZ _T , кал/моль, при температурах, °K						
	298	500	700	900	1100	1300	1500
Al ₂ O ₃	378000	362800	347800	332900	317200	301500	286200
AlF ₃	306400	295200	284400	273800	252900	-	-
AlCl ₃	153000	244500	138600	141000	241800	143000	244600
CaO	144350	139400	134500	129650	124700	119200	114500
CaF ₂	277700	269400	261400	253500	246000	238300	230900
CaCl ₂	279650	172500	265750	159150	152800	147700	242400
CoO	51700	481100	44700	41000	38100	34650	34300
CoF	147900	141000	-	-	-	-	108500
CoCl ₂	67430	60650	54550	48850	-	-	-
CuO	30850	22200	26450	28100	24100	10250	6400
CuF ₂	117600	-	-	-	-	-	-
CuCl ₂	43200	36500	30550	-	-	-	-
FeO	58670	55300	51100	48950	45700	42350	39050
FeF ₂	219000	207500	-	-	-	-	160000
FeCl ₂	72600	66500	61000	55400	51500	-	-
NiO	50600	46100	41900	37750	33600	29550	25550
NiCl ₂	61900	54500	47500	40600	33800	25900	-
SiO ₂	196600	187800	179300	170900	162650	154250	146100
Na ₂ O	89950	83100	76100	69200	62300	51600	38600
NaF	129000	224050	119050	114200	109350	205000	-
NaCl	91900	87500	82850	78400	74350	69000	-
TiO ₂	212400	203600	194950	186550	178000	169550	161250
TiF ₂	187000	179000	-	-	-	-	142000
TiCl ₂	112150	205000	98200	91550	85100	-	-
NbCl ₅	4230500	281300	360500	340600	321100	301900	-
TaCl ₅	465500	435000	414250	393000	373550	354200	335350

Таблица 6

**Химическая устойчивость и микротвердость
стекол системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$**

Номер стекла	Свойства	
	химическая устойчивость по отношению к воде, – потери массы, %	микротвердость, кг/мм^2
22	1,58	501
23	1,61	504
24	1,64	506
25	1,67	508
26	1,71	509
27	1,80	512
28	1,82	515
29	1,84	529
30	1,89	522
31	1,64	507
32	1,66	509
33	1,79	513
34	1,83	520
35	1,85	523
36	1,87	525
37	1,91	529
38	1,93	531

Простейшей интерпретацией изменения свойств опытных стекол является то, что с уменьшением свободной энергии образования хлоридов по сравнению с фторидами, вводимыми при шихтовании составов, происходит рост прочности стекол, о котором свидетельствует возрастание микротвердости с увеличением количества галогенидов. Водоустойчивость же с ростом количества галогенидов падает. Данное противоречие может быть объяснено повышением микрогетерогенности стекол, образующим наряду с химически устойчивыми фазами малоустойчивые новообразования, которые лучше растворимы в воде.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алымов, А. Н. Общие экономические и социальные вопросы охраны окружающей среды [Текст] / А. Н. Алымов // В кн.: Экономические аспекты окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. – К.: СОПС УССР, 1975. – С. 4-24.
2. Технология эмали и эмалирования металлов [Текст] / В. В. Варгин и др. – М.: Стройиздат, 1965. – 316 с.
3. Холодилин, Н. Н. Эмалирование стальных и чугунных изделий [Текст] / Н. Н. Холодилин. – М.: Госстройиздат, 1962. – 352 с.
4. Складов, В. И. Ускоренный метод массового синтеза стеклообразных неорганических веществ [Текст] / В. И. Складов // В кн.: Стекло-эмаль и эмалирование металлов. – Вып. 2. – Новочеркасск: НИИ, 1974. – С. 13-16.
5. Дей, К. Теоретическая неорганическая химия [Текст] / К. Дей, Д. Селбин. – М.: Химия, 1976. – 567 с.
6. Физическая химия силикатов [Текст] / под общ. ред. А. А. Пашенко. – К.: Вища шк., 1977. – 384 с.
7. Lewin, G.N. Acid-Base Theory / G. N. Lewin // J. Franklin Inst. – 1938. – v. 226, No. 1. – P. 293-297.
8. Sun, K. H. Lewis Acid-Base Theory Applied to Glass [Текст] / K. H. Sun, A. Silvermann // J. Amer. Ceram. Soc. – 1945. – v. 27, No. 1. – P. 7-11.
9. Уикс, К. Е. Термодинамические свойства 65 элементов, их окислов, галогенидов, карбидов и нитридов [Текст] / К. Е. Уикс, Ф. Е. Блок. – М.: Металлургия, 1965. – 240 с.
10. Термодинамические свойства неорганических веществ [Текст] / У. Д. Верятин и др. – М.: Атомиздат, 1965. – 460 с.
11. Беляев, Г. И. Исследование свойств грунтовых эмалей в зависимости от их состава [Текст] / Г. И. Беляев. – Дисс. ... докт. техн. наук. – Д., 1961. – 352 с.
12. Бобкова, Н. М. Физическая химия силикатов [Текст] / Н. М. Бобкова. – Минск: Вышэйшая шк., 1977. – 268 с.
13. Эйтель, В. Физическая химия силикатов [Текст] / В. Эйтель. – М.: ИЛ, 1962. – 1056 с.
14. Щеглова, М. Д. Синтез и исследование стекол и стеклокристаллических материалов, содержащих некоторые s-, p-, d-элементы I периода, с использованием промышленных отходов [Текст] / М. Д. Щеглова. – Дисс. ... докт. техн. наук. – Д., 1979. – 479 с.

Поступила в редколлегию 10.03.2008.

ИЗМЕНЕНИЕ ДЕФОРМАТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНА ВЫСОТНЫХ МОНОЛИТНЫХ ЗДАНИЙ

У статті представлені результати досліджень деформативних характеристик бетону на активований в'язучій речовині для монолітних висотних будівель. Показано, що при зведенні висотних монолітних будівель у літній період року слід враховувати характер зміни пружності й пластичності бетону в часі, що відрізняється від тих же показників бетону нормального тверднення.

В статье представлены результаты исследований деформативных характеристик бетона на активированном вяжущем для монолитных высотных зданий. Показано, что при возведении высотных монолитных зданий в летний период года следует учитывать характер изменения упругости и пластичности бетона во времени, который отличается от тех же показателей бетона нормального твердения.

In the article results of studies of deformation features of concrete on actuate cement for monolithic high-altitude buildings are presented. It is shown that in construction of the high-altitude monolithic buildings in a summer period of a year one should take into account the character of changing the concrete elasticity and plasticity in time, which differs from the same indices for the concrete of normal hardening.

При возведении высотных монолитных зданий большое внимание должно уделяться деформативным характеристикам бетона, причем следует учитывать влияние климатических условий на формирование пространственной структуры цементной матрицы бетона. Как показали проведенные исследования, характер изменения упругости и пластичности бетона во времени при укладке бетонной смеси в летний период года отличается от тех же показателей бетона нормального твердения. Кроме того, в литературе сведения по этому вопросу противоречивы. По одним данным следует ожидать увеличения во времени величины модуля упругости бетона; по другим – в условиях повышенных температур наступает стабилизация деформативных свойств или даже возможно падение величины модуля упругости [1, 2].

Изменение деформативных свойств во времени наиболее полно характеризует величина модуля упругости бетона в различном возрасте при переменном относительном напряжении.

Совершенно отличен характер изменения модуля упругости бетона в условиях повышенных температур. В раннем возрасте быстро растет величина начальной упругости бетона. Модуль упругости бетона естественного твердения в 7-суточном возрасте почти равен модулю упругости бетона нормального твердения. Упругость бетона увеличивается до 14-суточного возраста, в котором обычно E принимает максимальное значение. В этот период величина модуля упругости бетона при $R_{пр} = 45$ МПа составляет, как правило, $50 \cdot 10^3$ МПа. При про-

должении хранения бетона в естественных летних условиях к 28-суточному возрасту происходит снижение величины модуля упругости на 13...16 %. Более того, изменяется и характер деформативности бетона – появляется участок повышенной деформативности. Участок повышенной деформативности равен примерно $\sigma = 0,2R_{пр}$.

Уменьшение модуля упругости бетона летней укладки, твердевшего без ухода, продолжается вплоть до 90-суточного возраста. Максимальная величина его снижения равна 30 %. Столь значительное падение упругости бетона при повышенных температурах можно объяснить внутренним микротрещинообразованием.

Аналогично изменяется модуль упругости бетона при различном напряженном состоянии образцов. С увеличением относительных напряжений $\sigma/R_{пр}$ кривые во времени приобретают большую плавность, падение модуля упругости при повышенных температурах уменьшается.

Характерно, что образцы естественного летнего твердения, перенесенные в 14-суточном возрасте в условия, близкие к нормальным, не имеют участка понижения модуля упругости бетона.

Упругость образцов летнего твердения возрастает при применении ухода за бетоном на 18...22 % в зависимости от метода ухода, при этом деформативные характеристики бетона стабилизируются.

В годичном возрасте начальный модуль упругости бетона естественного твердения дости-

гает $50 \cdot 10^3$ МПа, т.е. почти выравнивается с максимальным (разница 9 %). В этом возрасте модуль упругости бетона естественного твердения на 57 % меньше аналогичной величины бетона с применением ухода.

В условиях повышенных температур упругость бетона выше упругости бетона нормального твердения. Однако изменение этих величин при различном напряженном состоянии неодинаково. При эксплуатационных величинах напряжения (0,4...0,6) модуль упругости бетона естественного твердения ниже аналогичной характеристики бетона нормального твердения. Например, при $\sigma = 0,6R_{пр}$ в 90-суточном возрасте модуль упругости бетона при твердении в условиях повышенных температур примерно на 10 % ниже. Еще больше это понижение при увеличении напряжения.

Ползучесть бетона в условиях повышенных температур имеет свои особенности. Основные факторы, влияющие на характер протекания и величину деформаций ползучести, могут быть разделены на следующие группы:

- 1) состав бетона, технология укладки и уплотнения бетонной смеси;
- 2) размеры элемента;
- 3) температурно-влажностный режим окружающей среды;
- 4) величина и направление нагружения;
- 5) длительность действия нагрузки и возраст бетона в момент ее приложения.

Экспериментальные данные показали, что ползучесть бетона зависит от температуры окружающей среды и относительной влажности воздуха. Несомненно, периодические изменения влажности и температуры воздуха, а также периодическое увлажнение элементов железобетонных конструкций должны существенно отражаться на характере развития ползучести и ее конечной величине.

Наблюдения за ползучестью бетона непосредственно в конструкциях сооружений подтверждают существенное влияние периодических температурных изменений и влажности на ползучесть бетона, причем процесс интенсифицируется в летний период года [3].

Деформации ползучести бетона на модифицированной цементной системе исследовались в специальных установках, обеспечивающих возможность нагружения образцов при сжатии, растяжении и изгибе. Перед началом испытания гигрометрическое состояние образцов-призм было различным и зависело от условий их твердения.

Во время нагружения все образцы естественного твердения имели относительные водопотери от $1,42 \cdot 10^{-2}$ до $2,82 \cdot 10^{-2}$ г/г, в то время как образцы нормального твердения имели прирост массы на $(0,13...0,91) \cdot 10^{-2}$ г/г.

При нагрузке $\sigma = 0,4R_{пр}$ характер и величина ползучести зависят от режима хранения образцов до нагружения, прочностных свойств бетона к моменту загрузки в возрасте 28 сут, а также от дальнейших водопотерь бетона.

Наименьшая ползучесть, как и ожидалось, обнаружена у образцов модифицированного бетона. Это тем более характерно, что абсолютные напряжения бетона на модифицированной цементной системе выше, так как прочность их также была выше.

Ползучесть бетона при сжатии резко интенсифицируется у образцов обычного бетона по сравнению с образцами модифицированного бетона при твердении в естественных условиях летнего периода года. Например, в 60-суточном возрасте ползучесть обычного бетона более чем в три раза выше ползучести модифицированного бетона, составляя $3 \cdot 10^{-3}$ мм/мм, т.е. примерно 50% упругой деформации в момент нагружения. В это время величина деформации ползучести модифицированного бетона равна менее 30 % начальной упругой деформации.

При сравнении величин ползучести обнаружено явление цикличности в ее протекании. При увеличении температуры окружающей среды до 45 °С и относительной влажности воздуха до 90 % интенсифицируется процесс ползучести бетона. Это влияние сказалось на всех образцах обычного бетона. Ползучесть модифицированного бетона практически не увеличилась. Например, за 20-суточный период деформации ползучести образцов обычного бетона увеличивались в 1,3...1,5 раза.

Очевидно, что столь значительная интенсификация ползучести – результат деструктивных процессов в обычном бетоне летнего твердения. Особенно это заметно на образцах с открытой поверхностью, у которых усадочные деформации суммируются с деформациями ползучести. При снижении температуры воздуха ползучесть стабилизируется иногда вплоть до полного затухания или даже некоторого восстановления длины образца. Новый период интенсификации наступает с повышением температуры воздуха. Как правило, периоды интенсификации ползучести связаны с температурно-влажностными изменениями окружающей среды.

Изоляция поверхности конструкций для уменьшения водопотерь во всех случаях снижала их деформативность в 1,3...1,8 раза. Следует ожидать, что в среднем изоляция поверхности бетона снижает его ползучесть в 1,5 раза, хотя этот эффект требует проверки с учетом масштабности элементов. Вероятно, с ростом массивности элементов эффект изоляции поверхности уменьшается.

При исследовании влияния возраста нагружения на ползучесть бетона к образцам возраста 7, 14, 28, 60 сут прикладывалась нагрузка, соответствующая $\sigma = 0,4R_{пр}$ (табл. 1). Для исследований использован состав бетона 1:1,5:3,8, В/Ц=0,45; призмы 10×10×40 см не изолировались.

Таблица 1

Изменение деформаций и характеристик ползучести бетона в зависимости от возраста нагружения образцов

Показатели			Вид бетона			
			обычный	модифицированный	обычный	модифицированный
			Возраст нагружения, сут			
			14		28	
$\epsilon_v \cdot 10^{-5}$			26,0	16,9	26,5	17,3
E, 10^3 МПа			40,0	56,5	38,7	56,0
σ , МПа			8,0	8,0	8,2	9,6
Возраст бето- на, сут	14	ϵ_{II}	35	12,5	27	11
		φ	1,3	0,7	1,0	0,6
	28	ϵ_{II}	46	17,5	34	13,5
		φ	1,8	1,0	1,3	0,8
	90	ϵ_{II}	57	23,5	40	15
		φ	2,2	1,4	1,9	0,5
	180	ϵ_{II}	60	27,5	44	6,5
		φ	2,3	1,6	1,7	1,0

Соотношение ϕ_e/ϕ_n для различных сроков наблюдения ползучести бетона увеличивается с возрастом, хотя это увеличение носит затухающий характер, а при малых деформациях ползучести – даже обратный характер уменьшения. Данные о влиянии возраста нагружения и некоторая экстраполяция кривых соотношения ϕ_e/ϕ_n ниже и выше экспериментальной области позволяют предсказать ползучесть бетона летнего твердения при любом режиме нагружения.

Исследованиями установлено существенное увеличение ползучести обычного бетона при

сжатии, твердеющего в естественных условиях повышенных температур. Следовало также ожидать повышенную ползучесть бетона и при растяжении. В опытах на растяжение бетонных восьмерок использовались точные методы замера деформаций с помощью индикаторов часового типа (цена деления 0,001 мм). Наряду с деформациями ползучести замерялись деформации усадки бетона. Это особенно важно при растяжении, т.к. в этом случае знаки деформаций усадки и ползучести не совпадают.

Ползучесть при растяжении исследовалась в широком диапазоне нагрузок от $0,2R_p$ до $0,8R_p$.

Эксперименты показали, что с увеличением влажности бетонных образцов при разных величинах напряжения увеличивается их ползучесть. Следовательно, ползучесть обычного бетона естественного твердения в условиях повышенных температур не только не выше, чем у модифицированного бетона, но даже ниже, что и является одной из причин низкой трещиностойкости элементов из обычного бетона, твердевших в условиях повышенных температур. К 90-суточному возрасту при всех величинах $\sigma/R_{пр}$ деформации ползучести практически стабилизируются.

Очевидно, что учет усадки бетона после его нагружения при определении ползучести модифицированного бетона, твердевшего в условиях повышенных температур, не является строго необходимым, т.к. основная величина усадки фиксируется до начала опытов по измерению ползучести. В первый месяц твердения бетона до нагружения величина усадки бетона находится в пределах до $6 \cdot 10^{-5}$, а в последующий опытный период она увеличивается лишь на $4,5 \cdot 10^{-5}$ у образцов с открытой поверхностью и немногим более $1 \cdot 10^{-5}$ у образцов с изолированной поверхностью. Опыты некоторых исследователей [4] подтвердили, что усадка возрастает лишь на 30...40 % при нагружении образца, а т.к. величина усадки модифицированного бетона очень мала по сравнению с величиной общей деформации, то и это увеличение ϵ_y существенно не отразится на определении величины ползучести.

О границах длительной прочности бетона в условиях повышенных температур можно сделать следующие выводы.

Скачкообразный прирост деформаций ползучести растяжения бетона, обнаруженный при $\sigma = 0,6R_p$, показывает, что предел длительного сопротивления модифицированного бетона находится у границы этой величины напряжения. Анализ кривых ползучести при σ/R_p показал,

что они имеют затухающий характер. Следовательно, эта величина напряжений может быть допущена для длительной эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Михайлов, К. В. Бетон и железобетон в строительстве [Текст] / К. В. Михайлов, Ю. С. Волков. – М.: Стройиздат, 1997. – 104 с.
2. Прочность, структурные изменения и деформации бетона [Текст] / под ред. А. А. Гвоздева // НИИЖБ Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1987. – 299 с.

3. Чоговадзе, Д. В. Исследование процесса разрушения цементного камня и раствора методом рентгенокиносъемки [Текст] / Д. В. Чоговадзе // Бетон и железобетон. – 1994. – № 7. – С. 26-29.
4. Трифонов, И. А. Исследование обычных и предварительно напряженных конструкций из мелкозернистого бетона [Текст] / И. А. Трифонов, М. И. Додонов, М. С. Кузнецов // Исследование и применение мелкозернистых бетонов. – 1998. – Вып. 35. – М.: НИИЖБ. – С. 56-58.

Поступила в редколлегию 25.03.2009.

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО НЕОРГАНИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ АЛЮМОСИЛИКАТНОГО СЫРЬЯ

У статті наведено аналіз теплоізоляційних матеріалів в Україні. Показано переваги розробки теплоізоляційного неорганічного матеріалу на основі алюмосилікатної сировини порівняно з теплоізоляційними матеріалами, що використовуються зараз.

В статье приведен анализ использования теплоизоляционных материалов в Украине. Показаны преимущества создания теплоизоляционного неорганического материала на основе алюмосиликатного сырья перед используемыми сегодня теплоизоляционными материалами.

In the article the analysis of use of heat insulation materials in Ukraine is given. The advantages of creation of heat insulation inorganic material on the basis of aluminum silicate raw material compared to the heat insulation materials utilized today are shown.

Введение

Известно, что на теплоснабжение зданий в Украине ежегодно расходуется 43 миллиона тонн условного топлива. Это составляет 45 % от общего потребления энергоресурсов страны. В коммунальном хозяйстве на единицу жилой площади в Украине расходуется в 2...3 раза больше энергии, чем в странах Европы. Так, жилые многоэтажные здания потребляют от 350 до 550 кВт ч/м² в год, индивидуальные дома коттеджного типа – от 600 до 800 кВт ч/м² в год. Вместе с тем за рубежом, например, в Германии, дома усадебного типа потребляют в среднем по стране около 250 кВт ч/м² в год, в Швеции – 135 кВт ч/м² в год. Лучшие зарубежные образцы жилых зданий потребляют от 90 до 120 кВт ч/(м² год).

Опыт различных стран в решении проблемы энергосбережения показывает, что одним из наиболее эффективных путей ее решения является сокращение потерь тепла через элементы конструкции зданий, сооружений, промышленного оборудования, тепловых сетей. Подсчитано, что только один квадратный метр теплоизоляции обеспечивает экономию 1,4...1,6 тонны условного топлива в год. В этой связи обращает на себя внимание интенсивное развитие в ряде стран Европейского Союза промышленности теплоизоляционных материалов. Основным видом применяемых утеплителей являются минераловатные изделия, доля которых в общем объеме производства и потребления составляет более 65 %. Около 8 % приходится на стекловатные материалы, 20 % – на пенополистирол и другие пенопласты. Доля теплоизоляционных

ячеистых бетонов в общем объеме производимых утеплителей не превышает 3 %, вспученного перлита, вермикулита и изделия на их основе – 2...3 %.

Качество и ограниченная номенклатура отечественных утеплителей, выпускаемых многими предприятиями Украины, не в полной мере отвечает нуждам жилищного строительства. Это позволяет ведущим фирмам западных стран (фирмы «Rockwool», «Partec» и многие другие), успешно продавать свою продукцию на украинском рынке теплоизоляционных материалов.

Предусмотренное целевыми программами массовое жилищное строительство не может ориентироваться на зарубежные поставки. Потребность этого сектора в эффективных утеплителях ежегодно возрастает и должна быть удовлетворена в основном за счет отечественных производителей.

Исследования, опыт проектирования и применения теплоизоляционных материалов и технологий последних лет показали, что для обеспечения эффективной теплоизоляции необходимы экологически чистые, долговечные, пожаробезопасные материалы из местного сырья, обладающие низким коэффициентом теплопроводности (0,03...0,15 Вт/мК), прочностью при сжатии в пределах 0,2...5,0 МПа, малым водопоглощением (до 5 % по объёму). В промышленных объектах к перечисленным добавляется ещё целый ряд дополнительных требований, вызванных спецификой их эксплуатации. Например, теплоизоляция промышленных технологических коммуникаций, энергетических ра-

диационноопасных объектов АЭС должна обеспечивать достаточно высокую температуру эксплуатации (до 500 °С), не абсорбировать радионуклиды, обладать устойчивостью к воздействию химических реагентов, не быть токсичными и горючими при повышенных температурах.

Реальный рынок теплоизоляционных материалов практически ограничен всего тремя типами таких изделий: пенопластами (главным образом, пенополистиролом), пено-газобетонами и минеральными ватами. Определенные СНиПом характеристики этих материалов в сухом состоянии предполагают коэффициенты теплопроводности 0,038...0,05 Вт/мК для пенополистиролов различной плотности, 0,08...0,21 Вт/мК для пено-газобетонов различной плотности и 0,064 Вт/мК для плит минераловатных. Их использование позволяет уменьшить толщину стен по отношению к кирпичу при одинаковом термическом сопротивлении в 7...20 раз [1].

Задачи исследования

Рассматривая вопрос увеличения производства отечественных утеплительных материалов, необходимо учитывать и проблемы, связанные с их использованием. Если говорить о пенополистироле, то основными его отрицательными свойствами являются недолговечность, горючесть и экологическая опасность. Как показывает опыт строительства, заложенный в стены пенополистирол через 10...15 лет разрушается. Также обстоит дело с минераловатными изделиями. Уже через 7...9 лет они переходят в пылевидное состояние, что экологически небезопасно.

По данным немецких исследователей, полная потеря теплотехнических свойств пенополистирола происходит через 10 лет, пенополиуретана – также через 10 лет, а стекловолоконных материалов – через 7 лет.

Следовательно, использование пенопласта и минераловатных изделий в строительстве ведет к тому, что уже через 7...10 лет ограждающие конструкции не будут обеспечивать требуемого термического сопротивления.

Из используемых теплоизоляционных материалов только пено-газобетоны являются наиболее безопасными и долговечными материалами. Несмотря на преимущества ячеистых бетонов в сравнении с другими теплоизоляционными материалами, им присущи существенные недостатки. Высокое водопоглощение приводит к низкой влаго- и морозостойкости. Повы-

шенная гидрофобность их снижает адгезию к поверхности и затрудняет штукатурные работы. Низкая прочность в сочетании с большой плотностью и недостаточными теплоизоляционными свойствами сужает область их применения. Исходя из вышеприведенного, важной задачей является разработка отечественного теплоизоляционного материала, обладающего заданными теплотехническими характеристиками, пониженными показателями водопоглощения, горючести и токсичности.

Результаты исследований

Известно, что необходимыми свойствами, поставленными в задачах исследования, обладает пористое стекло.

Пористое стекло – это искусственный силикатный материал с равномерно размещенными порами (0,1...5,0 мм), разделенными тонкими перегородками из стекловидного вещества. По технологии получения различают пено- и газостекло.

Процесс производства пористого газостекла заключается в том, который тонкоизмельченный стеклопорошок засыпают в специальные металлические формы, вводят добавки (1...2 %), которые в процессе варки стекла способствуют образованию газообразных продуктов. Как газообразователи применяют антрацит, кокс, графит, известняк, мрамор. В процессе нагревания до 600...850 °С порошок стекла в поверхностном слое плавится, образуя газонепроницаемую корку, благодаря чему газы, которые выделяются, не имеют возможности покинуть шихту и вспенивают ее. Объем стекломассы увеличивается, заполняя всю форму. Когда заканчивается процесс поризации, формы поступают в конвертерную печь для отжига.

Пористое пеностекло получают по «холодной» технологии, которая предусматривает помол стеклопорошка и его смешивание с пенообразователем и стабилизатором пены. Полученную смесь разливают в металлические формы, подают на сушку, а после раскрытия форм полуфабрикатные изделия отправляют на отжиг при температуре 650...700 °С.

Как пенообразователь можно использовать мыльный корень (0,5...2 % от массы стекла) и бентонитовую и огнеупорную глину – 2...4 %.

Пористое стекло по назначению разделяется на:

- изоляционное (для утепления ограждающих конструкций зданий);

- изоляционно-монтажное (для изоляции морозильных установок и тепловых агрегатов с температурой от -160 до +400 °С);
 - влагозащитное (с водопоглощением не более 1,8 %);

- специальное.
 Основные свойства некоторых видов пористого стекла приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные свойства пористого стекла

Показатель	Пористое стекло			
	изоляционное	изоляционно-монтажное	влагозащитное	специальное
Средняя плотность, кг/м ³	150...250	130...160	140... 180	250...500
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м · К)	0,06...0,087	0,055...0,07	0,06...0,07	0,1...0,125
Предел прочности при сжатии, МПа	0,08...2,0	0,5...0,8	0,6...0,9	3...5
Максимально допустимая температура применения, °С	+400	-160...+400	+600	-

Пористое стекло легко поддается распилке, шлифованию, сверлению, склеиванию цементом, имеет повышенную биостойкость. Применяют его в изделиях для тепло- и звукоизоляции.

Одним из видов пористого стекла является пенодекор. Его изготавливают в виде плит марок по средней плотности (кг/м³) 400, 800, 1000 и 1200, длиной и шириной 150, 200, 300, 400, 450 мм, толщиной 15...40 мм.

Лицевая поверхность плит из пенодекора покрыта сплошной стекловидной цветной пленкой, обратная для надежного сцепления раствором.

Плиты из пенодекора предназначены для наружной и внутренней облицовки сооружений с одновременной теплоизоляцией стен [2].

В отраслевой научно-исследовательской лаборатории «Материалы и здания для железнодорожного транспорта» Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна проводятся исследования в области разработки модифицированного пористого теплоизоляционного материала на основе алюмосиликатного сырья.

В результате исследований планируется получить модифицированный теплоизоляцион-

ный неорганический материал на основе алюмосиликатного сырья с более низкими показателями средней плотности, коэффициента теплопроводности, водопоглощения, горючести и токсичности, чем у традиционного пористого стекла.

Выводы

Предварительные исследования и анализ литературы показали целесообразность создания модифицированного теплоизоляционного неорганического материала на основе алюмосиликатного сырья. Это позволит расширить номенклатуру эффективных теплоизоляционных строительных материалов и решить ряд экологических проблем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Теплоизоляционные изделия на основе алюминио-силикатного сырья [Текст] /А. Н. Пшинько и др. // Залізн. трансп. України. – 2005. – № 2. – С. 64-66.
2. Будівельне матеріалознавство [Текст] : підручник / П. В. Кривенко та ін. – К.: ТОВ УВПК «ЕксОб», 2004. – 704 с.

Поступила в редколлегию 24.03.2009.

А. Н. ПШИНЬКО, В. В. ПАЛИЙ, А. В. КРАСНЮК (ДИИТ)

ПОЛИМЕРНО-ЦЕМЕНТНЫЕ РАСТВОРЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕМОНТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

У статті наведено аналіз полімерно-цементних розчинів для використання їх при будівництві та ремонті будівель і споруд. Описано основні властивості відомих полімерно-цементних розчинів, що використовуються з цією метою. Показано переваги застосування полімерно-цементних розчинів в якості ремонтних матеріалів.

В статье приведен анализ полимерно-цементных растворов для применения их при строительстве и ремонте зданий и сооружений. Описаны основные свойства известных полимерно-цементных растворов, применяемых с этой целью. Показаны преимущества применения в качестве ремонтных материалов полимерно-цементных растворов.

In the article the analysis of polymer-cement mortars for their application in construction and repair of buildings and structures is presented. The main properties of known polymer-cement mortars used for this purpose are described. The advantages of application of polymer-cement mortars as repair materials are shown.

Введение

Известно, что на железных дорогах Украины более 36 % зданий и сооружений эксплуатируются с просроченными сроками капитального ремонта. Среди этих объектов значительную долю занимают вокзалы и платформы. Следует отметить, что эти объекты наиболее активно эксплуатируются и от эффективного и качественного их ремонта зависит как безопасность пассажиров, так и их психологическое настроение при перемещении по железным дорогам Украины [1].

Поэтому на сегодняшний день актуальными остаются вопросы, связанные с выбором эффективных материалов для ремонта зданий и сооружений, которые обеспечат долговечную эксплуатацию отремонтированных объектов.

Задачи исследования

Для достижения поставленной цели важно проанализировать существующие полимерно-цементные составы и предложить новые или модифицированные, обладающие более высокими физико-механическими показателями для ремонта зданий и служебно-технических сооружений на железных дорогах Украины.

Результаты исследований

Известно, что наибольшее распространение сегодня получили сухие строительные смеси. Как правило, это цементные смеси, модифицированные полимерными добавками, способными к редиспергации, полученные высушиванием специальных водных дисперсий полимеров.

В качестве органических вяжущих, в основном, применяют дисперсные полимерные порошки на основе термопластических полимеров (винилацетат, этилен, винилхлорид, акрилат и т.д.) [2].

У полимерно-цементных растворов процесс полимеризации полимеров происходит или перед гидратацией цемента, или параллельно процессу гидратации. В зарубежной специальной литературе такие составы известны как РСС (Polymer Cement Concrete). В сравнении с обычными растворами, полимерно-цементные растворы являются более стойкими к воздействию динамических сил, способны к преобразованию и рассеиванию энергии, отличаются большими значениями прочности при сжатии, при изгибе, при растяжении, большей адгезией и низкой водонепроницаемостью. Используют такие составы, как правило, для строительства лестниц, дорог, полов, для ремонта та наращивания нового бетона на старый, для устранения трещин, укрепления перекрытий, антикоррозионной защиты [2].

Однако основная масса производителей полимерно-цементных составов представляет зарубежные разработки и их стоимость в 5...10 раз превышает себестоимость материалов. Поэтому разработка отечественных полимерно-цементных растворов, технологий их изготовления и нанесения остается актуальной задачей.

Для изготовления полимерно-цементных растворов на минеральных вяжущих, как правило, вводят полимерные добавки в количестве 2...30 % от массы цемента. Такие растворы называют полимерно-цементными (если их полу-

чают на основе других минеральных вяжущих, например гипсовых, то соответственно они называются полимерно-гипсовыми и т. д.) [3].

Полимер может быть введен в растворную смесь в виде водного раствора. В таком случае количество полимера обычно не превышает 3...5 % от массы цемента. Это объясняется тем, что органические вещества, в том числе и полимеры, растворенные в воде затворения, замедляют гидратацию минеральных вяжущих тем больше, чем больше концентрация органического вещества.

Значительно чаще используют водные дисперсии нерастворимых в воде полимеров, например поливинилацетатную дисперсию (ПВАД), и латексы синтетических каучуков (СК). В виде дисперсий можно ввести 10...20 % полимера (от массы цемента). При таких значительных количествах полимера полимерно-цементные растворы существенно отличаются от растворов на чистых минеральных вяжущих, но при этом нерастворимый в воде полимер не так сильно замедляет гидратацию минерально-вяжущего, как водорастворимый.

При введении полимерных дисперсий в растворную смесь может произойти коагуляция (створаживание) дисперсии, при этом необратимо теряются свойства полимерно-цементного раствора. Для предотвращения этого в большинстве случаев необходимо применять стабилизаторы – поверхностно-активные вещества (например, ОП-7, ОП-10) или некоторые электролиты (напр., жидкое стекло). Хорошо совмещается с минеральным вяжущим без введения дополнительного стабилизатора лишь пластифицированная дисперсия ПВА. В остальных случаях дисперсии необходимо проверять на совместимость с тестом вяжущего. При этом надо учитывать, что избыток водорастворимых стабилизаторов отрицательно влияет на гидратацию минеральных вяжущих.

Полимерно-цементные смеси из-за присутствия поверхностно-активных веществ, как правило, являются хорошими пенообразователями, характеризуются способностью вовлекать воздух в растворную смесь. При этом воздух находится в растворной смеси в виде мельчайших пузырьков и его объем может достигать 30 % от объема раствора.

Полимерные добавки способствуют более равномерному распределению пор в объеме раствора и резкому уменьшению их размеров. Если в обычном цементном растворе встречаются поры размером более 1 мм и наибольшее количество пор имеет размеры 0,2...0,5 мм, то в

полимер-цементном растворе размер пор не превышает 0,5 мм, а размер большинства (90...95 %) пор меньше 0,2 мм.

Растворные смеси с вовлечением воздуха отличаются высокой пластичностью и хорошей удобоукладываемостью при меньшем содержании воды, чем в обычных растворах. Кроме того, многие полимерные добавки обладают пластифицирующим действием. Оба этих фактора (воздухововлечение и пластификация) необходимо учитывать при дозировке воды затворения в полимерно-цементных растворах. Мелкая замкнутая пористость полимерцементных растворов повышает их водопроницаемость и морозостойкость.

Повышенная адгезия полимерно-цементных растворов объясняется тем, что при нанесении раствора на основание полимер концентрируется на границе раздела и служит как бы клеевой прослойкой между основанием и раствором. Адгезия зависит от вида полимера и повышается с увеличением его содержания. Повышенные адгезионные свойства полимерно-цементных связующих проявляются только при твердении в воздушно-сухих условиях. При твердении в воде адгезия не увеличивается даже при высоком содержании полимера из-за растворения в воде стабилизаторов, входящих в состав дисперсии. Кроме того, некоторые полимеры (например, поливинилацетат), набухая в воде, изменяют свои свойства.

Высокие адгезионные свойства полимеров сказываются не только на сцеплении с другими материалами, но и изменяют механические свойства самого раствора. Прослойки полимера, связывая минеральные составляющие раствора, повышают его прочность при растяжении и изгибе. Модуль упругости полимера в 10 раз ниже, чем у цементного раствора, поэтому полимерцементный раствор более деформативен, чем обыкновенный. Так, одни и те же деформации у полимерцементного раствора с добавкой 10...15 % от массы цемента бутадиенстирольного латекса возникают при напряжениях в 2...3 раза более низких, чем у обычного цементного раствора.

Отсюда следует, что при равном значении деформаций усадки скалывающие напряжения в зоне контакта полимерно-цементного раствора с другим материалом (отделяемая поверхность, облицовка) будут в 2...3 раза меньше, чем у обычного цементного раствора. Второе важное следствие уменьшения модуля упругости и повышенной деформативной способности полимерцементных растворов заключается в

повышении их прочности при ударных нагрузках.

Введение в раствор полимера в количествах более 7...10 % от массы цемента вызывает заметное увеличение усадки при твердении. Однако при этом одновременно возрастает и деформативность раствора, поэтому по трещиностойкости полимерно-цементные растворы не уступают обычным, а иногда и превосходят их.

Присутствие полимера в цементном растворе изменяет его влагоотдачу: такие растворы медленнее высыхают, что благоприятно сказывается на твердении цемента.

Полимерно-цементные растворы для устройства покрытий полов характеризуются повышенным сопротивлением истиранию и не образуют пыли при износе. Обычно для таких растворов применяют дисперсию ПВА или бутадиен-стирольные латексы. Добавка латекса в количестве 15...20 % от массы цемента снижает истираемость раствора в 4...5 раз, добавка дисперсии ПВА – примерно в 3 раза. Дальнейшее увеличение добавки полимера мало меняет истираемость и приводит к удорожанию покрытия. Оба полимера незначительно изменяют цвет раствора, что позволяет применять их не только в цветных цементно-песчаных растворах, но и в террасевых, строго соблюдая дозирование всех составляющих.

Не следует применять добавки ПВАД и СКС-65ГП в растворах для полов, подвергающихся действию масла и нефтяных продуктов, а также при влажных условиях эксплуатации (кратковременное действие воды не влияет на свойства полимерных покрытий полов).

Благодаря высоким эксплуатационным качествам полимерно-цементные растворы используют в штукатурных работах. Штукатурки из латексно-цементных составов дают непылящую поверхность покрытия, обладают высокой коррозионной стойкостью. Полимерно-цементные растворы необходимо применять при разделке рустов между панелями перекрытий и выравнивании дефектных мест бетонных стен и перекрытий. Для гипсобетонных поверхностей следует применять гипсополимерные составы.

Для лучшего сцепления поливинилацетатцементных растворов бетонные поверхности предварительно грунтуют 10...7 %-ным раствором ПВАД.

Практика показала эффективность применения полимерцементных стяжек под монолитные полы. В качестве полимерной добавки в них используются водные дисперсии латексов СКС-65ГП, ДВ ХБ-70 и ПВАД.

В отделочных работах широко используют гипсополимерно-цементные растворы на основе гипсоцементно-пуццоланового вяжущего и водных дисперсий полимеров (ПВАД или латексов синтетических каучуков). Такие растворы применяют для наружного и внутреннего оштукатуривания, но наибольший эффект достигается при использовании в декоративных растворах и мастичных составах для отделки фасадов. Используют их также при устройстве выравнивающего слоя под рулонные покрытия для крепления керамических и стеклянных плиток.

В гипсополимерно-цементные растворы вводят: латекса СКС-65ГП – 10...15 %, дисперсии ПВА – 15...20 % от массы цемента. Добавка полимеров в указанных количествах повышает механическую прочность растворов более чем в 2 раза. Добавка ПВАД увеличивает морозостойкость раствора в 6...7 раз, а латекса СКС-65ГП – в 8...9 раз. Полимерные добавки, оказывая пластифицирующее действие, позволяют увеличить степень наполнения растворов при сохранении достаточно высоких физико-механических показателей.

Водовязущее отношение растворов находится в пределах 0,4...0,55 и мастичных составов – 0,8...0,9.

Для отделки фасадов используют следующий состав раствора на гипсополимерно-цементном вяжущем веществе, масса в частях: гипсовое вяжущее – 54...57; портландцемент белый – 35...38; высокоактивная минеральная добавка (белая сажа) – 2...4; стеарат кальция – 0...2; пигменты – 0...5; кварцевый песок – 300...500; водная дисперсия ПВАД или СКС-65ГП (в пересчете на сухое вещество) – 10...20; вода – до требуемой консистенции. В заводских условиях приготавливают смесь сухих компонентов (составляющих ГПЦВ пигментов, гидрофобной добавки) и отдельно раствор водной дисперсии полимера с включением необходимых добавок. На объекте составы приготавливают, тщательно перемешивая сухую смесь с водной дисперсией полимера. Для того, чтобы задержать начало схватывания, в смесь при перемешивании вводят 2 %-ный клеевой замедлитель или фосфат натрия. Такой состав при нормальной температуре годен к употреблению в течение 4...6 ч.

Выводы

Проведенный анализ применения полимерно-цементных растворов позволяет рекомендовать их использование при строительстве и ре-

монте зданий и служебно-технических сооружений на железных дорогах.

Дальнейшие исследования и разработка новых полимерно-цементных материалов позволят существенно снизить стоимость ремонта, а использование в составах вторичных продуктов промышленности Украины позволит решить ряд экологических проблем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пшинько, А. Н. Анализ материалов для восстановления зданий и сооружений на железнодоро-

жном транспорте [Текст] / А. Н., Пшинько, А. В. Краснюк, В. В. Палий // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 16. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007. – С. 101-103.

2. Будівельне матеріалознавство [Текст] : підручник / П. В. Кривенко та ін. – К.: ТОВ УВПК «ЕксОб», 2004. – 704 с.
3. Комар, А. Г. Строительные материалы и изделия [Текст] : учебник / А. Г. Комар. – М.: Высш. шк., 1971. – 560 с.

Поступила в редколлегию 24.02.2009.

А. В. РАДКЕВИЧ, С. О. ЯКОВЛЄВ, О. І. ШАПТАЛА (ДІТ)

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕОБХІДНОСТІ СТВОРЕННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО РЕАГУВАННЯ НА АВАРІЙНІ СИТУАЦІЇ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

У статті розглянуто питання щодо необхідності створення мобільних аварійно-рятувальних підрозділів Державної спеціальної служби транспорту для оперативного застосування в ліквідації наслідків аварій і катастроф з небезпечними вантажами при перевезенні їх залізничним транспортом.

В статье рассмотрены вопросы о необходимости создания мобильных аварийно-спасательных подразделений Государственной специальной службы транспорта для оперативного использования в ликвидации последствий аварий и катастроф с опасными грузами при перевозке их железнодорожным транспортом.

In the article there are considered the issues on necessity of creation of mobile accident-rescue subdivisions of the State Special Service of Transport for their operative use in elimination of aftermaths of accidents and catastrophes with dangerous freights during transportation by railway transport.

Проблема

Щорічно в Україні перевозиться близько 900 млн т вантажів (у тому числі і небезпечних), з них залізничним транспортом близько 60 % (з яких небезпечні вантажі складають понад 15 % від загальної їх кількості). Найбільшу небезпеку становлять аварійні ситуації, що виникають під час перевезення залізничним транспортом небезпечних хімічних та радіоактивних речовин.

Під час аварій на залізничному транспорті за наявності небезпечних вантажів можливе утворення зон хімічного та радіоактивного забруднення, займань та вибухів.

Захист навколишнього середовища і населення від токсичних і радіоактивних речовин – одна із найбільш важливих і трудомістких задач.

Актуальність

Відповідно до ст. 23 Закону України «Про перевезення небезпечних вантажів» ліквідацію наслідків аварій, що виникають під час перевезення небезпечних вантажів, здійснюють підрозділи МНС та суб'єкти перевезення небезпечних вантажів. Для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті застосовуються також і відбудовні потяги, але при великих обсягах руйнувань, пошкоджень комунікацій аварійно-відбудовні потяги обмежені в маневреності та недостатньо мобільні, а підрозділи МНС (в основному із за відсутності

потужної мобільної техніки, недостатніх виробничих можливостей) неспроможні в короткі терміни проводити аварійно-рятувальні та відбудовні роботи.

З метою скорочення термінів аварійно-рятувальних та відбудовних робіт згідно Закону України «Про Державну спеціальну службу транспорту», наказу Міністерства транспорту та зв'язку України від 27 квітня 2001 року № 258 «Про затвердження інструкції з організації відбудовних робіт при ліквідації наслідків транспортних подій на залізницях України» залучаються об'єднані загони (загони) Державної спеціальної служби транспорту (Держспецтрансслужби).

Постановка задачі

Для оперативного реагування на аварійні ситуації, що виникають на залізничному транспорті з небезпечними вантажами, на базі об'єднаних загонів (загонів) доцільне створення оперативних, мобільних підрозділів аварійно-рятувальних робіт.

Виклад основного змісту

Необхідність використання на транспортних комунікаціях, в районах надзвичайних ситуацій оперативних мобільних підрозділів аварійно-рятувальних робіт Держспецтрансслужби обґрунтована:

- наявністю спеціалізованої техніки для відновлювальних робіт;

- професійною підготовкою, наявністю до-свіду особового складу у виконанні відновлю-вальних робіт транспортних мереж;
- високою мобільністю (при належному пе-реозброєнні) та постійною готовністю таких підрозділів до дій в умовах надзвичайних ситу-ацій;
- тісним зв'язком існуючих підрозділів з ор-ганізаціями місцевої влади, МНС та структурними підрозділами «Укрзалізниці».

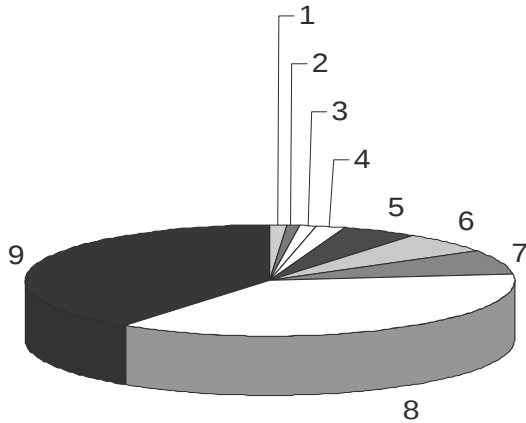


Рис. 1. Структура аварійних ситуацій:

- 1 – аварії з викиданням (загрозою викидання) НХР на інших об'єктах (крім аварій на транспорті) – 1 %;
- 2 – аварії на очисних спорудах – 1 %;
- 3 – аварії у системах нафтогазового промислового комплексу – 1 %;
- 4 – раптове руйнування будівель та споруд – 2 %;
- 5 – аварії на системах життєзабезпечення – 5 %;
- 6 – аварії в електроенергетичних системах – 6 %;
- 7 – наявність у навколишньому середовищі шкідливих (забруднювальних) речовин понад ГДК – 7 %;
- 8 – аварії (катастрофи) на транспорті – 37 %;
- 9 – пожежі, вибухи – 40 %

Пропонується:

- включити організаційно підрозділи аварійно-рятувальних робіт до складу об'єднаних (окремих) загонів Держспецтрансслужби,
- покласти на Адміністрацію Держспецтрансслужби визначення організаційно-штатної структури і дислокації підрозділів;
- комплектування підрозділів аварійно-рятувальних робіт здійснювати на добровільній основі професіоналами (військовослужбовцями за контрактом). Прогнозований рівень професійної підготовки особового складу:

$$K_{nn}(K-1) = f(K_{nnr}(K-1)\lambda), \quad (1)$$

де $K_{nn}(K-1)$ – коефіцієнт укомплектованості рівня $K(K-1)$; $K_{nnr}(K-1)$ – рівень професій-

ної підготовки окремих груп рівня $K(K-1)$;

λ – ваговий коефіцієнт групи рівня $K(K-1)$;

- укомплектованість цих підрозділів повинна складати 100 %. Прогнозований стан укомплектованості протягом операції:

$$K_{ук}(K-1) = f(K_{вт}(K-1)\tau), \quad (2)$$

де $K_{ук}(K-1)$ – коефіцієнт укомплектованості рівня $K(K-1)$; $K_{вт}(K-1)$ – коефіцієнт прогнозованих втрат особового складу рівня $K(K-1)$; τ – час роботи без поповнення.

- при виконанні аварійно рятувальних робіт і в повсякденній діяльності підрозділам аварійно-рятувальних робіт здійснювати свою діяльність в правовому полі згідно з чинним законодавством України;

- підготовку аварійно-рятувальних підрозділів проводити за єдиною програмою навчання рятувальників МНС.

На підрозділи аварійно-рятувальних робіт Держспецтрансслужби покласти наступні функції:

- пошук і рятування людей, які опинилися в зоні аварії; надання першої медичної допомоги;
- визначення небезпечних факторів та додержання особовим складом вимог, правил безпеки під час проведення аварійно-рятувальних робіт;
- ліквідація наслідків аварій з небезпечними вантажами при перевезенні їх залізничним транспортом;
- забезпечення постійної готовності і термінове виконання завдань за призначенням незалежно від рівня складності у транспортних зонах відповідальності об'єднаних (окремих) загонів, а за необхідності і в інших галузях національної економіки України за рішенням Голови Адміністрації Держспецтрансслужби.

Висновок

В ході виконання роботи обґрунтована необхідність створення і використання на транспортних комунікаціях, в районах надзвичайних ситуацій оперативних мобільних підрозділів аварійно-рятувальних робіт Держспецтрансслужби, визначена організаційно штатна структура, порядок комплектування підрозділів аварійно-рятувальних робіт, їх дислокація, програма підготовки, функціональні обов'язки, правові норми і аспекти питань соціального захисту, закріплені зони відповідальності підрозділів. Уточнені задачі оптимального розпо-

ділу сил і засобів підрозділів аварійно-рятувальних робіт Держспецтрансслужби по об'єктах і комунікаціях національної транспортної системи.

Практичне значення одержаних результатів полягає в наданні пропозицій Міністерству транспорту та зв'язку України, Голові Адміністрації Держспецтрансслужби щодо створення і застосування мобільних підрозділів аварійно-рятувальних робіт Держспецтрансслужби для ліквідації наслідків аварій і катастроф з небезпечними вантажами на транспорті, удосконалення нормативної і законодавчої бази по застосуванню вказаних підрозділів. Результати досліджень знайдуть впровадження при виконанні другого етапу «Програми формування і розвитку Державної спеціальної служби транспорту».

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Закон України від 05.02.2004 р. № 1449-IV «Про Державну спеціальну службу транспорту» [Текст].
2. Указ Президента України від 21.11.2003 р. № 1328 «Про вдосконалення управління у сфері запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру» [Текст].
3. Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 27.04.2001 р. № 258 «Про затвердження інструкції з організації відбудовних робіт при ліквідації наслідків транспортних подій на залізницях України» [Текст].
4. Програма формування та розвитку Державної спеціальної служби транспорту до 2015 року [Текст].
5. Мальков, М. І. Державна спеціальна служба транспорту – складова частина Воєнної організації Держави [Текст] / М. І. Мальков // Наука і оборона. – 2004. – № 4.

Надійшла до редколегії 19.03.2009.

ВІДНОВЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЙ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

У статті визначені основні групи факторів, що чинять негативний вплив на стійкість структури бетону транспортних споруд й знижують їх довговічність. Сюди відносяться деструкція основних конструкційних матеріалів, екстремальні навантаження та впливи на конструкції споруди, а також експлуатаційні порушення. У реальних умовах ці фактори перебувають у складній взаємодії, що характеризується випадковістю й невизначеністю. При цьому взаємодія одних факторів може призвести до різкого загострення впливу інших факторів. Розроблена технологія бетону, призначеного для ремонтно-відновлювальних робіт на транспортних спорудах, дозволяє нівелювати вплив визначених груп факторів на експлуатаційні властивості конструкцій.

В статье определены основные группы факторов, оказывающих отрицательное влияние на стойкость структуры бетона транспортных сооружений и снижающих их долговечность. Сюда относятся деструкция основных конструкционных материалов, экстремальные нагрузки и влияние на конструкции сооружения, а также эксплуатационные нарушения. В реальных условиях эти факторы находятся в сложном взаимодействии, которое носит случайный и неопределенный характер. При этом взаимодействие одних факторов может привести к существенному усилению влияния других факторов. Разработанная технология бетона, предназначенного для ремонтно-восстановительных работ на транспортных сооружениях, позволяет нивелировать влияние определенных групп факторов на эксплуатационные свойства конструкций.

The basic groups of factors affecting negatively the of concrete structure in transport structures and decreasing their longevity are determined in the article. They are the destruction of basic construction materials, the extreme loadings and influence on constructions of the structures, as well as operational violations. In real conditions these factors are in interaction, which is casual and indefinite in character. In this context the interaction of some factors can result in substantial strengthening of influence of other factors. The developed technology of concrete aimed at repair-restoration works on transport structures allows leveling the influence of certain groups of factors on operational properties of constructions.

Розширення вимог, що висуваються до матеріалів для відновлення експлуатаційних характеристик транспортних споруд з урахуванням зростаючих динамічних навантажень на конструкції, призводить до того, що, незважаючи на різноманіття композицій, які застосовуються для ремонтних робіт, ускладнюється вибір таких матеріалів, що повністю задовольнятимуть необхідному комплексу властивостей. З цієї причини виникає необхідність створення бетонів із заданими технологічними, конструкційними й іншими властивостями. Такі завдання не можуть бути вирішені в повному обсязі за рахунок синтезу нових видів модифікаторів, тому що це пов'язано зі значними витратами. У зв'язку з цим виникає необхідність пошуку економічних шляхів оптимізації властивостей бетонів.

Одним з таких шляхів є розробка бетонів з заданими експлуатаційними властивостями з використанням наявних загальнодоступних сполук, модифікаторів, наповнювачів за рахунок оптимізації їх складів.

Актуальність проведених досліджень полягає у розробці технології бетону, призначеного для ремонтно-відновлювальних робіт для масивних та таких, що експлуатуватимуться в умовах дії агресивного середовища, споруд.

Підвищення експлуатаційних характеристик бетону забезпечується застосуванням фізико-хімічної активації в'язучої речовини, що дозволяє істотно заощаджувати енергоресурси і найдорожчий компонент бетону – цемент – за рахунок збільшення його в'язучого потенціалу з наступною оптимізацією з комплексу заданих критеріїв: економічності, мінімальних термінів перекриття руху по споруді, що ремонтується, забезпеченню заданого рівня несучої здатності споруди для пропуску великовантажного рухомого складу.

При відновленні й ремонті транспортних споруд основна увага приділяється способу нанесення бетонної суміші або цементного розчину, який виключає істотну зміну їхнього складу і забезпечує комплекс заданих властивостей ремонтного шару. Реалізація цього принципу значною мірою досягається належ-

ним проектуванням складу бетону і розчину з урахуванням специфічних вимог, які висуваються до таких сумішей: підвищена міцність, висока водонепроникність, однорідність, стійкість в агресивних середовищах, надійне зчеплення нового бетону зі старим, висока зв'язність бетонної суміші при підвищеній рухливості (пластичності), нерозшаровуваність, повільне тужавіння, але швидке тверднення. Основною вимогою до технології ремонту та відновлення несучої здатності елементів транспортних споруд є організація безперервного провадження робіт зі скороченням їхньої тривалості.

Забезпечення стійкості опор мостів, оброблення тунелів і інших транспортних споруд є найважливішою умовою ефективної й безпечної експлуатації. Причини утворення деформацій у конструкціях можуть полягати в наявності поверхонь ослаблення, що викликається фільтраційною нестійкістю матеріалу конструкцій [1]. Виникаючі деформації звичайно пов'язані з обводненими ділянками, тому усунення обводненості створює передумови для підвищення стійкості штучних транспортних споруд. Однак протифільтраційне зміцнення ґрунтів, у яких розташовуються елементи транспортних споруд, не знайшло поширення через високу вартість робіт, складність визначення зон ослаблення й недосконалу технологію. Недосконалість технології полягає також у неможливості використання для таких робіт звичайних цементних розчинів, оскільки останні не мають високого ступеня протифільтраційного захисту. Тому улаштування водонепроникних екранів розглядається як одна зі складових частин комплексу робіт зі збільшення терміну служби транспортних і гідротехнічних споруд, заглиблених у водонасичені ґрунти.

У цьому зв'язку очевидно, що слід розглядати споруди, які підлягають відновленню, як єдину систему, що містить взаємозалежні конструктивні елементи. При цьому виявлення причинно-наслідкових зв'язків між впливами експлуатаційного середовища й видами руйнувань, а також вирішення наведених вище завдань розглядаються на трьох рівнях: перший – окремий елемент; другий – окрема конструкція, тобто сукупність окремих елементів, здатних до єдиного сприйняття функціонального навантаження, наприклад, опора мосту, оброблення тунелю; третій – функціональний об'єкт, сукупність конструктивних елементів, об'єднаних в єдину структуру, що визначає форму й функціональне призначення всієї споруди [2].

Просторові відносини елементів виділених рівнів системи визначають структуру об'єкта. Довговічність споруди спеціального призначення багато в чому визначається цілісністю її структури, що зберігається й функціонує до певного рівня впливу різних факторів зовнішнього середовища, що не перевищує деякого критичного значення. При перевищенні такого рівня відбувається адаптація структури споруди до умов зовнішнього середовища, що змінилися. При цьому первісна цілісна структура за рахунок перерозподілу виникаючих напружень в елементах споруди переходить за правилом слабкої ланки у нову дискретну структуру. Для споруд, основними структурними елементами яких є бетонні й залізобетонні конструкції, процес такої трансформації пов'язаний з порушенням суцільності (монолітності) бетону. У всіх випадках трансформація структури споруди є першопричиною або наслідком змін, що відбуваються на різних її рівнях [3].

У результаті аналізу причинно-наслідкових зв'язків змін структури споруд встановлена можливість виділення трьох основних груп факторів, що чинять негативний вплив на стійкість структури споруди й знижують її довговічність. Сюди відносяться деструкція основних конструкційних матеріалів, екстремальні навантаження й впливи на конструкції споруди, а також експлуатаційні порушення. У реальних умовах ці фактори перебувають у складній взаємодії, що характеризується випадковістю й невизначеністю. При цьому взаємодія одних факторів може привести до різкого загострення впливу інших факторів.

При дії факторів першої групи процес трансформації структури споруди й втрати її працездатності походить від першого рівня структури до третього. При цьому первісні зміни структури споруди пов'язані зі зміною фізичних властивостей бетону й обумовлені корозійними процесами, що відбуваються в матеріалі при різних видах фізичних, хімічних і біологічних впливів [4].

Зміни, що відбуваються на першому рівні й пов'язані з деструкцією конструкційного матеріалу, приводять до виникнення неприпустимих напружень у конструкціях споруди (другий рівень), а потім до порушення цілісності структури всієї споруди (третьій рівень) за рахунок появи тріщин і руйнування окремих елементів або втрати системоутворюючих зв'язків між окремими елементами й конструкціями з виключенням їх із загальної структури споруди. Такий процес пошкодження бетону й залізобе-

тону носить, як правило, тривалий характер і може бути зупинений проведенням заходів щодо консервації матеріалу від руйнуючих факторів.

Інший вид трансформації цілісної структури споруди в дискретну визначається другою групою факторів – екстремальними впливами й навантаженнями на конструкції споруди. Цей процес характеризується раптовою зміною умов середовища й може бути викликаний фізичними явищами – осіданням ґрунту, виходом ґрунтових вод на поверхню, механічними ударами. У цьому випадку пошкодження й деформації з'являються на другому рівні структури споруди – у конструкціях і елементах жорсткості – і одночасно призводять до втрати суцільності бетону (перший рівень) і цілісності структури всієї споруди (третій рівень). Такі зміни структури споруди сприяють доступу агресивного середовища усередину структури матеріалу, що визначає подальші зміни в структурі споруди за першим видом трансформації.

Третя група факторів, що негативно впливають на довговічність конструкційного матеріалу й провокують пошкодження структури споруди відразу за двома видами трансформації, пов'язана з порушеннями режимів експлуатації. При цьому відбувається руйнування основних несучих елементів споруди й знижується стійкість їх до різного роду силових впливів [5].

У результаті систематизації й статистичного аналізу визначені п'ять основних видів порушення суцільності бетону штучних транспортних споруд: одиночні тріщини; розвинені тріщини, що перетинаються; численні розвинені сітчасті тріщини; зминання, руйнування й викрашування бетону; оголення арматури з руйнуванням бетону.

Як витікає з проведеного аналізу, довговічність транспортних споруд залежить від ряду факторів, характер яких обумовлений звичайним або передчасним зношуванням, а також зниженням несучої здатності елементів споруди, пов'язаним з порушеннями умов експлуатації й проявами екстремальних силових впливів. У результаті дії й взаємного впливу цих факторів відбувається адаптація споруди до нових умов за рахунок трансформації цілісної твердої структури у дискретну, менш жорстку. Така трансформація може відбуватися за рахунок руйнування загальних системоутворюючих зв'язків і елементів або ж внаслідок порушення суцільності основних конструкційних матеріалів.

Деформації елементів споруд, що призводять до порушення їхньої стійкості, викликаються наступними причинами [6]: гідростатичним тиском води, що створюється внаслідок низького коефіцієнта фільтрації ґрунтів; підвищеною кількістю атмосферних опадів і витоків побутових і технічних стоків, що викликають підйом рівня підземних вод; незадовільним станом дренажної системи; незначним зчепленням по контактах між шарами ґрунту, що взаємозалежно з виносом піщаних і пилуватих часток (суфозією); тривалим застоєм води, здатної інфільтруватись; збільшенням динамічних навантажень при проходженні транспортних засобів і роботі механізмів; наявністю ослаблених ділянок у масиві споруди.

Найчастіше експлуатація транспортних споруд здійснюється в умовах корозійного впливу навколишнього середовища, тому проведено дослідження корозійної стійкості шару нового бетону на активованій в'язучій речовині. Визначався вплив різних агресивних середовищ на бетон. Зразки-балочки розмірами 4x4x16 см витримувались у дніпровській воді, а також у розчині з концентрацією сульфатів 10 г/л. Зразки формувались в один шар.

Встановлено, що цементна матриця нанесеного ремонтного шару бетону на активованій в'язучій речовині як повністю зануреного у воду, так і при змінному рівні води, представлений наступними гідратними новоутвореннями: CSH(B) з дифракційними максимумами 3,02; 2,80; $1,81 \cdot 10^{-10}$ м; тоберморитоподібними з дифракційними максимумами 3,52; 3,33; 3,02; 2,83; 2,50; 2,42; 2,27; 2,25; 2,14; 2,07; 2,00; 1,84; $1,67$; $1,62 \cdot 10^{-10}$ м; ксонотлітом з дифракційними максимумами 7,02; 4,30; 3,62; 3,25; 2,83; 2,70; 2,50; 2,36; 2,25; 2,04; 1,95; $1,84$; $1,70 \cdot 10^{-10}$ м; C₂SH(C) з дифракційними максимумами 5,42; 3,80; 3,02; 2,79; 2,70; 2,56; 2,50; 1,91; $1,81 \cdot 10^{-10}$ м; C₂SH(B) з дифракційними максимумами 4,87; 4,09; 3,55; 3,02; 2,83; 2,79; 2,40; 2,27; 2,07; 1,97; 1,87; 1,81; $1,77 \cdot 10^{-10}$ м; гідрогранатами з дифракційними максимумами 5,20; 4,50; 3,36; 2,29; 2,04; 1,73; 1,71; $1,67$; $1,59 \cdot 10^{-10}$ м.

Дифрактограми зразків бетону на активованій в'язучій речовині в різному віці, повністю занурених у дніпровську воду, у віці 28 діб і більше демонструють істотне зменшення дифракційних максимумів вихідних клінкерних мінералів. Відзначено інтенсифікацію ліній низькоосновних гідросилікатів кальцію.

На термограмах зразків бетону на активованій в'язучій речовині ендоефект при темпера-

турах 137 і 538 °С свідчить про наявність C_2SH_2 . Ендоефект при температурі 250 °С відповідає дисоціації тоберморитоподібних новоутворень, а при температурі 481 °С – розкладанню гідрогранатів. При температурі 538 °С спостерігається дегідратація $C_2SH(B)$, а при температурі 543 °С – $C_2SH(C)$ і C_2SH_2 . Ендоефект із максимумом 820 °С відповідає дисоціації ксеноліту. Екзоефекти $CSH(B)$ незначні й перебиваються ендоефектами інших гідросилікатів кальцію.

В активованій цементній матриці бетону із часом зростає кількість низькоосновних гідросилікатних фаз, спостерігається перекристалізація гідрогранатів у низькоосновні гідросилікати кальцію. У новоутвореннях цементної матриці бетону на активованій в'язучій речовині вміст вільного гідроксиду кальцію не перевищує 3...4 %, що є необхідною умовою для одержання корозійностійкого матеріалу.

Проведено дослідження стійкості бетонних зразків при витримуванні в сульфатному середовищі з концентрацією SO_4^{2-} 10 г/л. Визначалися зміна міцності при стиску зразків різної тривалості витримування в агресивному середовищі, а також вміст у них сульфатів. При цьому визначався фазовий склад продуктів гідратації.

При витримуванні зразків звичайного бетону в сульфатному середовищі спостерігається зниження міцності при стиску на 12...23 % залежно від тривалості витримування й марки використовуваного портландцементу. Починаючи з 38 діб для зразків на портландцементі М 400, а з 52 діб – на портландцементі М 500 на поверхні спостерігалася тріщиноутворення, змінювався колір зразків у зоні сильної сульфатизації. При проведенні хімічного аналізу в зразках звичайного бетону відзначений високий вміст сульфатів, що вказує на інтенсивне протікання сульфатної корозії. Вміст сульфатів у бетоні на активованій в'язучій речовині в 1,4...2,3 рази нижчий. Це обумовлює підвищену стійкість бетону на активованій в'язучій речовині в умовах сульфатної агресії.

Випробування зразків бетону, що зберігалися в концентрованому розчині сульфату натрію, показали наступні результати. У початковий період (90...180 діб) у зразках звичайного бето-

ну спостерігалася інтенсивне підвищення модуля пружності. Після 180 діб зазначені характеристики стали змінюватися, тобто почався період деструктивних явищ у бетоні за рахунок кристалізації гідросульфаталюмінату кальцію. Деструктивні явища в цей період в бетоні на активованій в'язучій речовині не спостерігалися.

Висновки

1. Встановлено, що при відновленні конструкцій бетоном на активованій в'язучій речовині у зоні контакту ремонтного шару бетону спостерігається зменшення кількості гідроксиду кальцію, що обумовлено зв'язуванням його іонами SiO_4^{4-} , які перебувають у рідкій фазі активованої цементної системи, що підтвердилося при проведенні мікроскопічного аналізу, при якому встановлена наявність гелевидної гідросилікатної маси.

2. Коефіцієнт сульфатостійкості розробленого бетону $K_c = 0,91...0,93$. Стабілізація міцності бетону на активованій в'язучій речовині в часі свідчить про перевагу конструктивних процесів над деструктивними.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Батраков, В. Г. Комплексные модификаторы свойств бетона [Текст] / В. Г. Батраков // Бетон и железобетон. – 1997. – № 7. – С. 5-7.
2. Ахвердов, И. Н. Основы физики бетона [Текст] / И. Н. Ахвердов. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.
3. Воробьев, В. А. Применение физико-математических методов исследования свойств бетона [Текст] / В. А. Воробьев, В. К. Кивран, В. П. Корякин. – М.: Высш. шк., 1987. – 212 с.
4. Масатэру, Т. Сверхпрочный бетон [Текст] / Т. Масатэру // Цемент Конкурент. – 1976. – № 355. – С. 53-59 / Перевод ЦНИИС № 28737. – М., 1979.
5. Bernsted, J. Further Aspect of Setting of Portland Cement [Текст] / J. Bernsted // Silicat ind. – 1983. – V. 48, No. 9. – P. 167-170.
6. Миронов, С. А. Теория и методы зимнего бетонирования [Текст] / С. А. Миронов. – М.: Стройиздат, 1975. – 700 с.

Надійшла до редколегії 25.03.2009.

ОСНОВИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПІДХОДУ ДО АНАЛІЗУ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СИСТЕМИ «КРІПЛЕННЯ – МАСИВ»

В статті наведені теоретичні побудови і практичні положення енергетичного підходу до аналізу напружено-деформованого стану системи «кріплення – масив».

В статье приведены теоретические построения и практические положения энергетического подхода к анализу напряженно-деформированного состояния системы «крепление – массив».

In the article the theoretical constructions and practical statements of energetic approach to the strained-and-stressed state analysis for a system «support – massif» are presented.

З досліджень у області термодинаміки рівноважних і нерівноважних систем [1 – 3] відомо, що поняття енергетичного підходу дуже часто співпадає з термодинамічним підходом, причому підходи іноді ототожнюються. У даній роботі енергетичний і термодинамічний підходи вважаються відмінними один від одного, що виходить з об'єкту, до якого вони прикладаються.

Так, в термодинамічному підході об'єктом є тепло і його зміни, в енергетичному – енергія і її перетворення. Таким чином, в авторському розумінні енергетичного підходу вплив тепла на параметри системи виключається. Дане зауваження слід аргументувати тим, що в системі «підземна споруда – оточуючий масив» тепло має до напружено-деформованого стану (НДС) опосередковане відношення [4, 5] і впливає на нього незначно [4, 6]. Для повноти картини слід зазначити, що термодинамічний підхід одинично застосовувався для процесу деформації ґрунтів [4, 6, 7], але результати цих досліджень не були впроваджені в практику, оскільки дослідження термодинамічних параметрів системи дуже неоднозначне і вимагає розвинутого математичного апарату.

Також слід зазначити, що останнім часом достатньо широко застосовується синергетичний підхід [1, 8, 9], який претендує на загальність його застосування до систем різного типу – від механічних до біологічних і соціальних. Дійсно, синергетичний підхід, заснований на положеннях термодинаміки нерівноважних процесів, проявив себе при дослідженні процесів самоорганізації [1, 9], і багато процесів можуть бути описані за допомогою його концептуального апарату (теорія флуктуацій – біфуркацій, теорія нерівноважних систем Пригожина, нерівноважна динаміка тощо).

Значущість синергетичний підхід отримав у описі нерівноважних нестационарних процесів, тобто процесів з параметрами, що змінюються в часі. Так, реологічні процеси можна характеризувати як нерівноважні і досліджувати за допомогою синергетики, але характер таких досліджень часто є описовим, оскільки її математичний апарат, претендуючи на універсальність, недостатньо розвинений. У подальших теоретичних побудовах, присвячених деформації глинистих ґрунтів, автор користуватиметься термінологією і концепціями синергетики, розуміючи, що вони зручно описують деякі тимчасові процеси.

У енергетичному, втім, як і термодинамічному підході, але з поправкою на відсутність тепла деформація ґрунтів, елементів конструкції і сумісні деформації в системі «кріплення – масив» розглядаються як зміна об'єму і форми під дією зовнішніх сил.

Під енергетичним підходом в даній роботі розумітимемо сукупність прийомів оперування енергією системи, зокрема енергією деформації, як найважливішим її параметром. Під прийомами оперування енергією системи слід розуміти набір операцій над енергією, таких як її чисельне визначення, порівняння з деякими критеріями, перерозподіл в процесі зміни параметрів системи і так далі. Таким чином, застосування енергетичного підходу є оперування з енергією системи або її частин.

Зміна об'єму і форми (об'ємна деформація і деформація формозміни) є узагальненими координатами, зовнішні сили (тензор напружень) – узагальненими потенціалами.

Відповідно фундаментальне рівняння енергії в загальному випадку деформації (рівняння Гіббса) записується в наступному вигляді, який є класичним рівнянням термодинаміки:

$$dU = \sigma_{ij} \varepsilon_{ij}, \quad (1)$$

де dU – питома внутрішня енергія ґрунту (віднесена до одиниці об'єму); σ_{ij} і ε_{ij} – тензори напружень і деформацій відповідно.

На відміну від термодинамічного підходу рівняння Гіббса записане тільки для процесу деформації, вираз для питомої вільної енергії F і питомої енергії Гіббса G записується так [7]:

$$dF = \sigma_{ij} d\varepsilon_{ij}; \quad (2)$$

$$dG = -\varepsilon_{ij} d\sigma_{ij}, \quad (3)$$

звідки компоненти тензора напружень і деформацій будуть рівні:

$$\sigma_{ij} = \left(\frac{\partial U}{\partial \varepsilon_{ij}} \right); \varepsilon_{ij} = \left(-\frac{\partial G}{\partial \sigma_{ij}} \right). \quad (4)$$

Надалі в термодинамічному підході відбувається оперування з характеристичними величинами U , F і G як функціями від тензора σ_{ij} або ε_{ij} . У авторському розумінні енергетичного підходу досить операції з питомою внутрішньою енергією U , яка є універсальним параметром системи, яка деформується.

Останній вислів вимагає серйозного обґрунтування за допомогою системи доказів, причому дана система повинна базуватися на теоретичних і практичних визначеннях НДС і міцності системи.

Найзагальнішою наукою, яка визначає НДС, є механіка твердого тіла, що деформується, або механіка суцільного середовища, оскільки основною концепцією першої є те, що тіло є суцільним середовищем. Основними поняттями механіки суцільного середовища є «напруження» і «деформація», які є відносними характеристиками сили і переміщення. Питома енергія, у свою чергу, є множенням тензорів напружень і деформацій, сполучаючи в собі ці два поняття. Відповідно, робота з одним параметром (U) багато простіше, ніж з двома (σ_{ij} і ε_{ij}), хоча і вимагає відшукування і перемножування останніх. Таким чином, питома енергія U є надбудовою над напруженим і деформованим станом, включаючи їх.

Але визначення НДС не є самоціллю дослідження системи, що деформується, оскільки інформація про неї ще не має статусу, не систематизована і не зв'язана з деяким критерієм, який додає інформації про НДС деяке значення.

Цим критерієм є міцність. Розроблені основи визначення НДС системи вже не викликають ніяких сумнівів, оскільки ґрунтуються на перевіреному практикою фізико-математичному апараті, але саме в процесі визначення міцності, тобто порівняння тензорів σ_{ij} і ε_{ij} з критерієм міцності $[\sigma]$ або $[\varepsilon]$, починаються труднощі, пов'язані з вибором цього критерію.

Не розглядаючи природу визначення міцності детально, слід зазначити однобічність критерію міцності, вибраного або по напруженнях, або по деформаціях, що відображене в більшості ключових робіт в цій області [11 – 14]. Найбільш детально суть критеріїв міцності, також званих теоріями або гіпотезами міцності, розглянута в репрезентативній оглядовій роботі [12], в якій приведена їх класифікація. Детальний розгляд критеріїв міцності, починаючи з їх утворення (перша теорія міцності Галілея) і до сьогоднішніх днів, застосування критеріїв, що базуються тільки на напруженнях або тільки на деформаціях, може вважатися одностороннім, оскільки причиною руйнування є і перші, і другі. Причому, побічно цей факт доводиться нерозривним взаємозв'язком напружень і деформацій (через модуль пружності в узагальненому законі Гука). Найважливішим концептуальним проривом у визначенні міцності є пропозиція Бельтрамі, яка полягала у визначенні енергії деформації, віднесеної до одиниці об'єму. Пропозиція Бельтрамі, вдосконалена Т. Губером і Р. Генки (визначення не всієї енергії деформації, а тільки енергії формозміни) лягло в основу четвертої теорії міцності (енергетичної), яка, втім, в остаточному вигляді формулювалася у вигляді напружень, оскільки знайти критерій міцності по деформаціях для різних матеріалів виявилось складним.

Дослідження енергії в різних варіаціях пропозиції Бельтрамі (енергія формозміни Губера–Генки, енергія формозміни з урахуванням дисипації Рейнера, густина внутрішньої енергії Федорова) є основою енергетичного підходу, використовуваного надалі автором, важливість застосування якого доводиться не тільки теоретичними побудовами, запропонованими вище, але і практикою застосування.

Але практика дослідження міцності будівельних конструкцій, відображена в СНіП і ДБН, не спирається на позиції механіки суцільного середовища. Це виражається у тому, що практичні розрахунки міцності оперують не НДС, а зусиллями і переміщеннями. Розрахунок міцності залізобетонних конструкцій, зокрема, за-

снований на оперуванні моментами і нормальними силами, співвідношення яких порівнюється із значеннями міцності матеріалів. Причиною цього з'явилося те, що практична розрахункова діяльність, спираючись на методи будівельної механіки і опору матеріалів, використовувала стрижньові моделі, невідомими розрахунку яких були моменти і нормальні сили.

Поза сумнівом, для перевірочних розрахунків простих конструкцій розрахунків такого роду достатньо, але для детальних досліджень складних систем їх не вистачає. Таким чином, парадоксальний розрив між теорією і практикою можна виключити, скориставшись положеннями енергетичного підходу.

Висловивши докази в захист енергетичного підходу, слід продовжити його теоретичні побудови. Як вже було сказано, на відміну від термодинамічного, в енергетичному підході система бере участь в ізотермічному процесі деформації, тобто зміна вільної енергії тотожно рівна роботі в процесі деформації ($A = -\Delta F$), то можна записати роботу як

$$A = -\Delta F = -\int_0^{\varepsilon_{ij}} \sigma_{ij} \varepsilon_{ij} . \quad (5)$$

Розділяючи роботу по деформації об'єму A_0 і форми A_ϕ , можна записати

$$A_0 = -\int_0^{\varepsilon_0} \sigma_0 \varepsilon_0 = -\Delta F_0 ; \quad (6)$$

$$A_\phi = -\int_0^{\gamma_\phi} \tau_\phi \gamma_\phi = -\Delta F_\phi , \quad (7)$$

де σ_0 – середнє нормальне напруження; ε_0 – середня нормальна деформація; τ_ϕ – середнє дотичне напруження; γ_ϕ – середня дотична деформація.

Декілька складніше виглядають залежності для питомої енергії і роботи у разі пружно-пластичної деформації. Відомо, що при пружно-пластичній деформації $\delta \varepsilon_{ij} = \delta \varepsilon_{ij}^e + \delta \varepsilon_{ij}^p$, де $\delta \varepsilon_{ij}^e$ і $\delta \varepsilon_{ij}^p$ – відповідно незалишкова (пружна) і залишкова (пластична) компоненти загальної деформації, відповідно

$$\delta A = \sum \sigma_{ij} \varepsilon_{ij} = \sum \sigma_{ij} (\delta \varepsilon_{ij}^e + \delta \varepsilon_{ij}^p) . \quad (8)$$

Відомо, що у разі необоротних рівноважних процесів, тобто не залежних від часу, до яких

відноситься випадок пластичної деформації, частина питомої енергії розсіюється (енергія дисипації), трансформуючись в тепло, тобто $dU = A + Q$, де Q – енергія дисипації (розсіяння).

Остаточно рівняння для енергії дисипації записується в наступному вигляді:

$$\delta Q = dU - \delta A = \left(\frac{\partial U}{\partial \varepsilon_{ij}^e} - \sigma_{ij} \right) \delta \varepsilon_{ij}^e + \left(\frac{\partial U}{\partial \varepsilon_{ij}^p} - \sigma_{ij} \right) \delta \varepsilon_{ij}^p + \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right) \delta T . \quad (9)$$

Таким чином, роботу дисипації A^p (роботу при пластичній деформації $\delta A^p = \sum \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij}^p$) при пружно-пластичному деформуванні можна визначити як різницю

$$A^p = A - A^e = \int_0^{\varepsilon_{ij}} \sigma_{ij} d\varepsilon_{ij} - \int_0^{\varepsilon_{ij}^p} \sigma_{ij} d\varepsilon_{ij}^e . \quad (10)$$

Як видно, в представленому рівнянні не беруть участь такі важливі термодинамічні характеристики, як температура і ентропія. Прагнення прибрати ці характеристики з рівнянь енергетичного підходу пов'язане не тільки з тим, що температура не має чільної ролі в рівнянні стану і в процесі деформації, але також і з тим, що участь в рівнянні ентропії значно ускладнює їх.

Це пов'язано з тим, що рівняння одержує не цілком ясне фізичне значення, а ентропія є складно вимірюваною величиною, що також відмічене при детальному аналізі ентропійного критерію міцності [12].

Наочніше проілюструвати операції із знаходження енергії (роботи) можна за допомогою діаграм деформації матеріалів (рис. 1, 2).

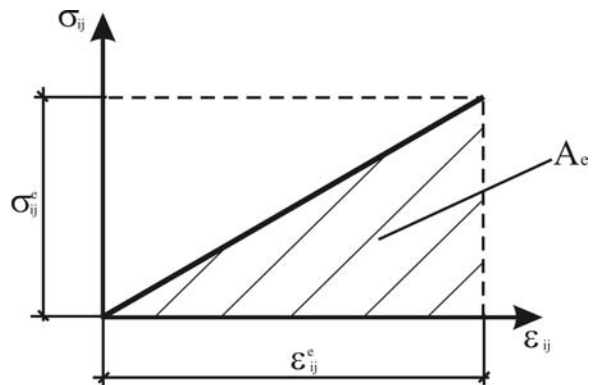


Рис. 1. Діаграма деформування пружного матеріалу із зазначенням роботи деформування

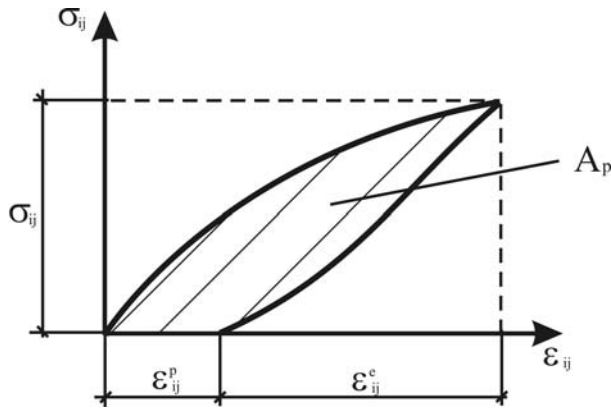


Рис. 2. Діаграма деформування пружно-пластичного матеріалу із зазначенням роботи деформування в пластичній області (енергія дисипації)

З представлених діаграм видно, що питому внутрішню енергію, яка розраховується за формулою (1), можна відобразити геометрично (заштрихована область на рис. 1 – питома робота пружної деформації, на рис. 2 – питома робота пластичної деформації або робота дисипації).

Надалі, остаточно прийнявши процес деформації ізотермічним, терміни «робота» і «енергія» вважаємо тотожними.

Невеликим недоліком діаграми пружно-пластичного деформування (рис. 1) є її отримання тільки після циклу «завантаження – розвантаження», що дозволяє, користуючись принципом суперпозиції деформацій, розділити їх. Недолік легко виправляється шляхом простих математичних операцій по інтегруванню кривої «напруження – деформація» (рис. 3).

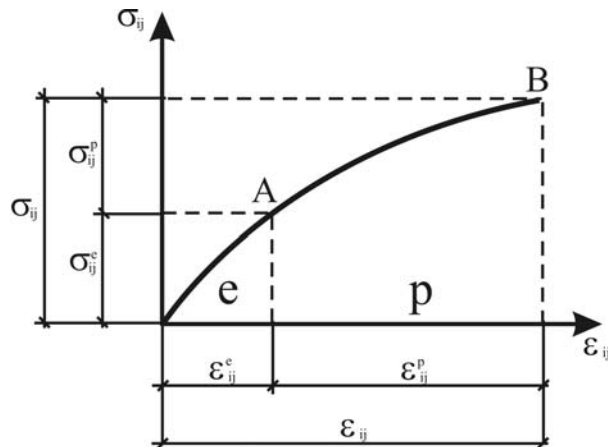


Рис. 3. Типова діаграма деформації глинистого ґрунту (графік Герсегова)

Таким чином, знаючи перехід з пружного в пластичну деформацію в точці A (використавши який-небудь із законів течії) і розділяючи вид деформації без розвантаження, можна за-

писати, виходячи з геометричних параметрів діаграми

$$U = \int_0^{\epsilon_{ij}} \sigma_{ij} d\epsilon_{ij} = \int_0^{\epsilon_{ij}^e} \sigma_{ij} d\epsilon_{ij}^e + \int_{\epsilon_{ij}^e}^{\epsilon_{ij}^p} \sigma_{ij} d\epsilon_{ij}^p, \quad (11)$$

або спрощено

$$U = \frac{1}{2} \sigma_{ij} \epsilon_{ij}^e + \frac{1}{2} (\sigma_{ij}^e + \sigma_{ij}^p) \epsilon_{ij}^p. \quad (11')$$

Таким чином, представлені теоретичні побудови, що відносяться до енергетичного підходу, доводять те, що енергія є інтегральною характеристикою НДС як споруди, так і масиву. І в той же час енергія є критерієм міцності, по якому можна визначити загальний стан системи.

Стисло основне положення енергетичного підходу можна записати у вигляді

$$U_{\text{НДС}} \leq [U], \quad (12)$$

де $U_{\text{НДС}}$ – енергія, знайдена з розрахунку НДС системи; $[U]$ – розрахункова енергія матеріалу, при перевищенні значення якої відбувається його руйнування.

Таким чином, представлене рівняння є як інтегральним визначенням НДС системи, так і перевіркою її за критерієм міцності.

З'ясувавши закономірності енергії у випадку пружно-пластичної деформації, для повноти картини загальної поведінки глинистого ґрунту слід вивести рівняння енергії у випадку реологічних явищ, зокрема, повзучості. Таким чином, одержані рівняння можна застосовувати для оперування значеннями енергії, що властиво енергетичному підходу.

Запишемо загальну енергію деформації, дотримуючи принцип суперпозиції деформацій:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{общ}} &= \mathcal{E}_e + \mathcal{E}_p + \mathcal{E}_v = \\ &= \int_0^{\epsilon_e} \sigma_e \epsilon_e d\epsilon + \int_{\epsilon_e}^{\epsilon_p} \sigma_p \epsilon_p d\epsilon + \int_0^{\epsilon_v} \sigma_v \epsilon_v d\epsilon. \end{aligned} \quad (13)$$

Перші два члени рівняння (13) вже теоретично обґрунтовані і практично реалізовані вище. Слід таким же чином практично вирішити тре-

тю частину рівняння $\mathcal{E}_v = \int_0^{\epsilon_v} \sigma_v \epsilon_v d\epsilon$.

Відомо, що деформації, пов'язані з в'язкою компонентою деформування, залежать від часу.

Застосовуючи принцип суперпозиції деформацій, достатньо легко розділити всі три види

деформацій, викликані різними причинами. Розглядаючи процес повзучості або релаксації, найпростіше одержати кінцеву енергію руйнування, математично рівну множення постійного напруження на деформацію в момент руйнування (рис. 4):

$$\mathcal{E}_{\text{общ}} = \sigma \varepsilon_v. \quad (14)$$

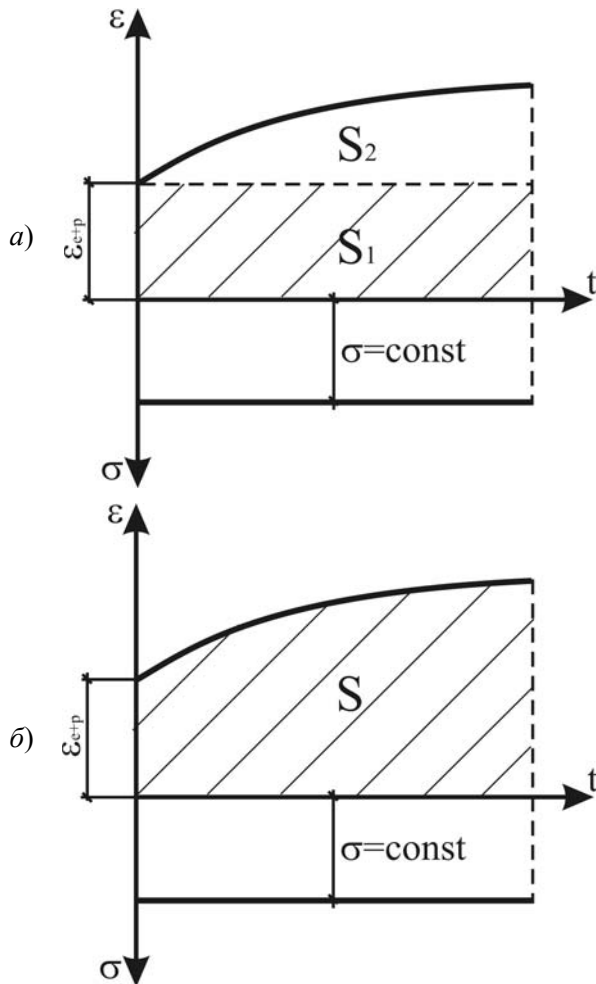


Рис. 4. Геометричне визначення загальної енергії деформації (а) і розділення кривої повзучості для визначення енергії компонент деформації (б)

Відповідно, геометричним значенням даного виразу є перемножування площі S , яку крива повзучості відділяє від осі абсцис (вісь часу t) на постійне напруження $\sigma = \text{const}$ (для умови повзучості, рис. 4, а). Причому, методично правильніше розділити площу S на дві частини: частина, яка відповідає умовно-миттєвій пружно-пластичній деформації, і частина, яка відповідає тільки в'язкій деформації ε_v . Тобто, крива перетвориться таким чином (рис. 4, б).

Відповідно, загальну енергію деформації в даному випадку, як і компоненти деформації, можна розділити на дві частини, а енергію

в'язких деформацій можна обчислити як різницю загальної енергії і енергії миттєвих деформацій (природа миттєвих деформацій в цьому випадку неважлива), причому остання є константою:

$$\mathcal{E}_v = \mathcal{E}_{\text{общ}} - \mathcal{E}_{e+p} = \int_0^{\varepsilon_v} \varepsilon_v d\varepsilon - \sigma \varepsilon_{e+p}. \quad (15)$$

Для сімейства кривих повзучості енергію $\mathcal{E}_{e+p}$ можна обчислити після побудови ізохронної кривої при $t = 0$ (рис. 5).

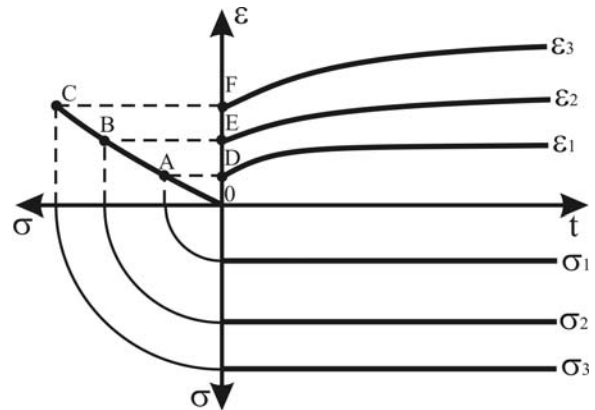


Рис. 5. Схема визначення енергії $\mathcal{E}_{e+p}$ по ізохронній кривій при $t = 0$

Відповідно, площа фігури 0AD рівна енергії умовно-миттєвої деформації кривої 1, тобто $\sigma_1 \varepsilon_1$, фігура 0BC – енергії $\sigma_2 \varepsilon_2$, фігура 0CF – енергії $\sigma_3 \varepsilon_3$, причому розділення виду деформації (пружна або пластична) проводиться за запропонованою вище методикою.

Таким чином, енергія в'язкої деформації є геометричним перемноженням площі S_v на постійне напруження (рис. 5) і записується як різниця енергій за формулою (15).

Основним висновком проведеної роботи є розробка теоретичних побудов і практичних положень відшукування енергії деформування, яка є інтегральною характеристикою НДС як споруди, так і масиву, а також критерієм міцності для найбільш загального випадку в'язко-пружно-пластичного середовища.

Причому практичні положення відшукування енергії деформування спираються на лабораторні дослідження, тобто процес пошуку параметрів базується на реальну поведінку елементів системи. Відповідно комплексність оперування енергією деформування від лабораторних дослідження через імітаційне моделювання до подальшого аналізу результатів дозволяє

найбільш математично адекватно описати складні процеси поведінки системи «кріплення – масив».

Практичним впровадженням наданої роботи може бути подальше застосування її положень в розрахункових комплексах, що дозволить більш детально аналізувати стан підземних споруд.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Гленсдорф, П. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций [Текст] / П. Гленсдорф, И. Пригожин. – М.: Мир, 1973. – 280 с.
2. де Гроот, С. Р. Термодинамика необратимых процессов [Текст] / С. Р. де Гроот. – М.: Гос. изд. техн.-теор. лит., 1956. – 280 с.
3. Гухман, А. А. Об основаниях термодинамики [Текст] / А. А. Гухман. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 384 с.
4. Гольдштейн, М. Н. Механические свойства грунтов. Основные компоненты грунта и их взаимодействие [Текст] / М. Н. Гольдштейн. – М.: Стройиздат, 1971. – 375 с.
5. Вялов, С. С. О проблемах реологии грунтов [Текст] / С. С. Вялов // Труды I Всесоюзного симпозиума по реологии грунтов. – Ереван: Изд-во Ереванского ун-та, 1973. – С. 6-25.
6. Гольдштейн, М. Н. Механические свойства грунтов. Напряженно-деформативные и прочностные характеристики [Текст] / М. Н. Гольдштейн. – М.: Стройиздат, 1973. – 304 с.
7. Королёв, В. А. Термодинамика грунтов [Текст] / В. А. Королёв. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 168 с.
8. Лоскутов, А. Ю. Введение в синергетику [Текст]: учебное руководство / А. Ю. Лоскутов, А. С. Михайлов. – М.: Наука, Глав. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 272 с.
9. Николис, Г. Самоорганизация в неравновесных системах [Текст] / Г. Николис, И. Пригожин. – М.: Мир, 1979. – 300 с.
10. Безухов, Н. И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести [Текст] / Н. И. Безухов. – М.: Высш. шк., 1961. – 537 с.
11. Малинин, Н. Н. Прикладная теория пластичности и ползучести [Текст] / Н. Н. Малинин. – М.: Машиностроение, 1968. – 400 с.
12. Булат-Корнейчук, Е. А. Научные открытия в механике разрушения [Текст] / Е. А. Булат-Корнейчук, В. И. Дырда. – Д.: Нова ідеологія, 2006. – 245 с.
13. Ишлинский, А. Ю. Математическая теория пластичности [Текст] / А. Ю. Ишлинский, Д. Д. Ивлёв. – М.: Физматлит, 2001. – 701 с.
14. Работнов Ю.Н. Введение в механику разрушения [Текст] / Ю. Н. Работнов. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 80 с.

Надійшла до редколегії 28.11.2009.

В. Н. ШАСТУН, А. И. БЕГУН, В. В. КОВАЛЕНКО (ДДАУ, Днепропетровск)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ АДГЕЗИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

У статті наведені аспекти використання адгезійних полімерних композицій для ремонту, відновлення і гідроізоляції бетонних і залізобетонних конструкцій.

В статье представлены аспекты использования адгезионных полимерных композиций для ремонта, восстановления и гидроизоляции бетонных и железобетонных конструкций.

In the article the aspects of use of adhesion polymeric compositions for repair, renewal and waterproofing of concrete and ferro-concrete constructions are presented.

В настоящее время состояние многих строительных объектов (несущие конструкции промышленных зданий, мостов, инженерных, гидротехнических сооружений) находятся в аварийном или предаварийном состоянии. Для ремонта и восстановления используются различные способы и материалы, в том числе полимерные.

Так, сейчас на рынке Украины появилось большое количество сухих строительных смесей, базирующихся в основном на высокодисперсных цементах и 2...3 добавках западных фирм. Большинство этих материалов разрабатывалось методом подбора состава, технология их применения для обеспечения высокого качества ремонтируемых участков поверхности конструкций, в основном, имеет общий характер без учета особенностей ремонтируемых конструкций. Основной недостаток этих материалов заключается в том, что на границе между ними и защищаемым (ремонтируемым) материалом образуется мембрана, т.е. не обеспечивается высокая адгезия разнородных слоев материалов.

Для обеспечения полной монолитности материала конструкции и ремонтного слоя в настоящее время используется достаточно много материалов, обеспечивающих высокую адгезию. В основном это материалы западного производства (Ксайпекс, Кальматрон, Акватрон, Сипа и др.), а, соответственно, дорогостоящие и не всегда гарантирующие качество ремонта и защиты конструкций.

Научно-инженерным центром «Адгезив» разработан и широко используется в течение последних 5...7 лет мономер «Силор», имеющий различную скорость отверждения – от нескольких минут до нескольких дней, что позво-

ляет проникать в тело бетона на требуемую глубину (на несколько сантиметров).

Пропитанный слой бетона имеет прочность в 2...3 раза выше прочности конструкции. При этом наружный слой обработанного бетона обладает высокой адгезией к ремонтному слою материала. В целом схема работы полимерной композиции «Силор» представлена на рис. 1.

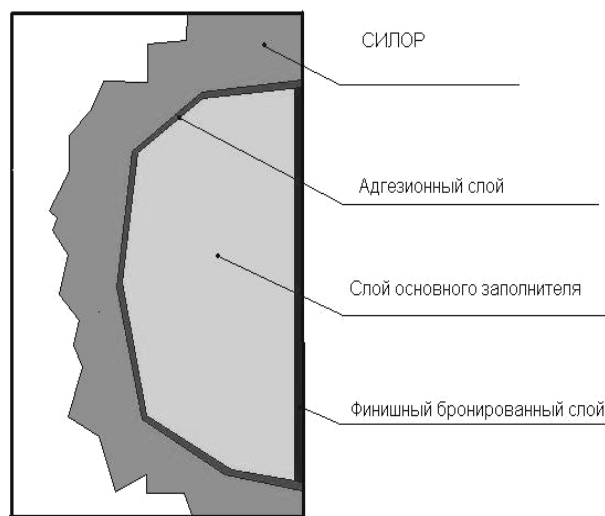


Рис.1. Восстановление геометрии и упрочнение стеновых конструкций при помощи полимерной композиции «Силор»

При проведении ремонтных работ с конструкциями с обнаженной арматурой требуется только механическая очистка места ремонта. При нанесении «Силора» на прокорродированный металл он пропитывает слой коррозии и осуществляет надежную антикоррозийную защиту и адгезию к ремонтному материалу (раствору, бетону).

Особенно эффективно использование полимерных композиций для выполнения работ по

покрытию изготовленных полов и гидроизоляции каналов, резервуаров, бассейнов, подвалов и т.д. (рис. 2).

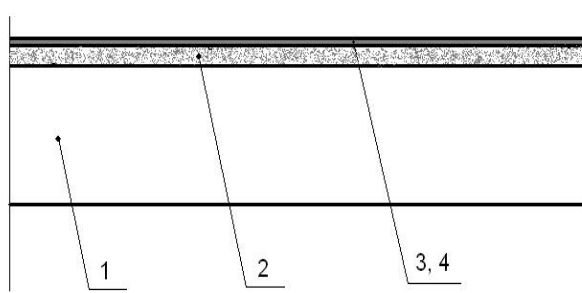


Рис. 2. Покрытие пола:

1. Основание;
2. Цементно-бетонное покрытие;
3. Покрытие композицией «Силор»;
4. Покрытие композицией «УТК-М»

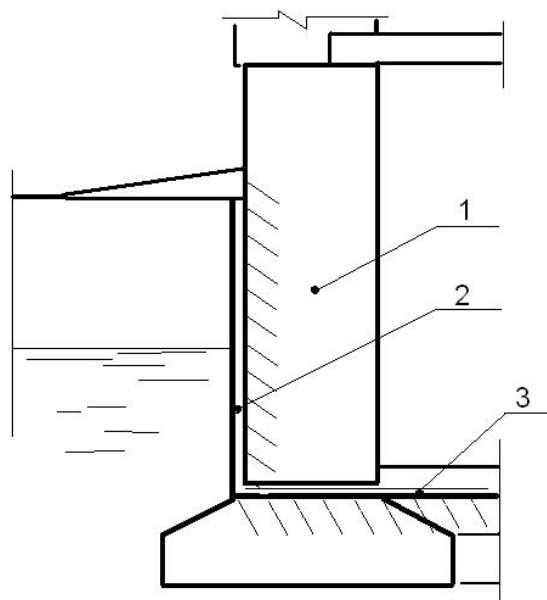


Рис. 3. Гидроизоляция подвала:

1. Стена подвала;
2. Вертикальная изоляция (пропитка композицией «Силор»);
3. Горизонтальная гидроизоляция (пропитка композицией «Силор»)

Бетонную поверхность перед покрытием полимером подвергают соответственно шлифовке или пескоструйной обработке с целью удаления известкового (цементного) молока с бетоном, создания шероховатой поверхности.

Покрываемые поверхности должны соответствовать требованиям СНиП 2.03.13-88 «Полы». Поверхность должна быть прочной, сухой, шероховатой, не содержать известкового (цементного) молока, быть чистой, обеспыленной и обезжиренной. Бетонные поверхности в

соответствии с рекомендациями части 2 СНиП 3.04.03-85 «Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии». Прочность на отрыв подготовленного бетонного основания должна быть не менее 1,5 МПа. Прочность основания на сжатие должна быть не менее 20 МПа.

Бетонную поверхность грунтуют составом УТК-М5; ПУР-А и Компонент-Т (в соотношении 1:1).

Расход грунтовки зависит от пористости основания и составляет обычно 0,25...0,35 кг/м².

Нанесение защитно-декоративного слоя покрытия производят после потери липкости предыдущего слоя, но не позднее чем через сутки. Укладку производят валиком, кистью или механическим способом с использованием агрегата высокого давления типа «Вагнер» напылением в 2 или 3 прохода с промежуточной сушкой 8...12 часов и расходом 0,15 кг/м² за один проход.

Для создания декоративного покрытия в композиции верхнего слоя и перед нанесением вводится пигмент.

Кроме того, использование «Силора» позволяет «залечивать» микротрещины на поверхности бетона, что обеспечивает резкое уменьшение водопоглощения бетона и увеличение его морозостойкости. При пропитке бетона его стойкость к появлению поверхностных трещин увеличивается в 4...8 раз.

Приведенные выше ремонтно-восстановительные работы проводятся с использованием простых, доступных приемов труда и обычного инструмента (кисть, шпатель, валик, мастерок) при любой температуре (от -40 до +50 °С). При этом сроки выполнения работ, по сравнению с традиционными, уменьшаются на 30...50 %.

Обладая относительно невысокой стоимостью, покрытия из материалов НИЦ «Адгезив» значительно надежнее (гарантированный срок эксплуатации отремонтированных конструкций и сооружений – минимум 10 лет) многих импортных гидроизоляционных и защитных материалов.

Отвержденная композиция «Силор» не горит, обладает бактерицидными и фунгицидными свойствами, нетоксична.

Приведены качественные характеристики адгезионных полимерных композиций, которые позволяют обеспечивать возможность их широкого использования для ремонта и восстановления строительных железобетонных конструкций, устройства напольных покрытий и

кровли, гидрофобного и антикоррозионного покрытия строительных материалов.

Таблица 1

Основные технические характеристики

Плотность композиции	1,12...1,2 г/м ³
Адгезия	≥ 2,5 Н/мм ²
Относительное удлинение при разрыве (по DIN EN ISO 527)	12 % (через 7 дней выдержки после нанесения)
Прочность при растяжении	> 65 МПа
Истираемость	0,00309 г/см ²
Морозостойкость	более 400 циклов замораживания
Водопроницаемость	0
Химстойкость	в диапазоне pH 4-14
Газопроницаемость	0
Санитарно-эпидемиологическое заключение	СЭС №77.01.03.225. п. 07431.04.3 от 02.04.03г. После полимеризации допустим контакт с питьевой водой и пищевыми продуктами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Веселовский, Р. А. Новые полимерные материалы – новые возможности для строительства и ремонтных работ [Текст] / Р. А. Веселовский // Мир техники и технологий. – 2002. – № 2.

Поступила в редколлегию 24.03.2009.

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ В ГОРОДАХ УКРАИНЫ

Наведено математичну модель перехрестя, розроблену для проектування локальної автоматизованої системи управління дорожнім рухом. Розглянуто програмну реалізацію моделей в модулі локальної автоматизованої системи управління дорожнім рухом.

Приведена математическая модель перекрёстка, разработанная для проектирования локальной автоматизированной системы управления дорожным движением. Рассмотрена программная реализация моделей в модуле локальной автоматизированной системы управления дорожным движением.

The mathematic model of a cross-roads for projecting local automatic system of traffic control has been given. The software realization of model used in a module of automatic system of traffic control has been considered.

Введение

Большинство крупных городов Украины имеет улично-дорожную сеть, которая не соответствует возросшей интенсивности дорожного движения. Решение данной проблемы возможно двумя способами: реконструкция улично-дорожной сети и введение эффективных методов организации дорожного движения. Первый способ связан со значительными капиталовложениями, его реализация требует длительного времени. Второй же более приемлем для обеспечения нормального функционирования транспортной системы города.

В настоящее время управление транспортными потоками с помощью изолированных перекрёстков является неэффективным. Основными задачами организации движения являются максимальное увеличение пропускной способности перекрёстков, транспортной сети, магистралей; сокращение времени проезда транспортных средств между отдельными районами, магистралями, улицами города; уменьшение транспортных задержек у перекрёстков. Нахождение оптимального режима управления является сложной задачей, при решении которой необходимо учитывать связь режима работы перекрёстка со смежными ему. Для решения перечисленных задач необходимы разработка алгоритмов управления потоками транспортных средств и внедрение магистральных автоматизированных систем управления дорожным движением.

Анализ публикаций

Как указывается в [1], основная цель введения автоматизированных систем управления дорожным движением заключается в снижении

суммарных задержек транспортных средств на перекрёстках во всей зоне действия этой системы.

Транспортные задержки для каждого направления движения на выходе рассчитываются приближённо по формуле Вебстера [2]:

$$t_{\Delta p} = 0,9 \cdot \left[\frac{T_{\text{ц}} \cdot (1 - \lambda)^2}{2 \cdot (1 - \lambda \cdot x)} + \frac{x^2}{2 \cdot N \cdot (1 - x)} \right], \quad (1)$$

где $T_{\text{ц}}$ – время цикла светофорного регулирования, с; x – степень насыщения направления движения; λ – отношение длительности разрешающего сигнала к длительности цикла; N – интенсивность движения транспортных средств в рассматриваемом направлении, ед./с.

Как видно из формулы (1), транспортные задержки на перекрёстке зависят от организации движения (длительности цикла и основных тактов). При этом организация пофазного разезда будет оптимальной при минимальных задержках транспортных средств.

Во многих работах при различных предположениях относительно процесса движения транспорта ставятся задачи оптимизации координированного управления. Так, в [3] указывается, что ещё в середине прошлого века была предложена модель движения потока по магистрали, основанная на описании транспортного потока в виде потока несжимаемой жидкости. В Англии в Дорожно-исследовательской лаборатории был разработан комбинационный метод, сущность которого заключается в нахождении сдвигов фаз сигналов светофоров, работающих по жёсткому циклу.

Все существующие модели управления транспортными потоками на магистрали позволяют получить оптимальные решения лишь для

самых простых моделей. Кроме того, существующие методы позволяют получить решение лишь при непосредственном участии оператора, что увеличивает вероятность получения неоптимальных результатов.

Цель и постановка задачи

Целью исследования является автоматизация управления дорожным движением на отдельно взятом перекрёстке и оптимизация параметров светофорного регулирования перекрёстков магистрали для минимизации суммарных задержек транспортных средств.

Основными задачами исследования являются разработка универсальной математической модели, дающей возможность автоматизировать процесс расчёта разъезда на перекрёстке, совершенствование алгоритмов расчёта параметров светофорного регулирования, а также разработка программного обеспечения на основе данных моделей.

Модели управления движением транспортных средств

Автоматизированную систему управления дорожным движением можно укрупнённо представить в виде двух элементов: центральный диспетчерский пункт и сеть дорожных контроллеров с модемом и радиостанцией, находящихся на перекрёстках города. В свою очередь, центральный диспетчерский пункт состоит из следующих элементов: источники бесперебойного питания, центральный пункт управления, автоматизированное рабочее место технолога, конвертор, концентратор верхнего уровня, радиостанции, антенны. Особый интерес с точки зрения усовершенствования методов управления дорожным движением представляет методическое и программное обеспечение для оператора, который располагается в автоматизированном рабочем месте технолога.

Процесс расчёта пофазного разъезда на перекрёстке можно разбить на этапы: объединение геометрических направлений движения транспортных средств и пешеходов в регулируемые направления; закрепление регулируемых направлений за фазами; расчёт длительности основных и промежуточных тактов, расчёт и корректировка длительности цикла светофорного регулирования; построение циклограммы.

Геометрическими направлениями движения называются траектории движения транспортных средств и пешеходов на перекрёстках и

пешеходных переходах. На рис. 1 представлены укрупнённо 16 геометрических направлений движения: 1 - 4 направления – движение транспортных средств прямо; 5 - 8 направления – движение транспортных средств направо; 9 - 12 направления – движение транспортных средств налево; 13 - 16 направления – пешеходные направления.

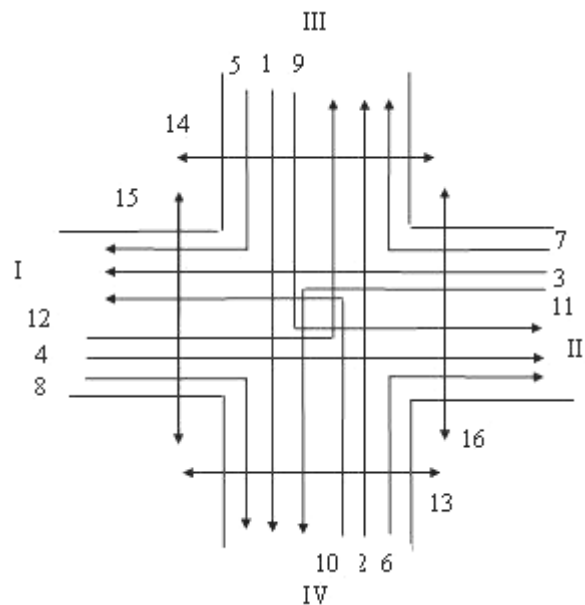


Рис. 1. Геометрические направления движения

Каждому из геометрических направлений соответствует интенсивность транспортного или пешеходного потока. Совокупность интенсивностей можно представить в виде вектора $\mathbf{N}$, причём элементы вектора n_j представляют собой интенсивности движения в j -ом геометрическом направлении:

$$\mathbf{N} = [n_1, n_2, \dots, n_{16}]. \quad (2)$$

Элементы $n_1 \dots n_{12}$ данного вектора являются интенсивностями транспортных потоков, а элементы $n_{13} \dots n_{16}$ – интенсивностями пешеходных потоков. Вектор $\mathbf{N}$ отражает запрещённые манёвры на перекрёстке следующим образом: если элемент вектора $n_j = 0$, то движение в j -ом направлении запрещено. Подобным образом можно перейти от модели Х-образного перекрёстка к модели перекрёстка Т-образного. Если $n_j = n_{j+4} = n_{j+8} = 0$ ($j = 1 \dots 4$), то исходящие потоки одного из рукавов (I - IV) перекрёстка отсутствуют; далее, обнуляя интенсивности входящих потоков, полностью исключаем из рассмотрения соответствующий рукав и получаем модель Т-образного перекрёстка. Продолжая обнуление соответствующих элементов вектора $\mathbf{N}$, можно перейти к рассмотрению пофазного разъезда на отдельном участке дороги.

Если известно количество регулируемых направлений движения на перекрёстке N_{dir} , то объединение геометрических направлений в регулируемые можно представить в виде матрицы $\mathbf{A}$, имеющей размерность $N_{dir} \times 16$, причём элементы матрицы $a_{ij} = 1$, если j -ое геометрическое направление входит в i -ое регулируемое направление, и $a_{ij} = 0$ в противном случае.

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{11} & \dots & a_{11} \\ a_{11} & a_{11} & \dots & a_{11} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{11} & a_{11} & \dots & a_{11} \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Следует отметить, что одно геометрическое направление может принадлежать одному и только одному регулируемому направлению, т.е. если $a_{in} = 1$, то $a_{ij} (j \neq n) = 0$.

Аналогично можно представить закрепление регулируемых направлений за фазами. Если известно число фаз N_{ph} , то матрица $\mathbf{P}$, имеющая размерность $N_{dir} \times N_{ph}$, может отражать закрепление регулируемых направлений за фазами светофорного цикла. Причём элементы матрицы $p_{ik} = 1$, если i -ое направление закреплено за k -ой фазой, и $p_{ik} = 0$ в противном случае.

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{11} & \dots & p_{11} \\ p_{11} & p_{11} & \dots & p_{11} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{11} & p_{11} & \dots & p_{11} \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Т.к. регулируемое направление может быть закреплено более чем за одной фазой (в случае, когда поток имеет большую интенсивность), то матрица $\mathbf{P}$ может содержать в строке несколько единичных элементов, но в каждой строке хотя бы один элемент p_{ik} должен быть равен 1.

Целью введения координированного управления является минимизация задержек транспортных средств на перекрёстках [2]. Для этого нужно минимизировать время задержки автомобилей на каждом отдельно взятом перекрёстке. Время задержки автомобилей f_i на i -ом перекрёстке в [3] предлагается рассчитывать по зависимости:

$$f_i = \int_0^t I_{i-1} \cdot \left[t_{kpi} + \frac{I_{i-1} \cdot \tau}{C_i} - \tau \right] d\tau, \quad (5)$$

где I_{i-1} – интенсивность транспортного потока, прибывающего с момента окончания зелёной фазы, авт./с; t_{kpi} – длительность запрещающего

сигнала светофора, с; C_i – интенсивность разгрузки очереди, авт./с.

Оптимальное значение фазового сдвига определяется итерационно – перебором в интервале $[0; T)$ с шагом в 1 с. Критерием оптимальности является минимальное соответствующее значение суммарной задержки транспортных средств в прямом и обратном направлении.

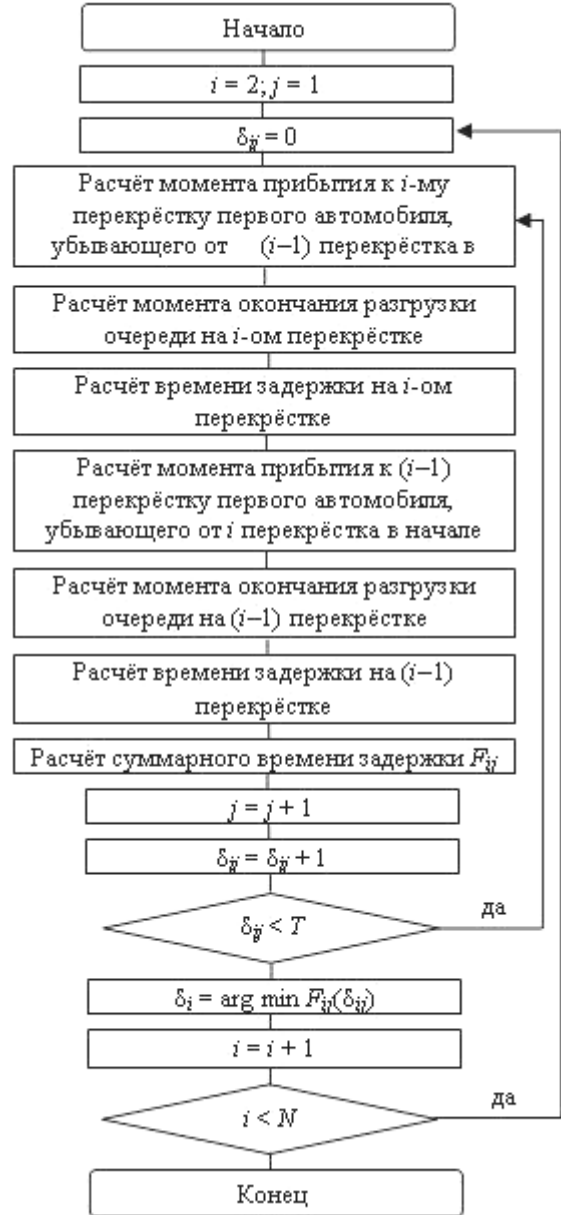


Рис. 2. Алгоритм расчёта сдвигов цикла

Реализация моделей

Используя приведенную математическую модель, автором был разработан и программно реализован алгоритм расчёта пофазного разъезда транспортных средств на перекрёстке. Исходными данными для расчёта являются геометрические параметры перекрёстка и интенсивности потоков. Программа рассчитывает

оптимальное число фаз регулирования, производит объединение геометрических направлений движения в регулируемые и закрепление последних за фазами светофорного цикла. На рис. 3 приведен пример результатов расчёта пофазного разъезда, полученных при использовании разработанного модуля.

Название перекрёстка: ул. Вертикальная – ул. Горизонтальная

Число фаз светофорного регулирования: 2

Длительность цикла светофорного регулирования, с: 42

Суммарная длительность промежуточных тактов, с: 6

Сумма фазовых коэффициентов: 0,67

Время, необходимое для пропуска пешеходов, с: 6

Время, необходимое для пропуска трамваев, с: 0

Значения показателей		Фазы	
		1	2
Длительность основного такта, с		22	14
Длительность промтакта, с		3	3
Значение фазового коэффициента		0,413	0,257
Длительность фазы, с		25	17

Циклограмма

OK

Рис. 3 Пример результатов расчёта

Исходными данными при расчёте фазовых сдвигов для каждого перекрёстка магистрали являются входная и выходная интенсивности движения транспортных средств, длительность цикла, длительность запрещающей движение по магистрали фазы цикла светофорного регулирования, а также расстояние между смежными перекрёстками магистрали. Рабочее окно программы с исходными данными для расчёта параметров координированного управления представлено на рис. 4. Результатом работы программы является оптимальный сдвиг начала зелёной фазы для каждого перекрёстка относительно предыдущего, а также значение задержки транспортных средств.

Магистраль

Перекрёсток	Входная интенсивность, ед/ч	Выходная интенсивность, ед/ч	Длительность цикла, с	Длительность красной фазы, с	Расстояние, км
1 ул.Кирова	500	600	60	20	0
2 ул.Державинская	600	675	58	29	2
3 ул.Чугуевская	650	650	68	45	1
4 ул.Вишнёвая	600	620	42	20	1
5 ул.Зерновая	750	700	46	27	2
6 ул.Одесская	770	790	76	35	1

Расчёт>>

Рис. 4. Исходные данные для расчёта сдвигов

Выводы

Разработанные модели могут применяться для компьютерного моделирования перекрёстков. Взаимодействие приведенного программного обеспечения позволяет оперативно менять программы светофорной сигнализации в соответствии с условиями дорожного движения. Данная функция даёт возможность полностью автоматизировать управление и свести к минимуму человеческий фактор и затраты на заработную плату обслуживающему персоналу. Рассмотренные модули используются в магистральной системе автоматизированного управления дорожным движением, которая разрабатывается НПП «Система-Сервис» (Харьков).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коноплянко, В. И. Организация и безопасность дорожного движения [Текст] / В. И. Коноплянко. – М.: Транспорт, 1991. – 183 с.
2. Кременец, Ю. А. Технические средства организации дорожного движения [Текст] / Ю. А. Кременец. – М.: Транспорт, 1990. – 255 с.
3. Капитанов, В. Т. Расчёт параметров светофорного регулирования [Текст] / В. Т. Капитанов. – М.: ВНИИБД, 1981. – 95 с.

Поступила в редколлегию 23.03.2009.

УЗАГАЛЬНЕННЯ МЕТОДУ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЛІНІЙНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ СТУПЕНЕВОГО СИГНАЛУ

Пропонується модифікація методу ідентифікації лінійних систем за перехідною характеристикою, що розширює область його застосування. Наведено результати досліджень на прикладі лінійної динамічної стаціонарної дискретної системи.

Предлагается модификация метода идентификации линейных систем по переходной характеристике, расширяющая область его использования. Приведены результаты исследований на примере линейной динамической стационарной дискретной системы.

The modification of method of linear systems' identification according to the transient characteristics extending the area of its use is offered. The research results for example of a linear dynamic stationary discrete system are presented.

Вступ

Перші реалізовані в системах керування методи ідентифікації були основані на застосуванні сигналів спеціальної форми [1]. Принциповим моментом задачі оцінювання параметрів об'єкта є необхідність збудження об'єкта [2]. Часто у випадках, коли це можливо, вигідним є використовувати спеціальні тестові сигнали, що подаються на об'єкт ззовні. Ці методи ідентифікації передбачають ідентифікацію поза процесом керування, звужуючи область застосування методів ідентифікації за спеціальними сигналами за рахунок неможливості ідентифікації об'єктів, які не можуть бути виведені з експлуатації. Додатковою проблемою є генерація тестових сигналів.

Метою роботи є розширення області застосування методів ідентифікації за спеціальними сигналами для лінійної динамічної стаціонарної дискретної системи шляхом приведення вхідного сигналу, який недостатньо точно апроксимує обраний спеціальний сигнал, до виду обраного спеціального сигналу. За основу взятий метод ідентифікації за перехідною характеристикою (ПХ), спеціальний сигнал – ступенева дія Хевісайда за означенням.

Стислий огляд літератури

Задача приведення форми сигналу до необхідного (взірцевого) виду була відома раніше. Подібна ідея у вужчому сенсі зустрічається в літературі як «відбілюючий фільтр» [3] і спектральна факторизація [4]. Обидва методи обмежуються видом сигналу, з яким застосовують-

ся – білим шумом. У методі, що пропонується в даній роботі, це обмеження відсутнє.

Поставлена задача співзвучна із задачею, що вирішується адаптивною фільтрацією [5]. Зі збільшенням гнучкості фільтру відповідно зростає і складність його створення. На відміну від цього, метод корекції спектрів (МКС) є простим у реалізації, його гнучкість обмежується математичним апаратом перетворень Фур'є.

Як альтернативне рішення можна навести еквалайзер. Його недоліками є суб'єктивність налаштувань, часто низька роздільна здатність.

Математичний апарат методу корекції спектрів

Ядро математичного апарату МКС засноване на особливості зміни сигналу в лінійній системі. Вихідний сигнал змінюється точно за такою самою лінійною зміною, за якою був змінений вхідний сигнал [6]:

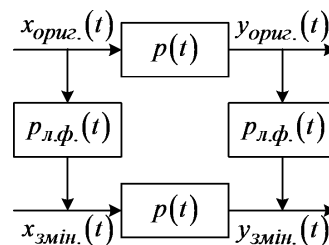


Рис. 1. Співвідношення між входом та виходом при лінійних змінах відповідних сигналів

На рис. 1 введені наступні позначення: $p(t)$ – імпульсна характеристика (ІХ) лінійної системи, яка ідентифікується; $p_{л.ф.}(t)$ – ІХ не-

відомого лінійного фільтру; $x_{\text{ориг.}}(t)$, $y_{\text{ориг.}}(t)$ – вхідний та вихідний оригінальні (незмінні) сигнали відповідно; $x_{\text{змін.}}(t)$, $y_{\text{змін.}}(t)$ – вхідний та вихідний змінні сигнали відповідно.

Якщо розглядаються дискретні процеси, неперервну незалежну змінну t можна замінити $i \cdot T$, або просто індексом i , де $i = 0, 1, \dots, n-1$.

Залежність між вхідним, вихідним сигналами та ІХ системи в частотному просторі [7]:

$$F\{y[n]\} = F\{x[n]\} \cdot F\{p[n]\}, \quad (1)$$

де F – оператор перетворення Фур'є; x – вхідний сигнал; y – вихідний сигнал; p – ІХ системи (фільтру).

Отже ядро пропонованого у роботі методу, покликаного подолати обмеження щодо спеціальної форми тестового сигналу, полягає у приведенні спектру реального вхідного сигналу до спектру обраного (взірцевого) сигналу, який відповідає поставленим вимогам [1] до тестового сигналу конкретно обраного методу ідентифікації (за ПХ). Інакше кажучи, постає задача у створенні такого лінійного фільтру $p_{\text{л.ф.}}(t)$ (рис. 1) для заданого конкретного сигналу $x_{\text{ориг.}}(t)$, щоб на виході цього фільтру отримати сигнал заданої форми $x_{\text{змін.}}(t)$. Далі, згідно рис. 1, користуючись попередньо створеним фільтром $p_{\text{л.ф.}}(t)$, необхідно знайти $y_{\text{змін.}}(t)$ шляхом пропускання $y_{\text{ориг.}}(t)$ через $p_{\text{л.ф.}}(t)$. Отримані змінні таким чином сигнали $x_{\text{змін.}}(t)$ та $y_{\text{змін.}}(t)$ використати в обраному методі ідентифікації системних характеристик (за ПХ).

Згідно (1), процедуру створення фільтру $p_{\text{л.ф.}}(t)$ можна звести до відшукування його АЧХ та ФЧХ. Замінивши в (1) y на $x_{\text{змін.}}$, x на $x_{\text{ориг.}}$, p на $p_{\text{л.ф.}}$ та ввівши деякі позначення згідно полярної форми представлення комплексних чисел у перетворенні Фур'є:

$$\begin{aligned} & \text{Mag}X_{\text{змін.}}[n] \cdot \exp(j \cdot \text{Arg}X_{\text{змін.}}[n]) = \\ & = \text{Mag}X_{\text{ориг.}}[n] \cdot \exp(j \cdot \text{Arg}X_{\text{ориг.}}[n]) \cdot \\ & \cdot \text{Mag}P_{\text{л.ф.}}[n] \cdot \exp(j \cdot \text{Arg}P_{\text{л.ф.}}[n]), \end{aligned} \quad (2)$$

де Mag та Arg – амплітудна та аргументна частини оператора F відповідно. Визначення магнітуди Mag наведене в [6].

Провівши елементарні математичні перетворення:

$$\text{Mag}P_{\text{л.ф.}}[n] = \frac{\text{Mag}X_{\text{змін.}}[n]}{\text{Mag}X_{\text{ориг.}}[n]}, \quad (3)$$

$$\text{Arg}P_{\text{л.ф.}}[n] = \text{Arg}X_{\text{змін.}}[n] - \text{Arg}X_{\text{ориг.}}[n]; \quad (4)$$

$\text{Mag}P_{\text{л.ф.}}[n]$ та $\text{Arg}P_{\text{л.ф.}}[n]$ – масиви АЧХ та ФЧХ створюваного фільтру відповідно.

З (3) випливає вимога до оригінального сигналу $x_{\text{ориг.}}(t)$: його спектр не повинен містити нульові елементи ($\text{Mag}X_{\text{ориг.}}[n] = 0$).

Для отримання $x_{\text{змін.}}[n]$ та $y_{\text{змін.}}[n]$ треба пропустити їх через знайдений фільтр, здійснивши фільтрацію в частотному просторі (1).

Імітаційна модель

Через простоту у користуванні, швидкість обрахунків, гнучкість у налаштуванні базою проведення експериментів була обрана електронно-обчислювальна машина (ЕОМ). Об'єкт вимірювання – цифровий фільтр, створений за аналоговим прототипом коливальної ланки, представлений різницевою рівнянням:

$$\begin{aligned} y[nT] = & b_0 x[nT] + b_1 x[nT - T] + b_2 x[nT - 2T] - \\ & - a_1 y[nT - T] - a_2 y[nT - 2T], \end{aligned} \quad (5)$$

коефіцієнти:

$$\begin{aligned} b_0 = \frac{T^2 k_1}{d}, \quad b_1 = \frac{2T^2 k_1}{d}, \quad b_2 = \frac{T^2 k_1}{d}, \\ a_1 = \frac{-8T_1^2 + 2T^2}{d}, \quad a_2 = \frac{-4T_1 \xi T + 4T_1^2 + T^2}{d}, \\ d = 4T_1^2 + 4T_1 \xi T + T^2, \end{aligned} \quad (6)$$

де n – ціле число; T – інтервал дискретизації; T_1 – постійна часу; ξ – коефіцієнт демпфування, або параметр згасання (причому $0 < \xi < 1$); s – деяка комплексна величина [9]; k_1 – коефіцієнт підсилення.

Вираз (5) доповнюється нульовими початковими умовами [8]:

$$y[-T] = 0, \quad y[-2T] = 0. \quad (7)$$

Для системи, що фізично реалізується, вхідна дія $x[nT] = 0$ при $n < 0$, тобто:

$$x[-T] = 0, \quad x[-2T] = 0. \quad (8)$$

Вираз (5) дає можливість розрахувати значення вихідного сигналу $y[nT]$ при відомих значеннях вхідного сигналу $x[nT]$.

Задля отримання однозначно визначених системних характеристик задамо числові значення згідно (6): $k_1 = 1$; $T_1 = 1/(2\pi)$; $\xi = 0.4$. Також задамо згідно (5): $T = 1/16 = 0.0625$; $N = 1024$ – кількість відліків, якій дорівнюють кількість елементів масиву вхідного $x[nT]$ та вихідного $y[nT]$ сигналу. За чисельну оцінку похибки прийемо вираз:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{N-1} (a[i] - b[i])^2}{N}}, \quad (9)$$

де N – кількість точок; a та b – масиви, що порівнюються.

При інтерпретації значень, обчислених за (9), слід пам'ятати, що величина оцінки залежить від масштабу представлених даних.

Застосування методу корекції спектрів до алгоритму ідентифікації за перехідною характеристикою

Дискретний аналог ступеневої дії [9]:

$$1[nT] = \begin{cases} 1, & \text{при } n \geq 0; \\ 0, & \text{при } n < 0; \end{cases} \quad (10)$$

де n – ціле число; T – інтервал дискретизації.

Дискретним аналогом дельта-функції є одинична імпульсна решітчаста функція [9]:

$$\delta[nT] = \begin{cases} 1, & \text{при } n = 0; \\ 0, & \text{при } n \neq 0. \end{cases} \quad (11)$$

Домовимося, що під терміном «ПХ, отримана прямим методом (ПМ)» будемо розуміти вихідний сигнал, отриманий з (5) при вхідній дії виду (10) (за означенням). ІХ, отримана ПМ, – за означенням, вихідний сигнал, отриманий з (5) при вхідній дії виду (11). Амплітудочастотна (АЧХ) та фазочастотна (ФЧХ) характеристики, отримані ПМ – це вирази (12) та (13) відповідно, які отримані з (14) [8]. Характеристики, отримані ПМ, вважатимемо еталонними.

$$A(\omega) = |W(j\omega)|; \quad (12)$$

$$\varphi(\omega) = \arg(W(j\omega)); \quad (13)$$

$$W(j\omega) = F\{p(t)\};$$

$$p(t) = F^{-1}\{W(j\omega)\}, \quad (14)$$

де $W(j\omega)$ – частотно передатна функція; $j = \sqrt{-1}$ – уявна одиниця; $\omega = 2\pi f$ – циклічна частота; F^{-1} – оператор зворотного перетворення Фур'є; $p(t)$ – ІХ системи.

Під терміном «ПХ, отримана за псевдопрямим методом (ППМ)» розумітимемо вихідний сигнал, отриманий з (5) за будь-якої вхідної дії, не обов'язково виду (10). Відповідно, за вхідної дії виду (10) результати ППМ та ПМ є тотожно рівними. Під «ІХ, отримана за ППМ» розумітимемо характеристику, знайдену за ПХ, отриманою ППМ, згідно виразу

$$p(t) = \frac{d}{dt} h(t), \quad (15)$$

замінивши неперервну операцію диференціювання її дискретним аналогом [9]. В (15) $h(t)$ – ПХ.

АЧХ та ФЧХ, отримані ППМ, обраховуються за дискретними аналогами виразів (14), (12) та (13) для ІХ ППМ.

Зведемо в таблицю оцінку (9) для характеристик, отриманих за ППМ та ПМ за однакового вхідного сигналу виду (10):

Таблиця 1

Похибка ідентифікації різними методами

Системна характеристика	ППМ-ПМ
ІХ	3.68E-17
ПХ	0
АЧХ	8.32E-16
ФЧХ	1.04E-11

В табл. 1 значення 0 для ПХ очевидне (див. вище за текстом). Ненульові значення оцінки (9) в інших характеристиках виявляють помилки, які з'являються при обчисленні за допомогою ЕОМ. Дані табл. 1 прийемо за зразкові, за найвищу точність ідентифікації системних характеристик за ППМ.

Застосуємо МКС до даного ППМ ідентифікації за ПХ. Вхідним сигналом є сигнал виду (10). Взірцевим сигналом встановимо сигнал виду (10). Не очікується змін у вхідному та вихідному сигналах і відповідно у системних характеристиках.

Використаємо для вирішення даної задачі програмний продукт, ядро якого відображає вирази (3), (4). При відшукуванні АЧХ фільтру видається повідомлення про присутність нульових елементів у амплітудному спектрі вхідного сигналу.

Постає питання, як це можливо, якщо вираз для спектру неперервного сигналу ступеневої дії не містить нульових елементів в амплітудній частині [7]:

$$F\{1(t)\} = \dot{S}(\omega) = \pi\delta(\omega) - \frac{1}{j\omega}, \quad (16)$$

де δ – дельта-функція Дірака.

Відповідь у тому, що для знаходження виразу (16) застосовувалося неперервне перетворення Фур'є, і сигнал простягався від додатної до від'ємної нескінченності, а в ЕОМ існує сигнал скінченної тривалості виду ((10) при $n=0,1,\dots,N-1$). Відповідно для знаходження його спектру застосовувалося дискретне перетворення Фур'є (ДПФ). ДПФ сприймає сигнал тривалістю N елементів, як періодичний, з періодом N . Тобто, насправді ДПФ сприймало вираз (10) з $n=0,1,\dots,N-1$ як:

$$x_{\text{ориг.}}[n] = 1. \quad (17)$$

Вираз (17) є постійним у часі сигналом. Його неперервний аналог (при $A=1$):

$$x_{\text{ориг.}}(t) = A. \quad (18)$$

Перетворення Фур'є (18) [7]:

$$F\{x_{\text{ориг.}}(t)\} = \dot{S}(\omega) = 2\pi A\delta(\omega). \quad (19)$$

В магнітудній частині (19) містяться нульові елементи. Отже використовувати МКС до вхідного сигналу виду (10) не можна.

Змістимо початок ступеневої дії на 512 елементів в додатному напрямку осі абсцис. Додамо до вхідного сигналу адитивну перешкоду, що підкоряється нормальному закону розподілу випадкових величин. Задамо параметри нормального закону розподілу: математичне сподівання 0, середньоквадратичне відхилення 1. В якості датчика випадкових чисел з нормальним законом розподілу використаємо пакет stats субпакет random програми Maple [10].

За допомогою МКС скорегуємо вхідний та вихідний сигнали з адитивною перешкодою. Взірцевим сигналом для шуканого фільтру (рис. 1) оберемо вхідний сигнал до підмішування шуму. Очікується, що вихідний зашумлений сигнал набере форми вихідного сигналу

без шуму, як відгук на вхідну ступеневу дію без шуму, тобто, отримаємо ПХ за ПМ. Застосовуючи програмний продукт, ядро якого відображає вирази (3), (4), отримуємо вхідні та вихідні сигнали:

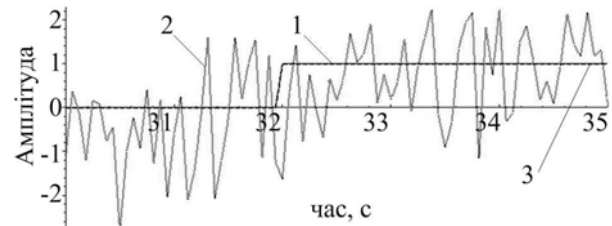


Рис. 2. Вхідні сигнали на інтервалі 30...35 с:

1 – без перешкоди без корекції; 2 – з перешкодою без корекції; 3 – з перешкодою з корекцією

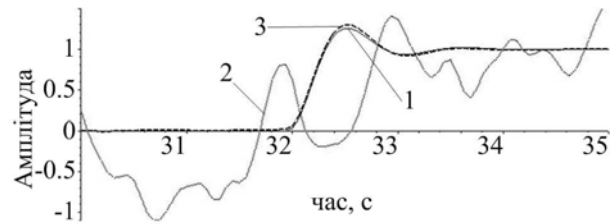


Рис. 3. Вихідні сигнали на інтервалі 30...35 с:

1 – без перешкоди без корекції; 2 – з перешкодою без корекції; 3 – з перешкодою з корекцією

Як видно з рис. 2, вхідний зашумлений сигнал (крива 2) після корекції (крива 3) дійсно прийняв форму до зашумлення (крива 1). Значного покращення зазнала форма вихідного сигналу (крива 3 на рис. 3), отримана після застосування МКС до кривої 2 на рис. 3, у порівнянні з вихідним сигналом (крива 1 рис. 3) як реакція на криву 1 рис. 2. Причому, додатково внеслися зміни через представлення сигналу у математичному апараті ДПФ (на рис. 3 не видно, через недостатньо широке часове вікно).

Як видно з рис. 3, крива 3 неточно співпадає з еталоном – кривою 1. Проаналізувавши амплітудний спектр вхідного та вихідного сигналів після корекції (криві 3 на рис. 2 та 3), знаходимо в них нульові елементи. Амплітудний спектр вхідного незашумленого сигналу (крива 1 на рис. 2) за умови його існування від додатної до від'ємної нескінченності не містить нульових елементів (див. (16) та зважаючи на те, що при зсуві сигналу змінюється лише його фазовий спектр, але не амплітудний [11]). Дискретна математична модель створена з умови, що при $t < 0$ вхідний сигнал тотожно дорівнює 0. В амплітудному спектрі цього вихідного сигналу (крива 1 на рис. 3) немає нульових елементів.

При застосуванні ж МКС використовується ДПФ, яке представляє конечний сигнал як пе-

ріодичний. Тому замість сигналу (10), зсунутого по часу, отримуємо періодичну послідовність однополюсних імпульсів (рис. 4, де N – кількість точок). Амплітудний спектр даної послідовності однополюсних імпульсів [7]:

$$|\dot{C}_n| = \frac{A\tau}{T_p} \left| \frac{\sin(n\omega\tau/2)}{n\omega\tau/2} \right|, \quad (20)$$

де τ – тривалість імпульсу; T_p – період; n – номер гармоніки; A – амплітуда імпульсів; ω – кругова частота.

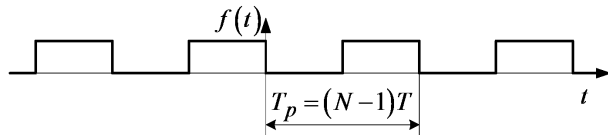


Рис. 4. Вхідний скорегований сигнал у представленні його ДПФ

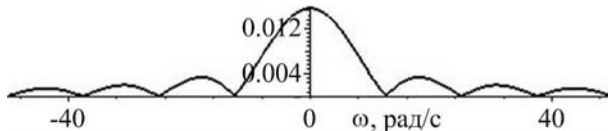


Рис. 5. Амплітудний спектр послідовності прямокутних імпульсів при $T_p = 2$, $\tau = 0.5$, $A = 1$

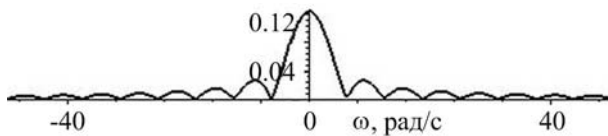


Рис. 6. Амплітудний спектр послідовності прямокутних імпульсів при $T_p = 2$, $\tau = 1$, $A = 1$

З (20) видно, що амплітудний спектр рис. 4 містить нульові елементи. Пропустивши зміщений сигнал (10) через (5), бачимо, що в спектрі вихідного сигналу немає 0 елементів.

Маємо ситуацію, коли з вхідного зашумленого сигналу, шляхом пропускання через лінійний корегуючий фільтр (рис. 1), видаляється інформація на тих частотах, на яких у взірцевому сигналі (10) (який за сумісництвом є вхідним скорегованим сигналом) містяться нульові елементи. Відповідно, за МКС при корегуванні вихідного сигналу з його амплітудного спектру також видаляється інформація на тих самих частотах. Саме тому серед іншого виникає помилка ідентифікації від застосування МКС до методу ідентифікації за ПХ. Постає невідповідність між представленням сигналів (5) та ДПФ, яке використовується в МКС.

Для подолання вказаної вище проблеми можна запропонувати змінити форму амплітудного спектру сигналу (рис. 4) таким чином,

щоб зменшити кількість нулів у ньому. З (20) видно, що на кількість нулів впливає тривалість одного імпульсу, τ (рис. 5 та 6). Таким чином, зі зменшенням тривалості прямокутного імпульсу (зміщенні його в додатному напрямку осі абсцис) точність ідентифікації ПХ буде збільшуватися, однак час, протягом якого можна спостерігати ПХ, буде зменшуватися. Постає задача оптимального вибору співвідношення якості ідентифікації ПХ та інтервалу часу, на якому ідентифікується ПХ.

Видалимо з масиву зсунутих вхідних та вихідних сигналів перші 512 елементів та наведемо системні характеристики, отримані за допомогою спеціально розробленої програми:

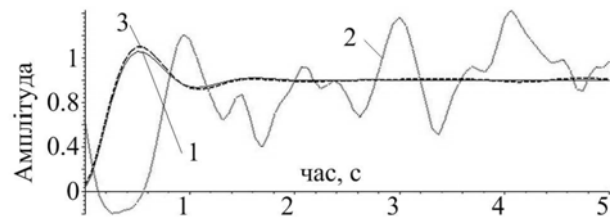


Рис. 7. ПХ на інтервалі 0...5 с:

1 – без перешкоди без корекції (відгук матмоделі коливальної ланки); 2 – з перешкодою без корекції (ППМ); 3 – з перешкодою з корекцією (ППМ)

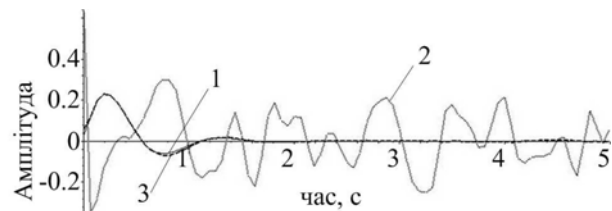


Рис. 8. ІХ на інтервалі 0...5 с:

1 – без перешкоди без корекції (ПМ); 2 – з перешкодою без корекції (ППМ); 3 – з перешкодою з корекцією (ППМ)

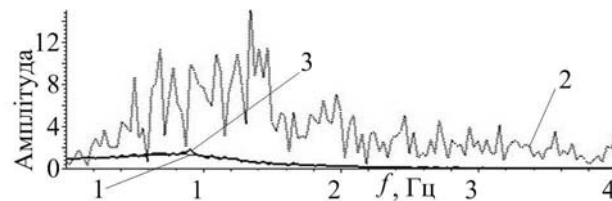


Рис. 9. АЧХ на інтервалі 0...4 Гц:

1 – без перешкоди без корекції (ПМ); 2 – з перешкодою без корекції (ППМ); 3 – з перешкодою з корекцією (ППМ)

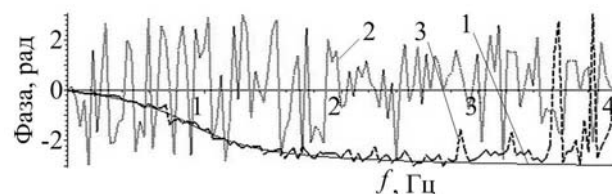


Рис. 10. ФЧХ на інтервалі 0...4 Гц:

1 – без перешкоди без корекції (ПМ); 2 – з перешкодою без корекції (ППМ); 3 – з перешкодою з корекцією (ППМ)

Таблиця 2

**Похибка ідентифікації різними методами
в залежності від застосування корекції**

Системна характеристика	ППМ (без кор.)-ПМ	ППМ (з кор.)-ПМ
ІХ	0.1581485431	0.003857025159
ПХ	0.4659866727	0.01323991152
АЧХ	3.127940917	0.05829202267
ФЧХ	3.104456434	2.293961837

З табл. 2 видно, при застосуванні МКС до ідентифікації за ПХ при зашумленому вхідному сигналі відбулося значне покращення якості ідентифікації, оцінюваного за (9): ІХ в 41 раз; ПХ в 35.2 разу; АЧХ в 53.7 разу; ФЧХ в 1.4 разу. Найменшого покращення якості ідентифікації зазнала ФЧХ, через неврахування в (9) особливостей представлення графіка ФЧХ [6].

Висновки

Ядро МКС, покликаного подолати обмеження щодо спеціальної форми тестового сигналу, полягає у приведенні спектру реального вхідного сигналу до спектру обраного (взірцевого) сигналу, який відповідає вимогам, поставленим до тестового сигналу конкретно обраного методу ідентифікації (за ПХ) [1]. Це розширює область застосування методу ідентифікації за ПХ на вхідні сигнали, форма яких недостатньо точно апроксимує форму ступеневі дії на вході, вводячи обмеження на відсутність нульових компонентів в амплітудному спектрі вхідного сигналу. Для вирішення поставленої задачі в МКС використовується ДПФ, відповідно до сигналів висуваються всі вимоги ДПФ. Точність наближення оригінального сигналу до взірцевого також обмежується ДПФ.

Зазвичай робочий вхідний сигнал є детермінованим і займає вузьку смугу частот. Для виконання вимоги МКС пропонується під час вимірювання додати до робочого вхідного сигналу перешкоду, спектр якої не містить нульових компонент на необхідному діапазоні частот. Перешкода може бути малої енергії для того, щоб не пошкодити ідентифіковану систему та не ввести її в область нелінійності, якщо за умовою задачі потрібне лінійне представлення об'єкта. Це розширює область застосування методу ідентифікації за ПХ і на об'єкти, які не можуть бути виведені з експлуатації.

Вищенаведені висновки стосувалися дискретної системи із застосуванням ДПФ. Але при вирішенні поставленої задачі стосовно неперервної системи з використанням неперервного перетворення Фур'є очікується значно

кращий результат вимірюаних системних характеристик, внаслідок відсутності ефектів, власних ДПФ.

Недоліки МКС: не дає відповідь у вигляді деякої структури системи, а знаходить лише графіки системних характеристик, хоча задача параметричної ідентифікації при заданій структурі може бути вирішена графічною ідентифікацією. Кількість степенів свободи обмежується перетвореннями Фур'є. Також МКС не враховує шум, що може виникати в об'єкті.

На думку автора, запропонований у даній роботі МКС заслуговує на увагу та подальше дослідження в наступних напрямках: застосування до методів ідентифікації за допомогою інших спеціальних сигналів; вирішення задачі ідентифікації, застосовуючи фільтр методу корекції спектрів у якості адаптивного фільтру; застосування інших адаптивних фільтрів; використання матапарату вейвлет-перетворення; вирішення задачі в часовому просторі.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Гроп, Д. Методы идентификации систем [Текст] / Д. Гроп. – М.: Мир, 1979. – 302 с.
2. Эйххофф, П. Основы идентификации систем управления. Оценивание параметров и состояния [Текст] / П. Эйххофф. – М.: Мир, 1975. – 680 с.
3. Теория передачи сигналов [Текст] / А. Г. Зюко и др. – М.: Радио и связь, 1986. – 304 с.
4. Солонина, А. И. Основы цифровой обработки сигналов [Текст] / А. И. Солонина, Д. А. Улахович, С. М. Арбузов, Е. Б. Соловьева. – СПб.: БВХ-Петербург, 2005. – 768 с.
5. Уидроу, Б. Адаптивная обработка сигналов : пер. с англ. [Текст] / Б. Уидроу, С. Стирнз. – М.: Радио и связь, 1989. – 440 с.
6. Smith, S. W. The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing [Електрон. ресурс] / Steven W. Smith – Режим доступу: <http://www.dspguide.com>
7. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов [Текст] / А. Б. Сергиенко. – СПб.: Питер, 2003. – 604 с.
8. Попов, Е. П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления [Текст] : учеб. пособие для вузов / Е. П. Попов. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 304 с.
9. Бесекерский, В. А. Теория систем автоматического регулирования [Текст] . – 3-е изд., испр. / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. – М.: Наука, 1975. – 768 с.
10. Дьяконов, В. Maple 7: учебный курс [Текст] / В. Дьяконов. – СПб.: Питер, 2002. – 672 с.
11. Сато, Ю. Обработка сигналов. Первое знакомство [Текст] / Ю. Сато. – М.: Додэка XXI, 2002. – 176 с.

Надійшла до редколегії 03.03.2009.

АНАЛІЗ УМОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ

В роботі проведено аналіз умов функціонування існуючої системи управління Держспецтрансслужби з метою поліпшення ефективності її функціонування.

В работе проведен анализ условий функционирования существующей системы управления Госспецтрансслужбы с целью улучшения эффективности её функционирования.

In the paper the analysis of functioning conditions of existing management system of Derzhspetstranssluzhba (State Special Service of Transport) is conducted with the purpose of improvement of its functioning efficiency.

Постановка проблеми

Транспортне забезпечення є одним з важливих елементів, від яких залежить успішне виконання господарчих планів у мирний час, а також військових завдань в особливий період.

Очевидно, що виконання заданого обсягу перевезень буде значною мірою залежати від надійності технічного прикриття транспортної мережі, яке покладено на Державну спеціальну службу транспорту (ДССТ), яка сьогодні входить до складу Міністерства транспорту та зв'язку України, але у воєнний час вирішує завдання із транспортного забезпечення бойових дій Збройних Сил (ЗС). Перетворення залізничних військ Міністерства оборони в ДССТ супроводжувалося значною зміною й розширенням завдань, покладених на них. Разом з тим, система управління ДССТ залишалася практично такою, якою вона була тоді, коли залізничні війська вирішували завдання тільки з прикриття залізниць.

Актуальність

У процесі реформування залізничних військ в ДССТ, як основній силі технічного прикриття залізниць, були запропоновані деякі заходи щодо підвищення ефективності системи управління. Практика показала, що головною перешкодою на шляху реалізації цих заходів є недосконалість науково-теоретичної бази формування і функціонування системи управління технічним прикриттям транспортної мережі у сучасних умовах. До того ж, відсутність загальних і часткових критеріїв оцінки якості системи управління і її окремих елементів не дозволяє установити реальний ступінь відповідності існуючої системи пропонованим вимогам, а також об'єктивно оцінити переваги і недоліки

нових пропозицій щодо удосконалення управління силами і засобами технічного прикриття.

Основний матеріал

Організація управління військами докладно розглянута в роботах радянських вчених Алтухова П. К., Афонського І. В., Беспалова В. А., Веремєєва А. А., Гладких В. П [1 – 3]. Сучасні погляди на загальну теорію управління військами були висловлені вченими України в ряді наукових праць [4 – 5].

На жаль, дослідження щодо удосконалення системи управління силами технічного прикриття не набули подальшого розвитку в Україні в пострадянський період.

Проведений аналіз існуючої системи управління Державної спеціальної служби транспорту показує, що її можливості не повністю відповідають обсягу завдань, які нині вирішують підрозділи ДССТ на технічному прикритті транспортної мережі. В нових умовах органи управління обробляють інформацію і приймають рішення не завжди своєчасно і обгрунтовано.

Це пояснюється такими чинниками:

- зростанням навантаження на органи управління ДССТ у зв'язку з переходом до Міністерства транспорту і поширенням при цьому завдань технічного прикриття національної транспортної мережі;
- зростанням у нових умовах відповідальності органів управління ДССТ за прийняття своєчасних і обгрунтованих рішень з технічного прикриття;
- скороченням в останні роки кількості частин і чисельності особового складу підрозділів ДССТ;

- появою нових автоматизованих систем управління підрозділами, які потребують більш високої кваліфікації посадових осіб;

- не вирішеністю кадрових проблем укомплектування органів управління ДССТ.

Звідси виникає необхідність удосконалення існуючої методики обґрунтування вимог до системи управління ДССТ.

Це пов'язано з недоліками існуючої методики обґрунтування вимог до системи управління, які стали більш помітними в умовах зростання навантаження на органи управління. Можна говорити про те, що існуюча методика оцінювання укомплектованості та професійної підготовки органів управління є недостатньо коректною [6, 7]. Крім того, в існуючій методиці відсутній порядок розрахунку такого показника, як необхідна кількість пунктів управління в системі управління.

У роки Великої Вітчизняної війни планування виробничої діяльності залізничних військ фронту звичайно не виходило за рамки порівняно нескладних аналітичних розрахунків, тобто перебувало в прийнятих межах можливостей апарату управління всіх рівнів, хоча, безумовно, для прогнозування і найпростішого моделювання ситуацій, аналізу й оцінювання варіантів можливих рішень були потрібні більші фізичні й розумові зусилля відповідних посадових осіб, залучення їхнього досвіду, інтуїції і таланта. Слід зазначити, що в минулому був досягнутий високий рівень підготовки більшої частини фахівців в органах управління залізничних військ.

Зовсім інше положення склалося в післявоєнний період і особливо нині. Безупинно зростає динамізм ситуацій у політичній, соціально-економічній і оперативно-стратегічній обстановці, що значно ускладнює їхній своєчасний й об'єктивний аналіз і оцінювання традиційними емпірично-інтуїтивними методами. Тут проявляється відома закономірність управління складними об'єктами, відповідно до якої складність завдань управління перебуває в експонентній (у найпростіших випадках – квадратичній) залежності від динаміки зміни інформаційних факторів керованої ситуації, що, у кінцевому рахунку, приводить до формування так званого другого інформаційного бар'єру [2].

Аналіз ролі і місця системи управління, умов її функціонування, усієї сукупності факторів у їхній взаємозалежності і взаємовпливи дозволяє встановити, що на сучасному рівні вимог до системи управління зросла ціна часу і якості рішення. Забезпечення необхідної опера-

тивності управління, при досить високому рівні інших складових цього процесу, досягається наявністю в системі управління цілого ряду відповідних властивостей. До числа найбільш важливих з них, не применшуючи значимості й інших, можна віднести дві узагальнені властивості: стійкість і працездатність. Такий підхід цілком виправданий. Стійкість управління досягається виконанням ряду організаційно-технічних заходів. Як було показано раніше, заходи щодо забезпечення необхідної живучості є основними. Працездатність органу управління досягається наявністю особового складу, його кваліфікацією і злагодженостю у роботі.

Аналіз особливостей виконання завдань за штатним призначенням силами ДССТ дозволив установити, що їхня специфіка певною мірою посилює вимоги до системи управління, рівні підготовки посадових осіб органу управління. Причому суть посилення вимог міститься в необхідності створення і утримання в системі управління деякого резерву часу. Наявність такого резерву зумовлено необхідністю в ході оперативного управління виконувати досить складні операції з аналізу і прийняття рішень у зв'язку з невиконанням встановлених завдань деякими виконавцями. Наявність такого резерву необхідна для своєчасного впливу на виниклу ситуацію: посилення органів управління, виділення ресурсів виконавцям у зв'язку з втратами або збільшенням обсягу відновлювальних робіт.

Разом з тим, можна з достатньою упевненістю зробити висновок про вирішальний вплив фактору управління на загальний вигляд і ефективність функціонування систем відновлення і технічного прикриття транспортної мережі. Більш того, ступень цього впливу має тенденцію зростання, а реалії сьогодення вимагають виходу на зовсім інший, якісно новий рівень управління складним виробничим процесом.

У сучасних умовах вироблення управлінських рішень є найбільш складним завданням, а ціна вчасно прийнятого обґрунтованого рішення з відновлення, технічного прикриття транспортної мережі у сучасних умовах постійно зростає. Це зумовлено значимістю транспортних комунікацій для транспортного забезпечення військ.

Висновки

Існуюча система управління ДССТ свідчить про те, що рівень працездатності органів управління неповною мірою відповідає обсягу

тих завдань, які підрозділи ДССТ повинні вирішувати за своїм призначенням. Це негативно впливає на ступінь реалізації підрозділами Служби своїх виробничих можливостей під час відновлення пошкоджених об'єктів. Нині прогнозування укомплектованості органів управління в ході виконання завдань здійснюється на основі не зовсім коректної оцінки можливих втрат особового складу органів управління, а саме за коефіцієнтом втрат, загальним для всіх підрозділів ДССТ. Існуючий спосіб підбору спеціалістів для укомплектування органів управління є недосконалим. Існуючі методики обґрунтування вимог до системи управління неповною мірою враховують деякі істотні фактори роботи органів управління Держспецтрансслужби.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Основы теории управления войсками [Текст] / П. К. Алтухов и др. – М.: Воениздат, 1984. – 221 с.
2. Беспалов, В. А. Наука и искусство принятия управленческих решений [Текст] : учебн. пособие / В. А. Беспалов. – К.: Высш. шк., 1985 – 135 с.
3. Веремеев, А. А. Эффективность системы управления как функция работоспособности органов управления [Текст] / А. А. Веремеев, В. П. Гладких // Сб. тр. ВАТТ. – СПб., 2004. – Вып. 42 (54). – С. 9.
4. Теоретичні основи оцінки боєздатності органів управління Держспецтрансслужби при виконанні завдань за призначенням [Текст] / М. І. Мальков та ін. // Тези LXVI міжн. наук.-практ. конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (11-12.05.2006). – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2006. – 281 с.
5. Мальков, М. И. Выработка решений восстановления, развития и интеграции производственных объектов транспорта [Текст] / М. И. Мальков, А. В. Радкевич, И. Д. Павлов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2005. – Вип. 6. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2005. – С. 126-131.
6. Денисов, А. А. Теории больших систем управления [Текст] / А. А. Денисов, Д. Н. Колесников. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 288 с.
7. Кульба, В. В. Управление в чрезвычайных ситуациях [Текст] / В. В. Кульба, Н. А. Архипов. – М.: Высш. шк., 1994. – 196 с.

Надійшла до редколегії 24.12.2008.

АНАЛІЗ ДІАГРАМ ЦИКЛІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ МЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ

Розглянуто питання оцінки характеру зміни співвідношення між амплітудою та кількістю циклів навантаження до руйнування зразків з вуглецевої сталі.

Рассмотрены вопросы оценки характера изменения соотношения между амплитудой и числом циклов нагружения до разрушения образцов углеродистой стали.

The questions of estimation of change character of relationship between amplitude and number of loading cycles up to fracture of specimens of carbon steel are considered.

Аналіз характеру поведінки металів під час циклічного навантаження вказує на визначену залежність не тільки від параметрів самого навантаження, а і від особливостей їх внутрішньої будови. Накопичення експериментальних даних по впливу окремих факторів на циклічну міцність металевих матеріалів вимагає розробки аналітичних методів оцінки опору зародженню осередків руйнування.

До одного із напрямків вирішення наведеного питання необхідно віднести використання емпіричних залежностей, заснованих на існуванні співвідношень між міцнісними характеристиками при статичних, односпрямованих і циклічних навантаженнях [1]. Найбільш відомі залежності мають вигляд:

$$\sigma_{-1} \sim A \cdot \sigma_b, \quad (1)$$

де σ_{-1} – межа втомлення; σ_b – межа тимчасового опору руйнуванню; A – коефіцієнт пропорційності.

Використання кореляційних співвідношень типу (1) має достатньо обмежений характер і може бути застосоване тільки для оціночних розрахунків при поточному виробництві, при незмінних хімічному складі, структурному стані та ін. Окрім цього, хибність такого підходу обумовлена ще і значними розбіжностями по характеру розвитку процесів структурних змін під час навантаження при втомленні та статичному деформуванні. Таким чином, виникає необхідність виведення більш універсальних співвідношень, які б дозволяли досліджувати характер поведінки металів і сплавів з урахуванням визначених умов навантаження.

Величина межі втомлення, як показано в дослідженнях [2 – 4], залежить від великої кількості чинників, які мають визначений характер впливу. Причому, саме вплив має свій відбиток

на характері зміни реакції досліджуваного металу в процесі навантаження.

Розглядаючи діаграму циклічного навантаження як інтегрально залежну від різноманітних впливів, вивід аналітичного співвідношення, яке дозволить прогнозувати хід кривої, особливості її будови може розглядатися як достатньо перспективний напрямок дослідження процесів втомлення. Щодо вигляду самого співвідношення, то, у першому наближенні, характер залежності кількості циклів навантаження до руйнування зразка (N) від амплітуди навантаження (σ), наведений на рис. 1, може бути описаний рівнянням типу [5]:

$$\sigma = K \cdot N^{-n}, \quad (2)$$

де K – постійна величина; n – показник ступеня.

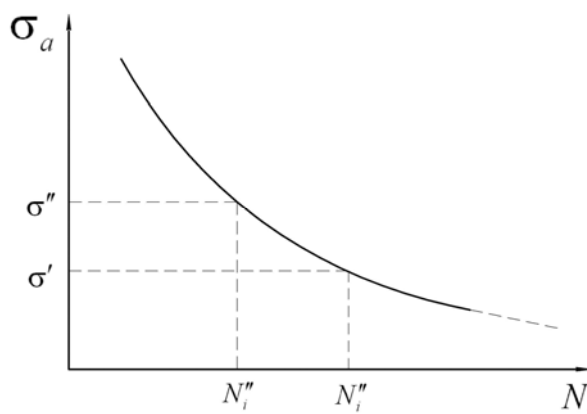


Рис. 1. Крива втомлення з обмеженою витривалістю ($\sigma'' > \sigma'$, $N_i' > N_i''$)

Враховуючи, що наведена діаграма відноситься до діаграм втомлення з обмеженою витривалістю, зменшення амплітуди навантаження супроводжується закономірним зростанням кількості циклів, які витримує метал до руйну-

вання. Розглядаючи можливі межі зміни параметрів рівняння (2), визначимо, що, наприклад, показник ступеня (n) змінюється в інтервалі $0 < n < n'$, де n' – деяке значення, яке залежить від досліджуваного впливу. За $n \rightarrow 0$, $\sigma \rightarrow K$ аналогічні умови можуть бути досягнуті й при $N=1$. На підставі цього можна бути впевненим, що величина K представляє собою напруження циклу, коли після першого навантаження виникають осередки з субмікротріщинами, спроможними до прискореного росту.

Асимптотичне наближення кривої до осі абсцис являє собою ознаку, яка вказує на можливість використання рівняння (2) для аналізу кривих втомлення наведеного типу. З іншого боку, пошук можливих зв'язків характеристик, які входять до рівняння (2), з параметрами внутрішньої будови металу, особливостями навантаження дозволить більш детально їх аналізувати. Однією з таких характеристик може бути відношення, яке засноване на впливі темпу зниження амплітуди до збільшення швидкості зростання циклів навантаження, які витримує метал до руйнування. З цією метою, проведення диференціювання співвідношення (2) приведе до наступного:

$$d\sigma = -n \cdot K \cdot N^{-(n+1)} \cdot dN, \quad (3)$$

$$\frac{d\sigma}{dN} = -n \cdot K \cdot N^{-(n+1)}. \quad (3a)$$

Після перетворень, залежність (3a) приймає вигляд:

$$\frac{d\sigma}{dN} = \frac{-n \cdot K \cdot N^{-n}}{N}. \quad (4)$$

Враховуючи, що $\sigma = K \cdot N^{-n}$, після підстановки (2) в (4) остаточно отримаємо:

$$\frac{d\sigma}{dN} = -\frac{n \cdot \sigma}{N}. \quad (5)$$

Аналіз наведеного співвідношення (5) показує, що величина $\frac{d\sigma}{dN}$, являючи собою тангенс кута нахилу дотичної в точці на кривій втомлення з визначеними координатами, в значній ступені залежить від показника ступеня n . Враховуючи, що розвиток процесів структурних перетворень, під час циклічного навантаження, відбувається послідовно і у відповідності з умовами навантаження, представляє неабиякий інтерес оцінити інтервал можливого використання співвідношення (2). Для цієї мети розглянемо умови навантаження, яким відпові-

дають структурні перетворення в металі, коли релаксаційні процеси спроможні компенсувати збільшення щільності дефектів кристалічної будови при циклічному деформуванні. За такими умовами $N \rightarrow \infty$, а величина $\sigma \rightarrow 0$. Підставляючи наведені значення ($N \rightarrow \infty, \sigma \rightarrow 0$) в співвідношення (5) отримаємо:

$$\frac{d\sigma}{dN} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{-n \cdot 0}{\infty}. \quad (6)$$

Для визначення значення $\frac{d\sigma}{dN}$ за цими умовами скористуємося правилом Лопітала [6]:

$$\frac{d\sigma}{dN} = \lim_{\substack{N \rightarrow \infty \\ \sigma \rightarrow 0}} -\frac{n \cdot (\sigma)'}{(N)'} = -n. \quad (7)$$

Таким чином, можна вважати, що мінімально значення величини $\frac{d\sigma}{dN}$, що спостерігаються, повинні дорівнювати за абсолютною величиною показнику ступеня n . Можливість використання співвідношення (2) для аналізу поведінки металу при циклічному навантаженні, було перевірено на прикладі кривої Велера при навантаженнях за схемою згин з обертанням. Матеріал для дослідження – вуглецева сталь з кількістю вуглецю 0,45 %. На рис. 2 наведений вигляд діаграми циклічного навантаження.

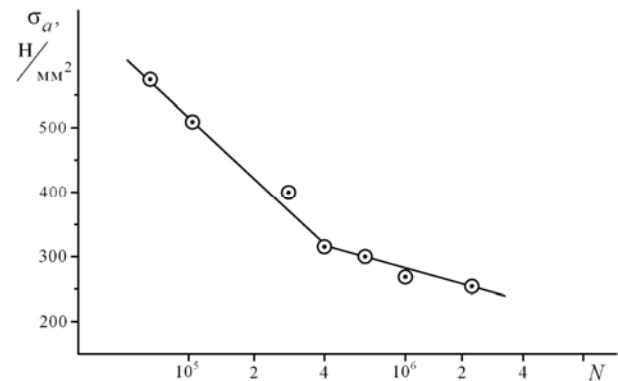


Рис. 2. Крива циклічного навантаження сталі 45 за схемою згин з обертанням

Визначення параметрів рівняння (2) проведемо після логарифмування попереднього переписаного співвідношення $\sigma = K \cdot \left(\frac{1}{N}\right)^n$:

$$\lg \sigma = \lg K + n \lg \left(\frac{1}{N}\right). \quad (8)$$

Вигляд кривої Велера, побудованої в логарифмічних координатах $\lg \sigma - \lg \left(\frac{1}{N} \right)$, наведений на рис. 3.

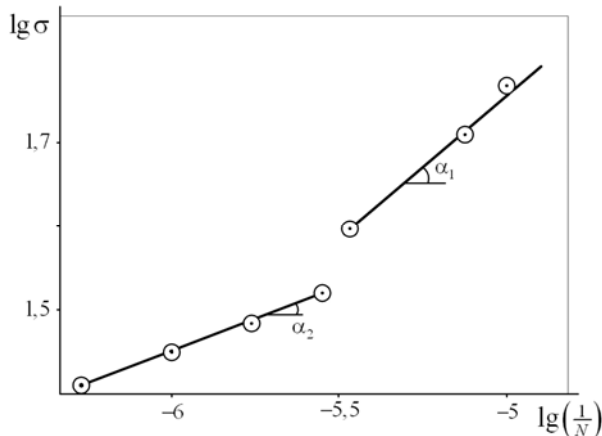


Рис. 3. Крива циклічного навантаження сталі 45 в логарифмічних координатах

Із аналізу логарифмічної кривої визначаємо показник ступеня n , який являє собою тангенс кута нахилу досліджуваної ділянки:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta \lg \sigma}{\Delta \lg \left(\frac{1}{N} \right)}. \quad (9)$$

Враховуючи, що досліджувана крива циклічного навантаження складається тільки з двох частин (відсутня третя частина, яка обумовлена необмеженою витривалістю), показник ступеня має відповідні два значення. Для області малоциклового втомлення (I) $n_1 = 0,375$, для багатоциклового $n_2 = 0,16$. На підставі існування двох ділянок з різними значеннями показника ступеня можна вважати, що зміна n обумовлена, в першу чергу, зміною механізму формування мікротріщини під час циклічного навантаження. Так, дійсно, якщо основним механізмом зародження мікротріщини в області I є формування фрагментів, на які підрозділяється зерно фериту, а потім по межах фрагментів зростає тріщина втоми, то для області II меха-

нізм інший [1]. В цьому випадку більш повільніший темп накопичення дефектів кристалічної будови, разом з розвитком релаксаційних процесів, приводить до стрибкоподібної зміни величини n . Крім цього, будова діаграми втомлення в логарифмічних координатах дозволяє визначити існування точки розриву (значення $(-5,5)$ по шкалі абсцис), чого неможливо було спостерігати на кривій в звичайних координатах (рис. 2).

Таким чином, наведений аналіз кривих циклічного навантаження є достатньо перспективним в напрямку визначення характеру структурних змін у сталевих виробках, які мають різний структурний стан після різноманітних термічних та термомеханічних зміцнюючих обробок.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Трошенко, В. Т. Усталость и неупругость металлов [Текст] / В. Т. Трошенко. – К.: Наук. думка, 1971. – 267 с.
2. Вакуленко, И. А. Влияние морфологии и дисперсности цементита на усталостную прочность углеродистых сталей [Текст] / И. А. Вакуленко, О. Н. Перков // Металлы (РАН). – 2008. – № 3. – С. 52-55.
3. Вакуленко, И. А. О механизме влияния размера зерна феррита на усталостную прочность углеродистой стали [Текст] / И. А. Вакуленко, О. Н. Перков, В. Г. Раздобреев // Металлы (РАН). – 2008. – № 3. – С. 56-59.
4. Вакуленко, И. О. Аналіз структурних змін в металі залізничних коліс при їх експлуатації [Текст] / І. О. Вакуленко, М. А. Грищенко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 22. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 168-171.
5. Медведев, С. Ф. Циклическая прочность металлов [Текст] / С. Ф. Медведев. – М.: Машгиз, 1961. – 303 с.
6. Выгодский, М. Я. Справочник по высшей математике [Текст] / М. Я. Выгодский. – М.: Наука, 1975. – 871 с.

Надійшла до редколегії 02.02.2009.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИРІШЕННЯ ПИТАНЬ З ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІС І БАНДАЖІВ

Аналіз зміни структури після різноманітних термомеханічних обробок вуглецевої сталі дозволяє визначити умови щодо підвищення безпеки експлуатації залізничних коліс і бандажів.

На основе исследования изменения структуры углеродистой стали после различных термомеханических обработок определены условия повышения эксплуатационной безопасности железнодорожных колес и бандажей.

The conditions of improving the operational safety of rail wheels and tread bends are determined on the basis of investigation of the structure change in carbon steel after different thermomechanical treatments.

В останні десятиріччя прискорений розвиток промисловості супроводжувався неухильним зростанням інтенсивності експлуатації залізничного транспорту. При цьому одночасне підвищення навантаження на вісь колісної пари, разом із зростанням швидкості руху, супроводжувалося закономірним збільшенням кількості випадків передчасного вилучення коліс і бандажів із експлуатації [1]. На підставі цього, тільки для компенсації вилучених коліс необхідно нарощувати їх виробництво приблизно на рівні 5...10 % на рік [2]. З урахуванням наведеного стає актуальною проблема підвищення експлуатаційної безпеки залізничного транспорту. Проблема достатньо складна і залежить від вирішення низки питань, які обумовлюють визначені впливи на рівень експлуатаційної безпеки коліс і бандажів.

Так, при експлуатації рухомого складу в різних кліматичних умовах використання матеріалів для виготовлення гальмівних колодок з підвищеним коефіцієнтом тертя, навіть за умови незмінності коефіцієнта температуропровідності, в значній ступені ускладнюються умови роботи таких важливих опорних елементів, як залізничні колеса та бандажі. Експлуатаційні властивості коліс і бандажів в значній мірі обумовлені спроможністю витримувати численні напруження, що циклічно змінюються, які викликані статичними та динамічними навантаженнями. Окрім геометричних розмірів та особливостей будови коліс і бандажів, надійність експлуатації в значній ступені залежить від комплексу властивостей сталей, з яких вони виготовлені.

Одним із напрямків вирішення наведеної проблеми є використання сталей з підвищеною якістю. Пропозиція складається з питань, які вирішуються на рівні металургійної галузі –

зниження ступеня забруднення сталі по неметалевих включеннях різної природи походження, по хімічних елементах, які відносяться до розряду шкідливих домішок та ін. Другий напрямок – це запровадження для виготовлення опорних елементів рухомого складу низьковуглецевих марок сталей, таких як, наприклад, 60ГФ, 65Г замість середньо- та високовуглецевих. Однак, тільки зміна хімічного складу сталей не буде достатньо ефективним важелем впливу на комплекс властивостей порівняно із впливом структурного стану металу. Так, на підставі аналізу виникаючих напружень в залізничному колесі під час експлуатації, розробка пропозицій із вдосконалення технології термічного зміцнення буде неодмінно сприяти підвищенню комплексу властивостей. Один із прикладів вирішення цього питання – використання зміцнюючої обробки окремих елементів залізничного колеса, з урахуванням перетину металу та конструктивних особливостей будови. Додаткове інтенсивне охолодження металу в місцях переходу диску до обода сприяло не тільки підвищенню швидкості охолодження обода, але і дало змогу підвищити тріщиностійкість в наведених місцях залізничного колеса [3].

Позитивний вплив на комплекс властивостей обумовлено в першу чергу підвищенням опору зародженню мікротріщин при експлуатації залізничних коліс. Це досягається розвитком процесів структуроутворення за проміжним механізмом – коли паралельно з механізмом зсуву зміна структури відбувається за процесами дифузійного масопереносу [4]. Виникаючий при такому прискореному охолодженні (при виготовленні колеса) градієнт температур по перетину елемента колеса супроводжується неодмінними структурними змінами

внутрішньої будови металу, що в свою чергу сприяє формуванню потрібної системи внутрішніх напружень. Враховуючи, що умови зародження мікротріщин під час експлуатації коліс і бандажів в значній ступені обумовлені рівнем і знаком остаточних внутрішніх напружень, сформованих при термічних зміцнюючих обробках, для зниження цих напружень колеса піддають відпуску. Використання тепла від внутрішніх об'ємів металу дозволяє розігріти поверхневі прошарки прискорено охолодженої сталі до рівня впливу, як при окремому розігріві до 500 °С. В наведених прошарках термічно зміцненого металу за рахунок зміни температурного поля виникаючі напруження сприяють збільшенню щільності дефектів кристалічної будови і, як наслідок цього, прискорюються процеси сфероїдизації попередньо сформованих дрібнодисперсних карбідних часток. На підставі цього, в залежності від відстані від поверхні виробу (ободу колеса) спостерігається визначене співвідношення між кількістю карбідних часток пластинкової та глобулярної форми. Необхідність підтримки визначеного співвідношення між частками з різною морфологією обумовлено зміною характеру впливу часток на розвиток процесів деформаційного зміцнення металу при розвитку пластичної деформації. Наведене питання є одночасно важливим і складним, особливо за умови залежності початкових етапів зародження субмікротріщин в металі, які зв'язані з характером опору сталі перетворенню негомогенностей дислокаційного розподілу в структурі на осередки тріщин. Так, порівняно з пластинковою формою цементиту, який у складі перлітної колонії спроможний витримувати великі пластичні деформації [4], глобулярний, навпаки, залишається практично незмінним. Таким чином, необхідно відзначити, що різна морфологія карбідної складової структури, якісно змінюючи характер розвитку процесів деформаційного зміцнення, неодмінно впливає на тріщиностійкість металу.

Розвиток процесів дисперсійного зміцнення фериту від присутності глобулярних часток, в свою чергу, в значній ступені обумовлені розташуванням часток відносно великокутових границь матриці металу. При розташуванні глобулів цементиту примусово по великокутових границях зерен фериту спостерігається підвищення опору металу процесам зародження мікротріщин [4]. Наведений вплив зв'язаний із зростанням одночасно кількості місць зародження дислокацій, при розвитку пластичної течії, і їх анігіляції. Отже, можливість достат-

ньо легкого виведення дислокацій, після створення акту пластичної деформації, із об'єму металу навколо площини ковзання є важливим питанням. Враховуючи, що при розташуванні глобулів по великокутових границях фериту міжфазова ферит-цементит поверхня спроможна виконувати функції як місця зародження, так і анігіляції дислокацій при деформації вуглецевої сталі [5]. Таким чином, збільшення площини міжфазової поверхні буде сприяти зростанню критичного ступеня деформації, після якої спостерігаємо появу перших субмікротріщин (збільшення тріщиностійкості металу).

В інших випадках, коли, наприклад, розмір зерна фериту значно перебільшує міжкарбідну відстань в глобулярних структурах, зростання кількості карбідних часток буде сприяти примноженню кількості місць зародження дислокацій, але не буде впливати на кількість місць анігіляції. Обумовлено це тим, що міжфазова поверхня цементит-ферит є зовнішньою поверхнею, і на ній може відбуватися анігіляція дислокацій тільки у випадку, коли частка розташовується в кристалографічній площині ковзання дислокацій. Великокутові ж границі зерен фериту, навпаки, являють собою поверхні, які обмежують об'єми металу, в яких відбувається розвиток пластичної деформації. Тоді дислокації, якщо не будуть загальмовані в середині зерна фериту, будуть мати вихід на феритну границю, а це вже акт анігіляції. В цьому випадку зростання кількості глобулів цементиту буде сприяти достатньо швидкому збільшенню дислокацій, які після акту пластичного деформування будуть залишатися в системі, ускладнюючи протікання пластичної течії металу. Дуже швидко накопичення дислокацій приведе вже на початкових етапах деформування до прискореного виникнення неоднорідностей в розташуванні дислокацій і, як наслідок цього, до формування осередків перших субмікротріщин у феритній складовій структури.

На підставі проведеного аналізу залежності розвитку процесів структурних перетворень в вуглецевих сталях з різним структурним станом під час експлуатації залізничних коліс стає можливим розпочати розробку пропозицій із визначенню змін до нормативно-технічної документації як на виготовлення виробу, так і до умов його експлуатації.

За умови незмінності геометричних розмірів коліс і бандажів, стану рейкового господарства, зниження верхньої межі по кількості вуглецю в сталі приведе, в середньому, до підвищення об'ємної частки структурновільного фериту – а

це напрямом зростання тріщиностійкості залізничних коліс. Для бандажів картина дещо інша. Якщо в ободі залізничного колеса обов'язково повинні бути сформовані напруження стискування, що сприяє гальмуванню процесів зародження і зростання тріщин, то після посадки бандажа на центр формуються тільки напруження розтягнення. Таким чином, достатньо важливим стає питання визначення співвідношення між внутрішнім діаметром бандажу та посадочним діаметром центра. Перегляд питань стосовно обмежень по інтервалу коливань указаних геометричних розмірів дозволить, без зниження якості посадки бандажу на центр, знизити рівень остаточних напружень розтягнення в бандажі після операції збирання колеса.

Проведення наведених робіт буде сприяти вирішенню питань стосовно підвищення експлуатаційної безпеки залізничних коліс і бандажів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Исследование повреждений и причин преждевременного выхода железнодорожных колес из эксплуатации [Текст] : отчет о НИР. – Д., 2007. – № ГР 0108и003063. – 76 с.
2. К вопросу надежности и долговечности железнодорожных колес [Текст] / О. Н. Перков и др. // 36. наук пр. Нац. гірн. акад. «Теория и практика металлургии». – Д., 2008. – № 3. – С. 43-46.
3. Вакуленко, И. А. Использование термического упрочнения элементов железнодорожных колес с целью повышения эксплуатационной надежности [Текст] / И. А. Вакуленко, О. Н. Перков // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 24. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 195-196.
4. Вакуленко, И. А. Морфология структуры и деформационное упрочнение стали [Текст] / И. А. Вакуленко, И. И. Большаков. – Д., 2008. – 196 с.
5. Бабич, В. К. Деформационное старение стали [Текст] / В. К. Бабич, Ю. П. Гуль, И. Е. Долженков. – М.: Металлургия, 1972. – 320 с.

Надійшла до редколегії 17.01.2009.

Т. М. МЕЩЕРЯКОВА (Львівська філія ДПТУ), М. О. КУЗІН (Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАНУ, Львів)

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОСТРУКТУРИ ПІДШИПНИКОВИХ СПЛАВІВ У ЗОНІ ТЕРТЬОВОГО КОНТАКТУ

Показана можливість використання імітаційних моделей структури і варіаційних моделей механіки для визначення кількості і розмірів фаз в антифрикційних сплавах з підвищеною зносостійкістю. Реалізація моделей на рівні числових оцінок дозволила встановити, що оптимальними параметрами мікроструктури бабіту Б16, при яких підвищується його зносостійкість, є наявність в сплаві 56 % зміцнюючої фази SnSb, розмір якої складає 47 мкм.

Показана возможность использования имитационных моделей структуры и вариационных моделей механики для определения количества и размеров фаз в антифрикционных сплавах с повышенным сопротивлением изнашиванию. Реализация моделей на уровне числовых оценок позволила установить, что оптимальными параметрами микроструктуры баббита Б16, при которых повышается его износостойкость, является присутствие в сплаве 56 % упрочняющей фазы SnSb, размер которой 47 мкм.

The possibility of using the simulation structure models and variation models of mechanics is shown for finding quantity and size of antifriction alloy phase with raised wear resistance. The numerical realization of models displays that the optimal value of structure parameters of babbit B16 is 56 % of hardening phase SnSb with average size of 47 mkm.

Вступ

В тягових двигунах електровозів, що працюють на залізницях України, використовують бабітові вкладиші підшипників ковзання. Їх виготовлення і ремонт проводять методом відцентрового лиття.

Відцентрові сили впливають на формування структури, оскільки до складу бабіту входять фази з різними фізико-хімічними властивостями. Зокрема, тверді включення SnSb мають питому вагу $6,3 \text{ г/см}^3$, $\text{Cu}_3\text{Sn} - 7,86 \text{ г/см}^3$, а Pb – $11,34 \text{ г/см}^3$.

Довговічність і надійність роботи підшипників в умовах дії інтенсивних зовнішніх навантажень визначаються внутрішньою структурою матеріалу в зоні контакту та умовами експлуатації. У випадку, коли умови експлуатації задані, єдиним фактором, що визначає довговічність деталі, є її внутрішня будова.

Дана робота присвячена питанням побудови математичних моделей механіки, що дозволяють визначати оптимальну структуру металічних систем за критерієм зносостійкості при заданих режимах експлуатації.

Формування поверхневих неоднорідних структур вимагає розвитку наукових підходів та методик розрахунку параметрів структури матеріалів контактуючих систем за критерієм зносостійкості [2, 4, 5, 14, 19, 20]. У зв'язку з цим математичне моделювання поведінки структурно неоднорідних металічних систем в

умовах фрикційного навантаження та побудова алгоритмів аналітико-числового дослідження процесів їх зношування з урахуванням впливу параметрів мікроструктури відноситься до актуальних завдань [9].

Аналіз сучасних моделей механіки показує, що при інженерних розрахунках металічних тіл, які знаходяться в умовах тертьового контактного навантаження, матеріал цих тіл розглядається як однорідний та ізотропний.

Але більшість антифрикційних сплавів представляють собою неоднорідні матеріали, в яких структурні складові мають розміри, співрозмірні з розмірами плям контакту. Питання впливу параметрів структури таких сплавів на їх поведінку в умовах фрикційного навантаження та зношування через складність не знайшло широкого відображення в наукових дослідженнях.

Фізико-механічні властивості складових, а також їх стереометричні характеристики є відомими, але можуть суттєво відрізнитись. В зв'язку із цим підходи, що розвинуті для опису процесів в гомогенних металічних системах, а також розв'язки відповідних крайових задач не можуть бути безпосередньо використані для гетерогенних матеріалів. Тому розробка підходів та методів побудови математичних моделей механіки при аналізі процесів тертя і зношування повинні базуватись на сучасних моделях гетерогенних тіл.

Сплави, в структурі яких присутні тверда і м'яка складові, мають ряд переваг, особливо в умовах контактної взаємодії і зношування. Дискретні елементи твердої складової забезпечують такі властивості матеріалу, як міцність, жорсткість, зносостійкість; м'яка складова надає йому пластичність і в'язкість, а також забезпечує передачу і перерозподіл зовнішніх напружень на тверді елементи структури матеріалу. Очевидно, що при розв'язанні задач про фрикційне навантаження і зношування таких матеріалів не можна використовувати тільки ті характеристики, якими оцінюють об'ємні механічні властивості металічних систем. Необхідно враховувати специфічні характеристики окремих фаз і структурних складових приповерхневих шарів, які руйнуються в умовах тертя і мають середній розмір 0,1...3 мкм. Така масштабна границя пов'язана із максимально можливою довжиною пробігу дислокацій.

Для чисельного моделювання структури гетерогенного середовища використали моделі, що розглядають його на трьох рівнях ієрархії. Мікрорівень – відповідає об'єму фази, який описується підходами механіки суцільного середовища. Мезорівень – включає в себе структурні складові, в яких формуються локальні властивості структурно-неоднорідного матеріалу, що складається із однієї або декількох фаз. На макрорівні гетерогенне середовище розглядається як однорідний матеріал, ефективні властивості якого є постійними по просторових координатах.

При визначенні параметрів структури сплавів з підвищеною зносостійкістю вирішуються дві задачі: 1) визначення вмісту структурних складових; 2) розрахунок їх розмірних величин.

Узагальнену схему розв'язку задачі визначення оптимального вмісту структурних складових можна подати у вигляді алгоритму:

- 1) побудова комп'ютерної моделі структури для різного вмісту складових;
- 2) визначення ефективних механічних властивостей отриманих структур;
- 3) аналітичний опис отриманих результатів;
- 4) оптимізація отриманих залежностей за вмістом складових.

Для дослідження властивостей гетерогенних матеріалів будували геометричні моделі, які представляють собою комп'ютерні еквіваленти структури, що отримуються при дослідженні шліфів зразків сплавів. При цьому структурні складові і окремі фази моделюються геометричними фігурами. Модель структури представляє собою фігуру певного об'єму, що заповнена геометричними елементами із заданими пара-

метрами, які представляють структурні складові, або фази матеріалу [13].

Визначення макрохарактеристик модельних структур проводили з використанням теорії ефективних властивостей. Згідно цієї теорії, якщо реакція структурно-неоднорідного матеріалу на зовнішнє навантаження еквівалентна реакції деякого однорідного матеріалу, який знаходиться в аналогічних умовах навантаження, то властивості такого матеріалу можуть бути прийняті в якості ефективних властивостей структурно неоднорідного матеріалу [18].

Для визначення механічних властивостей фрагментів модельних структур було розроблено програмне забезпечення, яке дозволило за допомогою методу скінчених елементів та теорії ефективних властивостей визначити пружні характеристики отриманих структур. Використання отриманих залежностей модуля пружності і коефіцієнта Пуассона від відсоткового вмісту складових у формулах молекулярно-механічної теорії тертя [12] дає можливість проводити оптимізацію структури за фазовим складом [13].

Для визначення оптимальних розмірних параметрів структурних складових в роботі був запропонований варіант побудови варіаційної моделі механіки поведінки твердих гетерогенних тіл в умовах фрикційних навантажень з використанням підходів, представлених в роботах [3, 6, 7, 21], яка дозволяє враховувати особливості будови матеріалу на мезорівні.

Варіаційна модель механіки поведінки гетерогенних металічних тіл в умовах фрикційних навантажень

Внутрішня будова матеріалів багатьох деталей сучасних машинобудівних конструкцій представляє собою гетерогенне середовище, що містить декілька компонентів, які мають різні механічні властивості. Ці компоненти зберігають свою індивідуальність, між ними існують чіткі границі розділу. За основні параметри, які визначають внутрішню просторову будову бінарних гетерогенних металічних систем, використовуючи сучасні підходи стереології, прийmemo: 1) процентне співвідношення компонентів (φ_1, φ_2); 2) їх розмірні величини (d_1, d_2); 3) форма будови складових (z_1, z_2). Величини $\varphi_1, \varphi_2, d_1, d_2, z_1, z_2$ в загальному випадку є функціональними залежностями, які можуть задаватись аналітично або у вигляді стохастичних функцій і належать до своєї множини допустимих значень для заданої металічної системи: $\varphi_1, \varphi_2 \in \Phi, d_1, d_2 \in D, z_1, z_2 \in Z$.

При розгляді деяких класів штучно створених гетерогенних матеріалів вводять також додатково як параметр структури орієнтацію складових у просторі, але через особливості виготовлення деталей вузлів тертя з металу технологічно забезпечити створення заданої орієнтації складових у визначеному напрямку важко, тому приймають її в загальному випадку хаотичною. В цьому зв'язку обмежимося при описі матеріалу металічних тіл трьома вищеведеними параметрами.

Розглянемо тіло K з граничною підсистемою ∂K , яке перебуває в умовах фрикційного навантаження. Поведінку тіла будемо описувати відносно до трьохвимірного евклідового простору. Поставимо у відповідність системі $K \cup \partial K$ область евклідового простору $X \cup \partial X$, причому вважаємо, що цей взаємозв'язок є однозначним:

$$K \cup \partial K \Leftrightarrow X \cup \partial X. \quad (1)$$

Орієнтуючись на вихідну геометричну конфігурацію запишемо:

$$\int_{X_0} \varepsilon dV = - \int_{\partial X_0} \vec{n} \cdot \vec{J}_\varepsilon d\Sigma, \quad (2)$$

де $\varepsilon(\vec{r}_0)$ – густина повної енергії, $\vec{J}_\varepsilon(\vec{r}_0)$ – вектор густини зовнішнього навантаження, $\vec{n}(\vec{r}_0)$ – зовнішня нормаль у довільній точці до елементарної поверхні $\partial\delta X \subset \partial X$, $d\Sigma$ – площа цієї поверхні.

Вектор густини зовнішнього навантаження для випадку контактної взаємодії при терті представимо у вигляді лише механічного навантаження:

$$\vec{J}_\varepsilon = \vec{J}_A, \quad (3)$$

де $\vec{J}_A$ – вектор механічного навантаження.

Через особливості процесу фрикційної взаємодії зовнішнє навантаження тіла проходить не по всій поверхні тіла, а лише в плямах контакту; в іншій частині поверхні тіло вважається ізольованим [8, 11]. Сумарна площа плям контакту займає незначну частину загальної площі тіла і становить, в залежності від виду контактної взаємодії, $10^{-3} \dots 10^{-1}$ всієї площі тіла [11].

Представимо загальну поверхню тіла у вигляді об'єднання двох областей:

$$\partial K = \partial K^* \cup \partial K^{**}, \quad (4)$$

де ∂K^* – область поверхні тіла, в якій відбувається фрикційний контакт, ∂K^{**} – область поверхні тіла, в якій контакт відсутній.

$$\partial K^* = \bigcup_i \partial K_i^*, \quad (5)$$

де ∂K_i^* – елементарна область контакту – пляма контакту.

Орієнтуючись на конфігурацію тіла в евклідовому просторі, запишемо:

$$\vec{J}_A|_{\partial X^{**}} \equiv 0; \quad (6)$$

$$\vec{J}_A|_{\partial X^*} = \vec{J}_A(x, t). \quad (7)$$

Нехай на мезорівні область X з границею ∂X містить в собі множину неперетинних областей X_K , що обмежені поверхнями ∂X_K . Для бінарних гетерогенних систем частина $X_1 = \sum X_K$ області заповнена однорідним в межах X_K матеріалом з властивостями $\dot{A}^1$ (перша фаза), а інша частина області $X_2 = X - X_1$ – однорідним матеріалом з властивостями $\dot{A}^2$. Багатозв'язна поверхня ∂X_{12} є міжфазною поверхнею, що розділяє структурні елементи системи.

Якщо відома інформація про взаємний розподіл областей X_K і задані феноменологічні моделі фаз, то вважають, що побудована модель описує кусково-неоднорідне середовище [13].

Прийmemo, що для кожного з компонентів матеріалу, що знаходиться в області X , задане поле тензора напружень:

$$\dot{\sigma}(x) = F\left(\dot{A}(x), (\vec{\nabla}_0 \otimes \vec{u})^s\right), \quad (8)$$

де $\dot{A}(x)$ – тензор властивостей матеріалу, $x \in X$.

При побудові рівнянь рівноваги в області X , будемо вважати, що дія масових сил відсутня:

$$\vec{\nabla}_0 \cdot \dot{\sigma} = 0. \quad (9)$$

На границі ∂X_{12} задамо умови неперервності переміщень і нормальних складових тензора напружень:

$$(u_i(x))^+ = (u_i(x))^-;$$

$$(\sigma_{ij}(x)n_j(x))^+ = (\sigma_{ij}(x)n_j(x))^- . \quad (10)$$

Рівняння (8) – (10) разом з граничними умовами (6), (7) складають повну систему рівнянь для області X .

В результаті зовнішнього силового впливу в матеріалі тіла K виникає поле напружень, яке зумовлює процеси руйнування і зношування його приповерхневих шарів. Зміни, які виникають в матеріалі приповерхневого шару в процесі контактної взаємодії, можуть призводити до змін характеру зношування, при яких буде різний механізм руйнування поверхонь.

При моделюванні поведінки контактуючої системи в умовах зношування при терті найважливішим є вибір критерію міцності при заданому виді руйнування [9], який повинен відповідати найбільш яскраво вираженому за даних умова роботи вузла тертя процесу руйнування.

При цьому критерій міцності має відповідати наступним основним вимогам [17]: 1) визначати умову руйнування середовища, що знаходиться в довільному напруженому стані; 2) мати форму інваріанти, що утворена з компонентів тензора напружень і компонентів тензора, який характеризує властивості середовища; 3) аналітичний вираз критерію може бути інтерпретований у виді граничної поверхні в просторі головних напружень; 4) при збільшенні констант міцності для середовища даного типу гранична поверхня в просторі головних напружень має розширюватись так, щоб попередня гранична поверхня була всередині нової, причому дві поверхні можуть лише дотикатись, але не перетинатись.

Більшість часу вузол тертя функціонує при стаціонарному режимі [12, 20], який характеризується зношуванням приповерхневих шарів металічних фрикційних систем в результаті втомного багатоциклового і абразивного руйнування.

Для опису процесу зношування гетерогенних металічних систем виберемо критерій, який дозволяє описувати одночасно поведінку матеріалів в умовах як втомного, так і абразивного руйнування [9, 10]. За цим критерієм руйнування матеріалу тіла в області відбувається тоді, коли деяка функція-критерій, яка залежить від поля напружень, є рівною або перевищує характеристичне значення міцності матеріалу в цій області, яке відповідає заданому виду руйнування:

$$\Phi(\dot{\sigma}(x)) \geq \Phi^*(x), \quad (11)$$

де $\Phi(\dot{\sigma}(x))$ – функція-критерій, яка залежить від значення тензора напружень, $\Phi^*(x)$ – функція, яка описує характеристичне значення міцності матеріалу, $x \in X$.

Введемо індикаторну функцію $r(x)$, яка вказує на наявність руйнування в даній точці:

$$r(x) = \begin{cases} 1, & \Phi(\dot{\sigma}(x)) - \Phi^*(x) \geq 0; \\ 0, & \Phi(\dot{\sigma}(x)) - \Phi^*(x) < 0. \end{cases} \quad (12)$$

Якщо $r(x) = 1$ – руйнування матеріалу в даній точці тіла відбулось, $r(x) = 0$ – руйнування матеріалу в даній точці тіла немає.

Функція $r(x)$ являє собою кусково-неперервну функцію, отже існує інтеграл:

$$R = \frac{1}{\int_X dV} \cdot \int_X r(x) dV, \quad (13)$$

який ми будемо називати мірою руйнування в області X . Функція (13) являє собою відносний об'єм зруйнованого тіла при заданому критерії руйнування (11).

Задача створення і забезпечення функціонування контактуючої системи в умовах тертя полягає у виборі функцій $\Phi_1, \Phi_2, d_1, d_2, z_1, z_2$ з допустимої множини значень Φ, D, Z для мінімізації функціонала (13) при заданих граничних умовах (6), (7) і рівнянні рівноваги всередині досліджуваної області (9). Дана постановка задачі дозволяє шукати оптимальні розв'язки не тільки в усьому матеріалі контактуючої системи, але і в локальній області; при цьому відбувається лише незначна зміна крайових умов.

Розв'язання поставленої задачі

Розв'язання сформульованої задачі будемо шукати для матеріалу гетерогенної металічної контактуючої системи – бабіту Б16. Технологія його виготовлення, хімічний склад, особливості будови структури, дослідження на зносостійкість детально описані в роботі [4].

У зв'язку з відсутністю в літературних джерелах даних про механічні властивості структурних складових бабіту були проведені дослідження для модельного сплаву, що складається з Pb і фази SnSb [15 – 17]. Основні механічні властивості складових бабіту, які з літературних джерел, наведені в табл. 1.

Дослідження проводили для локальної одичної області контакту, при врахуванні силового впливу. Розрахунок проводився для фрагменту зразка матеріалу з оптимальним вмістом твердої фази на рівні 56,34 %, яка була отримана за допомогою розробленої авторами імітаційної моделі структури матеріалів бінарних гетерогенних металічних систем, що викорис-

товуються у вузлах тертя [12]. Вплив сусідніх плям контакту на зразок для спрощення задачі не враховували. Відмітимо, що врахування дії

сусідніх плям контакту корегує результат лише на 3...5 % [8].

Таблиця 1

Механічні властивості структурних складових бабіту Б16

№	Механічна характеристика	Одиниця вимірювання	Складова	
			Pb	SnSb
1	Модуль пружності	ГПа	16,2	50
2	Коефіцієнт Пуассона		0,446	0.33
3	Густина	кг/м ³	11400	6960
4	Границя міцності при розтягу	Н/м ²	12·10 ⁶	86·10 ⁶
5	Границя текучості	Н/м ²	6·10 ⁶	75·10 ⁶

Було проведено вивчення поведінки матеріалу в постановці одної з найпоширеніших задачі трибомеханіки – локального одиничного фрикційного силового навантаження фрагменту півпростору [10]. Для цього виділили в гетерогенному матеріалі комірку представницького матеріалу – тобто такий фрагмент матеріалу, характеристики якого можна співставити з усім матеріалом. Механічний контакт з матрицею вважаємо ідеальним. Фрагмент матеріалу закріпили на границях області, а в локальній області задали вертикальне розподілене навантаження $\vec{p}$ (рис. 1).

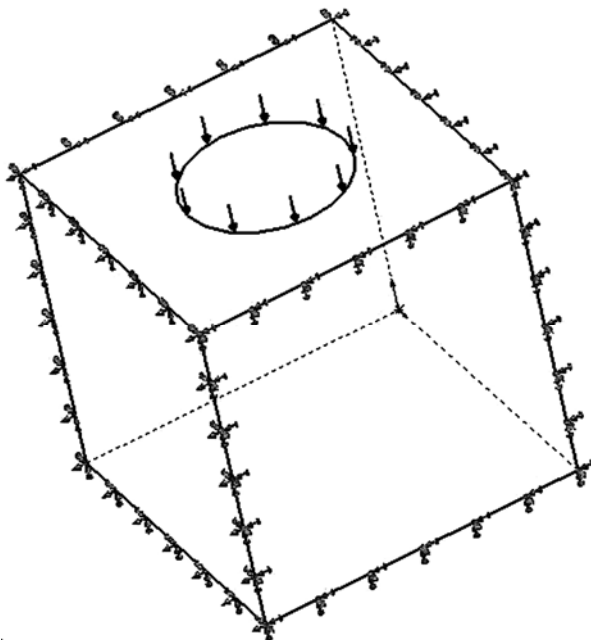


Рис. 1. Постановка задачі для фрагменту гетерогенного матеріалу

Модельне дослідження фрагменту проводили для трьох різних випадків: 1) розмір твердої складової в 2 рази менше розміру плями контакту; 2) тверда складова рівна за розміром плямі

контакту; 3) розмір твердої складової в 2 рази більше розміру плями контакту.

Для чисельного розв'язку поставленої задачі був використаний модуль скінчено-елементного аналізу CosmosWorks, який інтегрований в програмний комплекс SolidWorks [1].

При побудові розв'язку задачі використаємо механічні властивості складових модельного сплаву (табл. 1), вважаючи їх властивості ізотропними. Було задано параметри сітки скінчених елементів зі середнім розміром скінченого елемента 3 мкм, похибка обчислень становила близько 4,5 %.

Вивчення поведінки досліджуваних фрагментів матеріалів проводили при однаковому розподіленому навантаженні $|\vec{p}| = 7$ МПа, що дозволяє моделювати поведінку зразка в умовах абразивного руйнування.

Для побудови розв'язку приймемо наступну фізичну модель: 1) матеріал складових будемо вважати пружно-пластичним середовищем, що підпорядковується закону деформаційної теорії пластичності; 2) при записі визначальних рівнянь використаємо симетричну теорію механіки деформівного твердого тіла [6].

В результаті отримаємо наступні поля напружень та розподіл зон пластичності (рис. 2).

При фрикційній взаємодії тіл, які характеризуються суттєво різною твердістю реалізується абразивне зношування, коли нерівності більш твердого тіла витісняють або видаляють м'який матеріал з-під доріжки тертя. В зв'язку з цим в якості критерію руйнування в точці виберемо умову виникнення пластичних деформацій:

$$\sigma_s \geq T, \quad (14)$$

де σ_s – величина еквівалентних напружень за Мізесом, T – межа текучості [9].

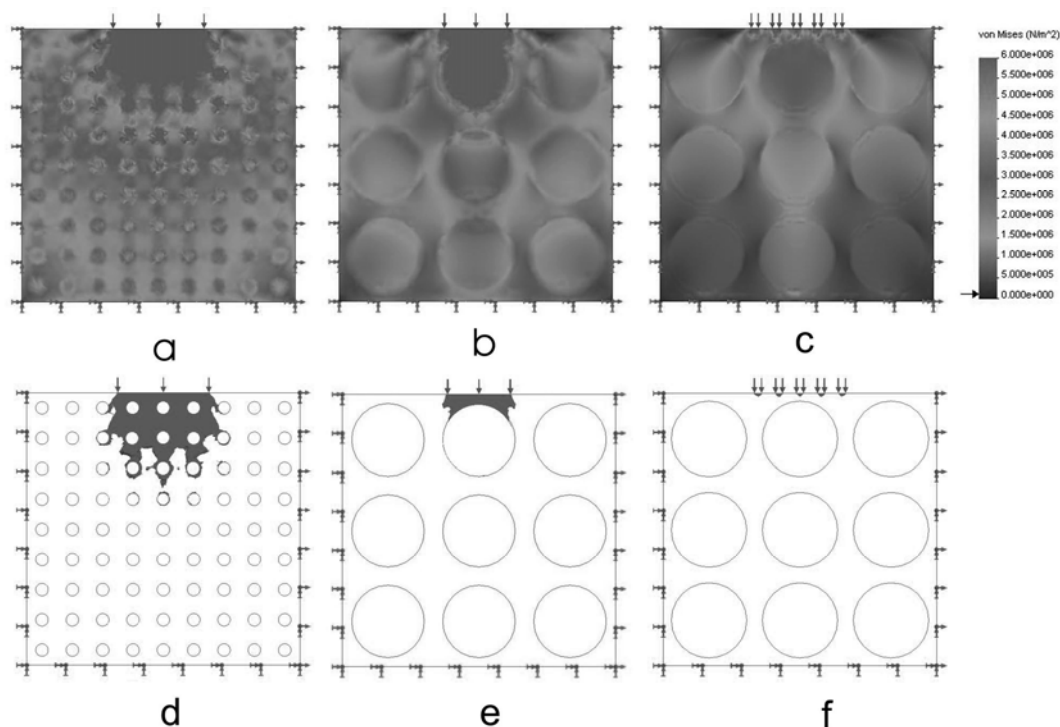


Рис. 2. Поля напружень (a, b, c) та зони пластичності (d, e, f), що виникають в досліджених зразках: a, d – зразок, в якому тверда складова набагато менша плями контакту; b, e – зразок, в якому тверда складова рівна за розміром плямі контакту; c, f – зразок, в якому тверда складова набагато більша плями контакту

Зобразимо графічно функцію – міру руйнування, яка описує абразивне зношування досліджуваних фрагментів сплаву – в залежності від розміру твердої складової (рис. 3).

При апроксимації функції – міри руйнування – за допомогою полінома отримаємо наступну залежність:

$$R(x) = 15,6 - 0,6266666667 \cdot y + 0,006666666667 \cdot y^2, \quad (14)$$

де y – відсотковий вміст твердої складової.

Мінімум функції (14) забезпечується при $y = 47$.

Висновки

1. Аналіз контактної взаємодії при терті бінарних гетерогенних металічних систем дозволив розробити алгоритм визначення оптимального процентного вмісту складових, при яких підвищується зносотривкість антифрикційних сплавів.

2. По розробленому алгоритму з використанням комп'ютерних моделей структури і методу скінчених елементів встановлено, що вміст фази SnSb, при якій зростає зносостійкість сплаву, складає 56 %. З використанням побудованої варіаційної моделі механіки контактної взаємодії металічних систем в умовах

тертя показано, що для оптимального вмісту зміцнюючої фази SnSb її середній розмір 47 мкм забезпечує максимальне зростання зносостійкості приповерхневого шару дослідженого сплаву

3. Отримані результати відповідають дослідженням зносостійкості сплаву Б16.

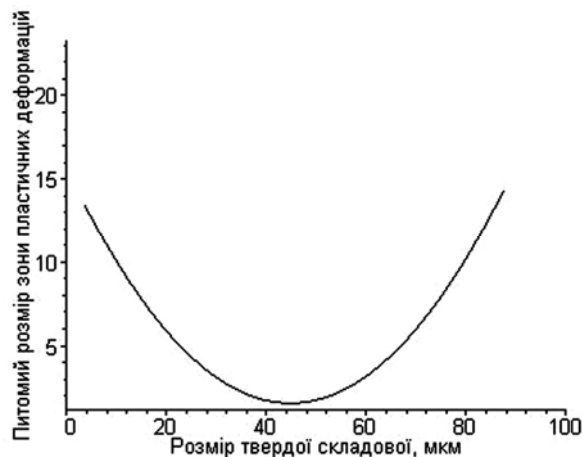


Рис. 3 Залежність функції – міри руйнування – від розміру твердої складової

БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Алямовский, А. А. SolidWorks/CosmosWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов [Текст] / А. А. Алямовский. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 432 с.

2. Белоусов, В. Я. Физико-химические характеристики композиционных материалов на основе карбида вольфрама [Текст] / В. Я. Белоусов // ФХММ. – 1979. – № 5. – С. 95-97.
3. Бурак, Я. Й. Вибрані праці [Текст] / Я. Й. Бурак. – Львів: НУЦММ ІППММ ім. Я. С. Підстригача НАН України, Вид-во «Ахіл», 2001. – 352 с.
4. Бурак, Я. Й. Технологічне підвищення стійкості проти спрацювання підшипників ковзання шляхом оптимізації параметрів структури металічних систем [Текст] / Я. Й. Бурак, М. О. Кузін, О. Кузін // Машинознавство. – 2006. – № 4. – С. 106-110.
5. Бурак, Я. Й. Вплив структури бабіту на напружено-деформований стан в області контактної взаємодії при терті [Текст] / Я. Й. Бурак, М. О. Кузін // ФХММ. – 2007. – № 6. – С. 27-30.
6. Васидзу, К. Вариационные методы в теории упругости и пластичности [Текст] / К. Васидзу. – М.: Мир, 1987. – 542 с.
7. Подстригач, Я. С. Введение в механику поверхностных явлений в деформируемых твердых телах [Текст] / Я. С. Подстригач, Ю. З. Повстенко. – К.: Наук. думка, 1985. – 200 с.
8. Гаркунов, Д. Н. Триботехника (износ и безызносность) [Текст] : учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. / Д. Н. Гаркунов – М.: Изд-во МСХА, 2001. – 616 с.
9. Горячева, И. Г. Механика фрикционного взаимодействия [Текст] / И. Г. Горячева. – М.: Наука, 2001. – 478 с.
10. Трощенко, В. Т. Деформирование и разрушение металлов при многоцикловом нагружении [Текст] / В. Т. Трощенко. – К.: Наук. думка, 1981. – 344 с.
11. Джонсон, К. Механика контактного взаимодействия [Текст] : пер. с англ. / К. Джонсон. – М.: Мир, 1989. – 510 с.
12. Крагельский, И. В. Основы расчетов на трение и износ [Текст] / И. В. Крагельский, М. Н. Добычин, В. С. Комбалов. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.
13. Кузін, М. Імітаційні моделі структури для розрахунку параметрів ферито-перлітних сталей з підвищеною зносостійкістю [Текст] / М. Кузін // Наук. записки Української академії друкарства. – 2007. – № 11 (1). – С. 15-22.
14. Кузін, М. О. Аналіз впливу параметрів структури матеріалу приповерхневих шарів контактуючих систем на їх зносостійкість [Текст] / М. О. Кузін // Конф. молодих вчених із сучасних проблем механіки і математики ім. акад. Я. С. Підстригача, Львів. – 2005. – С. 112-113.
15. Кузін, М. О. Роль структури бабіту у формуванні напружено-деформованого стану в області контактної взаємодії підшипників ковзання тягового рухомого складу [Текст] / М. О. Кузін, В. В. Ступницький, Т. М. Мещерякова // Тези 67 Міжн. наук.-практ. конф. «Проблеми і перспективи розвитку залізничного транспорту». – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007.
16. Кузін, О. А. Роль структури в процесах зношування бабіту Б16 [Текст] / О. А. Кузін, І. В. Курило, М. О. Кузін // МОМ. – 2007. – С. 14-18.
17. Матвиенко, Ю. Г. Модели и критерии механики разрушения [Текст] / Ю. Г. Матвиенко. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 328 с.
18. Мещерякова, Т. М. Використання методу імітаційного моделювання для оцінки впливу параметрів структури на зносостійкість підшипників ковзання двигунів магістральних електропозів [Текст] / Т. М. Мещерякова, М. О. Кузін // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 21. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 272-278.
19. Петросянц, А. А. Повышение долговечности деталей газонефтепромыслового оборудования [Текст] / А. А. Петросянц, В. Я. Белоусов, В. С. Саркисов. – М.: Недра, 1979. – 110 с.
20. Трибология. Физические основы, механика и технические приложения [Текст] : учебник для вузов / под ред. Д. Г. Громаковского. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2000. – 268 с.
21. Фізико-математичне моделювання складних систем [Текст] / під ред. Я. Й. Бурака, Є. Я. Чаплі. – Львів: Сполом, 2004. – 264 с.

Надійшла до редколегії 26.03.2009.

МЕТОД ОЦЕНКИ ПРОФИЛЕЙ КОЛЕС ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Запропоновано критерії щодо обґрунтування вибору профілю поверхні кочення залізничного колеса.

Предложены критерии обоснования выбора профиля поверхности катания железнодорожного колеса.

The criteria of grounding for the choice of railway wheel rolling surface profile are proposed.

Известно, что с 90-х годов прошлого столетия на железных дорогах СССР стал наблюдаться интенсивный износ гребней колес подвижного состава и боковой износ рельсов, особенно в кривых малого радиуса ($R < 450$ м). В ремонт на обточку колес стали направлять подвижной состав не в связи с прокатом, т.е. с износом поверхности катания, а в связи с износом гребней колёс.

Профессор М. Ф. Вериге в своей монографии [1] отмечает, что «...интенсивный рост числа отказов пути по боковому износу рельсов в крутых кривых начался через 2...3 года после введения в Технические условия по расшифровке записей путеизмерителей новых норм по неровностям пути. При этом были сняты ограничения в состоянии пути по рихтовке, установленные Инструкцией по текущему содержанию пути, и введены такие нормативы, которые позволяли осуществлять длительное время эксплуатацию пути с практически наивысшими в эксплуатации скоростями движения поездов (80 км/ч для грузовых и 120 км/ч для пассажирских поездов) на неровностях существенно больших амплитуд и крутизны отводов по длине, чем это было ранее».

На недопустимость перехода, практически в то же время, к более льготным для ремонтников, нормам содержания в эксплуатации подвижного состава и пути обращает внимание проф. Б. Д. Никифоров [2].

Проведенные Отраслевой лабораторией динамики и прочности подвижного состава Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна исследования [3] показали, что состояние большинства кривых участков пути на железных дорогах Украины по всем основным параметрам – положению в плане, ширине колеи, возвышению наружного рельса, боковому износу – не отвечает даже новым установленным нормам содержания. При выходе грузовых вагонов из деповского ремонта ряд параметров

их ходовых частей также не соответствует установленным нормам [3].

Естественно, что все это интенсифицирует износ колес и рельсов, влияет на безопасность движения, сокращает срок службы ходовых частей подвижного состава и пути.

В последние годы приняты некоторые меры, способствующие снижению интенсивного износа рельсов и колес. Среди которых, например, смазка в кривых малого радиуса внутренних боковых граней головок рельсов с помощью специально оборудованных дрезин или устройств для лубрикации, устанавливаемых на самих локомотивах. Однако до сих пор задача уменьшения интенсивного износа гребней колес актуальна. По-прежнему над прокатом доминирует боковой износ гребней колес.

В этих условиях появилось множество предложений, предусматривающих переход от принятых стандартных профилей поверхности катания локомотивных и вагонных колес к их новым конфигурациям [4, 5]. Появились, например, в Украине профили, предложенные для бандажей колес локомотивов Зинюком–Никитским и предложенные Днепропетровским металлургическим институтом, получившие название «ДМеТИ» и в последующем, после уточнения акционерным обществом МИНЕТЕК математического описания поверхности катания колеса, названные профилем «МИНЕТЕК», а также для вагонных колес, предложенные Институтом технической механики (ИТМ) Национальной Академии наук Украины – профиль ИТМ-73, и Днепропетровским национальным университетом железнодорожного транспорта (ДИИТ) совместно с Укрзализныцей (УЗ) – профиль ДИИТ-УЗ.

Перед внедрением в эксплуатацию вагоны с колесами, имеющими предлагаемый профиль поверхности катания, подвергаются поездным эксплуатационным испытаниям в опытных маршрутах. Следует заметить, что во время таких испытаний сошел с колеи вагон, колеса которого имели один из упомянутых выше про-

филей. Естественно, что подобных случаев допускать нельзя.

На наш взгляд, изготовлению опытных образцов колес с тем или иным предлагаемым профилем поверхности катания и тем более постановке вагонов с такими колесами в опытный маршрут для их поездных испытаний должны предшествовать расчеты и динамические испытания, в результате которых для сравнения должны быть получены для предлагаемого и стандартного профилей количественные значения критериев, оценивающих:

- уровень безопасности движения;
- показатели износа колес;
- величину ресурса колес;
- затраты энергии на тягу поездов;
- величину ресурса рельсов.

Эти критерии могут быть получены на стадии проектирования или при оценке тех или иных предложений.

Сравнение расходов по восстановлению колес и рельсов в процессе ремонтных работ может быть произведено и в процессе эксплуатации опытных образцов колес с предложенным профилем поверхности катания.

Естественно, что, прежде всего, должны быть обеспечены условия безопасности. Профиль, не удовлетворяющий требованиям безопасности или существенно уступающий в этом отношении существующему, должен быть снят с рассмотрения.

Только после проведения технико-экономического обоснования выдвинутых предложений, сравнения показателей, относящихся к колесам с предлагаемым профилем и существующим, может быть принято решение о дальнейшем использовании профиля. При этом технико-экономическое обоснование должно предусматривать сравнение расходов за весь жизненный цикл колеса или его обода с предлагаемым типом профиля поверхности катания и существующим.

Упомянутые выше показатели могут быть определены путем математического моделирования соответствующих процессов [6, 7].

Уровень безопасности движения может быть оценен с помощью коэффициентов запаса устойчивости колеса от схода с рельсов K_y , коэффициентов горизонтальной динамики $K_{дг}$, представляющих собой отношения рамной силы к нагрузке на ось, коэффициентов вертикальной динамики $K_{дв}$, которые применительно к грузовым вагонам представляют собой отношение динамической добавки вертикальных сил, действующих на шейку оси колёсной пары вагона, к статической нагрузке на неё, а приме-

нительно к локомотивам могут вычисляться как отношение динамической добавки прогиба ресорного комплекта первой ступени ($K_{дв}^1$) или второй ($K_{дв}^2$) ступени подвешивания к статическому прогибу соответствующей ступени подвешивания.

В качестве примера, на рис. 1 приведены зависимости упомянутых выше коэффициентов от скорости движения, полученные путем математического моделирования пространственных колебаний полностью загруженного полувагона на стандартных тележках типа 18-100 при движении по прямолинейному участку пути в предположении, что в одном случае колеса вагона имели стандартный профиль, а в другом – профиль типа ДМетИ (МИНТЕК).

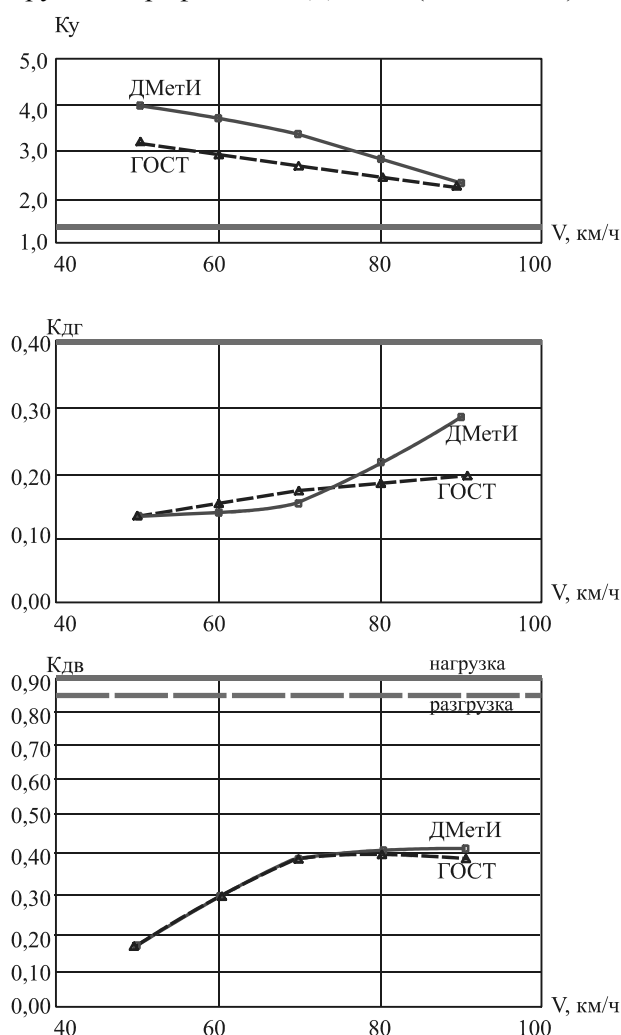


Рис. 1. Влияние типа профиля поверхности катания колеса на показатели безопасности. Движение по прямой полностью загруженного полувагона на стандартных тележках. Рельсы типа Р65

При моделировании предполагалось, что: масса кузова равна 77,4 т, моменты инерции относительно главных центральных осей

$J_x = 88 \text{ тм}^2$, $J_y = 1100 \text{ тм}^2$, $J_z = 1100 \text{ тм}^2$; жесткости рессорных комплектов в вертикальном и горизонтальном направлениях одинаковы и равны 4000 кН/м; относительный коэффициент трения равен 0,086, а половина зазора в колесе равна 6 мм.

Из рис. 1, где жирные линии соответствуют допускаемым значениям, и табл. 1, в которой для удобства сравнения приведены численные значения коэффициентов, видно, что запас устойчивости в обоих случаях удовлетворяется (K_y больше допускаемого [K_y] = 1,3), но профиль типа ДМеТИ обеспечивает больший запас устойчивости от схода колеса с рельсов. Коэффициенты горизонтальной и вертикальной динамики несколько отличаются для рассматриваемых профилей, но оказываются ниже допустимых при проектировании [$K_{дг}$] = 0,4, [$K_{дв}$] = 0,9 при нагрузке и 0,85 при разгрузке. Поэтому предложенный профиль может быть принят для дальнейшего рассмотрения.

Таблица 1

Сравнение динамических показателей

показа- тели	стандартный профиль			профиль ДМеТИ		
	V , км/ч					
	50	70	90	50	70	90
K_y	3,20	2,68	2,18	4,03	0,35	2,28
$K_{дг}$	0,14	0,17	0,20	0,14	0,16	0,28
$K_{дв}$	0,18	0,38	0,39	0,18	0,39	0,41

В качестве критерия, определяющего износ контактирующих поверхностей колеса и рельса, принят показатель износа – Π , значение которого соответствует работе сил трения A на контактирующих площадках, отнесенный к пройденному пути

$$A = \frac{1}{L} \int_0^L \vec{F} \vec{\varepsilon} ds, \quad (1)$$

где L – путь, пройденный экипажем;

$\vec{F}$ – вектор силы взаимодействия гребня колеса и головки рельса;

$\vec{\varepsilon}$ – вектор относительного проскальзывания гребня колеса по рельсу.

Определение этого показателя связано с математическим моделированием пространственных колебаний рассматриваемого экипажа и рельсового пути. Исследования, проведенные в ДИИТе [3], показали, что при движении по криволинейным участкам пути, где износ как раз является наибольшим, показатель износа гребня колеса значительно больше, чем на по-

верхности катания, поэтому в последующем под показателем износа Π будем понимать работу сил на контакте гребня колеса и рельса.

В табл. 2, в соответствии с [8], приведены для сравнения отношения показателей износа Π_2 в случае профиля ДМеТИ к показателю Π_1 , соответствующему стандартному профилю (ГОСТ 9036-76), полученные путем математического моделирования движения со скоростью 50 км/ч загруженного до полной грузоподъемности четырехосного полувагона по пути с типом рельсов Р65 и радиусами круговых кривых в плане 600 м и 350 м.

Таблица 2

Показатели относительного износа на гребне набегающего колеса первой колесной пары

тип рельса	профиль колеса	показатель	радиус кривой в плане, м	
			600	350
Р65	стандартный	Π_1	1,00	1,00
	ДМеТИ	Π_2	0,55	0,72

Из табл. 2 следует, что в случае стандартного профиля показатели износа примерно в 1,8 при радиусе 600 м и 1,4 при радиусе 350 м больше, чем при профиле типа ДМеТИ. В большинстве случаев (за исключением горных участков) удельный вес кривых с радиусом 350 м во много раз меньше, чем кривых среднего радиуса порядка 600 м, поэтому с запасом можно принять отношение Π_1/Π_2 примерно равным 1,6.

Из табл. 2 также видно, что отнесенные к пройденному пути показатели износа при одних и тех же условиях, но относящиеся к разным типам поверхностей катания колес, могут существенно отличаться. В данном случае они меньше в случае профиля ДМеТИ.

Ресурс колес, как известно, обратно пропорционален интенсивности износа поверхности катания. В работе [9] показано, что используя понятие работы A_j сил трения на гребне, приходящейся на единицу пройденного экипажем пути (здесь j – индекс, соответствующей тому или иному профилю), а также понятие интенсивности износа гребня, как величины износа гребня, отнесенной к пробегу L между обточками, отношение ресурса $\bar{R}_2$ колеса (бандажа) с предлагаемым профилем к ресурсу $\bar{R}_1$ колеса с профилем эталонным можно представить в следующем виде:

$$\frac{\bar{R}_2}{\bar{R}_1} = \frac{A_1 [a]_2 h_1}{A_2 [a]_1 h_2}, \quad (2)$$

где: $[a]_1, [a]_2$ – предельно допустимые в эксплуатации величины износа гребней, устанавливаемые соответственно для колес с профилем типа 1 и 2 (см. рис. 2);

h_1 и h_2 – величины вызванного обточкой технологического износа, соответствующие профилю 1 и 2.

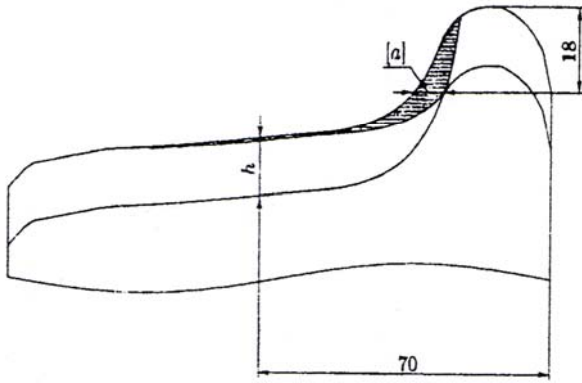


Рис. 2. Технологический износ h обода при обточке

Отношением (2) можно воспользоваться для сравнительной оценки ресурса колеса (бандажа) с предлагаемым и существующим профилем.

Если учесть, что $A_1/A_2 = \Pi_1/\Pi_2 = 1,6$, а величины $[a]_2 = 5$ мм, $[a]_1 = 8$ мм, $h_2 = 7,5$ мм, $h_1 = 16$ мм (в соответствии с [13]), то используя (2), получим

$$\frac{\bar{R}_2}{\bar{R}_1} = 2,1. \quad (3)$$

В данном случае отношение ресурсов найдено с учетом пробега между одной и второй обточками.

Более достоверные данные о ресурсе колеса, имеющего профиль j , можно получить, если учесть n_j обточек за весь его жизненный цикл.

Пробег колесной пары к моменту, когда гребень колеса с профилем j будет иметь допустимую величину $[a]_j$

$$L_j = \frac{[a]_j}{\bar{a}_j}, \quad (4)$$

где $\bar{a}_j$ – интенсивность износа гребня, т.е. отнесенная к пробегу между обточками величина износа гребня, которая пропорциональна величине работы A сил трения на контакте гребня колеса и боковой поверхности головки рельса. Тогда

$$\frac{\bar{a}_2}{\bar{a}_1} = \frac{A_2}{A_1}. \quad (5)$$

После обточки толщина бандажа уменьшится на величину h_j . Если $[H]_j$ – наибольшее допустимое в эксплуатации значение h_j , по достижении которого колесо или бандаж надо исключить из эксплуатации, то

$$[H]_j = n_j \cdot h_j, \quad (6)$$

где n_j – количество обточек за жизненный цикл колеса (бандажа), с профилем типа j .

Тогда, с учетом (4) и (6), ресурс в км пробега этого колеса будет

$$\bar{R}_j = L_j (n_j + 1) = \frac{[a]_j}{\bar{a}_j} \left(\frac{[H]_j}{h_j} + 1 \right), \quad (7)$$

а отношение ресурсов, с учетом (5), будет иметь вид

$$\frac{\bar{R}_2}{\bar{R}_1} = \frac{A_1 [a]_2 \frac{[H]_2}{h_2} + 1}{A_2 [a]_1 \frac{[H]_1}{h_1} + 1}. \quad (8)$$

В нашем случае $[H]_2 = [H]_1 = 45$ мм, поэтому при $A_1/A_2 = 1,6$ и приведенных выше значениях $[a]_2, [a]_1, h_2, h_1$ отношение ресурсов будет равно

$$\frac{\bar{R}_2}{\bar{R}_1} = 1,8. \quad (9)$$

Для колеса со стандартным профилем величина ресурса обычно известна, поэтому согласно (9) может быть найден ресурс колеса с предлагаемым профилем поверхности катания.

Затратам, связанным с тягой поездов, колеса которых имеют тот или иной тип профиля поверхности катания, посвящена работа [10], в которой показано, что влияние типа профиля на сопротивление движению поезда в кривых можно с точностью, приемлемой для сравнительного анализа, оценить величиной, равной суммарному для вагона значению показателя Π износа для всех колес с данным типом профиля, т.е. дополнительное сопротивление W_r движению от кривизны пути принять равным Π , а удельное дополнительное сопротивление w_r движению полностью загруженного полувагона от кривизны пути в кривой радиуса R аппроксимировать следующими зависимостями:

- для стандартного профиля:

$$w_{r1} = 961R^{-1,0169}, \quad (10)$$

- для профиля ДМЕТИ:

$$w_{r2} = 370R^{-0,9433}. \quad (11)$$

Зависимости (10) и (11) были использованы при проведении тяговых расчетов, проведенных с целью определения и сопоставления расходов энергии на тягу при движении грузового поезда, сформированного из 60-ти полувагонов массой 80 т брутто. Предполагалось, что в одном случае все колеса имели стандартный профиль поверхности катания, а в другом – типа ДМеТИ. В качестве локомотива использовался электровоз серии ВЛ8. Движение рассматривалось на участке Днепропетровск – Пятихатки (Приднепровская железная дорога) протяженностью 125 км. Профиль участка – равнинный, руководящий уклон 11,7 ‰, длина перегонов, на которых уклон продольного профиля не превышает 5 ‰, составляет 60 % от общей длины участка. Распределение длин кривых в плане разного радиуса приведено в табл. 3.

Таблица 3

Отношение L длины кривых радиуса R к общей длине участка

R , м	350	500	650	800	1000	
	...	...	...	...	...	>1200
	499	649	799	999	1200	
L	0,003	0,139	0,024	0,083	0,087	0,056

При выполнении тяговых расчетов значения w_r , как уже упоминалось, определялись по формулам (10) и (11), а остальные удельные сопротивления движению (основное, от уклонов, от трогания поезда с места) – определялись согласно рекомендациям [11]. В результате расчетов [10] были получены расходы энергии в кВт·ч. Оказалось, что в данном случае профиль ДМеТИ приводит к экономии в 2...3 % электроэнергии, затрачиваемой на тягу рассматриваемых поездов.

Подставив стоимость одного кВт·ч электроэнергии, можно определить абсолютное значение денежных затрат на тягу поезда по рассматриваемому участку при том или ином профиле колес.

В результате выполненных расчетов получен вывод о том, что величина сопротивления движению поезда существенно зависит от типа поверхности катания колёс. Т.е., некоторые профили способствовали уменьшению работы сил трения и, тем самым, не только снижали показатели износа колёс и рельсов, но и уменьшали затраты на тягу поездов.

Таким образом, обосновано, что тип профиля поверхности катания колеса существенно влияет на показатели динамических качеств и износа, численные значения которых могут быть использованы при технико-экономиче-

ском обосновании выбора профиля поверхности катания колёс.

Таблица 4

Экономия электроэнергии за счет использования профиля ДМеТИ вместо стандартного в составе из 60 вагонов при движении по участку 125 км

время хода, мин	экономия электроэнергии, %
90,5	1,52
100,6	2,65
107,2	2,45
114,5	3,00
119,3	3,24
149,1	2,56
169,0	2,64
180,5	2,76
199,7	2,76
219,9	2,78
238,8	2,82

Изучению влияния профиля колеса на ресурс рельсов посвящена работа [12], в которой отмечается, что можно рассматривать величину w_r как работу сил трения между гребнем колеса и наружным рельсом, приходящуюся на единицу длины пути и единицу массы вагона.

Обозначим через $\bar{T}$ ресурс наружных рельсов, под которым будем подразумевать общую массу подвижного состава, прошедшего по рельсу за весь срок его службы. Тогда соответствующая массе подвижного состава $\bar{T}$ работа сил трения на участке пути единичной длины будет равна:

$$A = w_r \bar{T}. \quad (12)$$

Обозначив через C коэффициент пропорциональности между объемом изношенного материала и работы сил трения, определим объем материала рельса, изношенного за его срок службы:

$$V = CA = Cw_r \bar{T}. \quad (13)$$

С другой стороны, объем материала, потерянного из-за бокового износа рельсов единичной длины, можно условно считать равным:

$$V = h_r [d], \quad (14)$$

где: h_r – высота гребня колеса, измеренная от вершины гребня до поверхности катания колеса, а $[d]$ – допустимый боковой износ рельса.

Такая условность при определении V допустима в связи со сравнительным характером при оценке ресурса рельсов.

Приравняв правые части выражений (13) и (14), получим оценку ресурса рельса:

$$\bar{T} = \frac{h_r[d]}{Cw_r}. \quad (15)$$

Обозначим через $\bar{T}_j$ ресурс наружного рельса в условиях, когда все колеса подвижного состава имеют профиль j ($j = 1$ – стандартный профиль, $j = 2$ – профиль ДМеТИ). Отношение ресурсов наружного рельса с учетом (10) и (11) будет равно:

$$\frac{\bar{T}_2}{\bar{T}_1} = \frac{w_{r1}}{w_{r2}} = 2,59R^{-0,0736}. \quad (16)$$

С использованием формулы (16) получены приведенные в табл. 5 значения отношений $\bar{T}_2/\bar{T}_1$, соответствующие кривым различных радиусов.

Таблица 5

Зависимости отношений ресурсов рельсов $\bar{T}_2/\bar{T}_1$ от величин радиусов кривых в плане

Величина радиусов, м	350	400	500	600	700	800	900	1000
Отношение $\bar{T}_2/\bar{T}_1$	1,68	1,67	1,64	1,62	1,59	1,58	1,57	1,56

Как видно, при использовании профиля ДМеТИ ресурс рельсов в кривых, обусловленный боковым износом, в среднем в 1,6 раза выше, чем ресурс рельсов при стандартном профиле поверхности катания колес подвижного состава.

Таким образом, приведено описание метода оценки использования различных профилей поверхности катания колес подвижного состава железных дорог, который, в отличие от существующих, позволяет учитывать как технические, так и экономические аспекты, что даёт возможность более полно оценить эксплуатационные затраты на жизненный цикл и колес, и рельсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вериги, М. Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава в кривых малого радиуса и борьба с боковым износом рельсов и гребней колес [Текст] / М. Ф. Вериги. – М., 1997. – 207 с.

2. Никифоров, Б. Д. Причины и способы предупреждения износа гребней колесных пар [Текст] / Б. Д. Никифоров // Железнодорожный транспорт. – М., 1995. – № 10. – С. 36-40.
3. Разработка рекомендаций по снижению износа колес и рельсов за счет снижения сил динамического взаимодействия железнодорожных экипажей и пути с учетом стационарных и нестационарных режимов движения [Текст] : заключительный отчет по научно-исследовательской теме. – т. 2. – Д., 1998. – № ГР 0196U023134. – С. 114-288.
4. Інструкція з формування, ремонту та утримання колісних пар тягового рухомого складу залізниць України колії 1520 мм [Текст]. ВНД 32.0.07.001-2001.
5. Інструкція з огляду, обстеження, ремонту та формування вагонних колісних пар [Текст]. ЦВ-ЦЛ-0062. – Укрзалізниця, 2006.
6. Мямлин, С. В. Моделирование динамики рельсовых экипажей [Текст] / С. В. Мямлин. – Д.: Новая идеология, 2002. – 240 с.
7. Данович, В. Д. О влиянии формы профиля поверхности катания колеса на динамические показатели вагонов, колес и боковой износ рельсов [Текст] / В. Д. Данович, А. Г. Рейдемейстер // Транспорт : зб. наук. пр. ДПТУ. – Вип. 4. – Д.: Нова идеология. – 1999. – С. 88-96.
8. Бараш, Ю. С. К вопросу экономического обоснования выбора рационального профиля поверхности железнодорожного колеса [Текст] / Ю. С. Бараш, А. Г. Рейдемейстер, А. С. Блохина // Економіка: проблеми теорії та практики : зб. наук. пр. – Вип. 46. – Д.: Дніпропетровський національний університет, 2000. – С. 17-20.
9. Бараш, Ю. С. О методике экономической оценки профиля колеса [Текст] / Ю. С. Бараш, А. Г. Рейдемейстер, А. С. Блохина // Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна. Економічна серія. В565. – Х., 2002. – С. 44-46.
10. Влияние профиля поверхности катания колес вагонов на затраты, связанные с тягой поездов [Текст] / А. Г. Рейдемейстер и др. // Залізн. трансп. України. – 2002. – № 3. – С. 24-26.
11. Правила тяговых расчетов для поездной работы [Текст]. – М.: Транспорт, 1985. – 287 с.
12. Рейдемейстер, А. Г. К вопросу о влиянии профиля колеса на ресурс рельсов [Текст] / А. Г. Рейдемейстер, А. С. Блохина // Залізн. трансп. України. – 2004. – № 4. – С. 10-11.
13. Визначення критеріїв техніко-економічного обґрунтування вибору раціонального профілю коліс рухомого складу залізниць [Текст] : звіт з науково-дослідної роботи / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2004. – № ДР 0102U000553.

Поступила в редколлегию 24.03.2009.

В. В. БОБИЛЬ (ДІПТ)

ТРАНСФОРМАЦІЯ КОРПОРАТИВНИХ СТРУКТУР В УМОВАХ СТАНОВЛЕННЯ СУЧАСНОГО РИНКОВОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

У статті розглядається економічна категорія «корпорація», дається її економіко-соціальна характеристика в умовах становлення сучасного ринкового господарства України.

В статье рассматривается экономическая категория «корпорация», даётся её экономико-социальная характеристика в условиях становления современного рыночного хозяйства Украины.

In the paper the economic category «corporation» is considered, its economic-social characteristic in the conditions of establishment of the modern market economy of Ukraine is given.

Вступ

Відомо, що сучасні ринкові відносини є підставою для радикальних змін ролі корпорації в економіці України.

У теперішній час корпоративні структури сприяють рішенням двох економічних завдань: 1) залучення капіталу; 2) диверсифікація ризику.

Процеси глобалізації і розвитку інформаційних технологій якісно змінюють механізм рішення перерахованих вище завдань, а отже призводять до трансформації самих корпоративних структур. Без таких еволюційних змін корпорації не в змозі зберегти свою конкурентоспроможність на ринку.

Проблемам визначення категорії «корпорація», їх класифікації, а також розвитку корпоративних структур присвячені роботи Дж. Бела, Д. Гелбрейта, Р. Мюллера, Р. Холу, Е. Драчова, А. Лібмана, С. Авдашева, М. Розанова, В. Іноземцева, І. Храброва, Я. Паппе.

Постановка завдання

Відзначимо, що процес трансформації корпоративних структур (корпорації) є безперервним, і тому вимагає подальшого вивчення. Виходячи з цього, у статті ставиться наступне завдання – сформулювати визначення категорії «корпорація» і дати її економіко-соціальну характеристику в умовах становлення сучасного ринкового господарства України.

Результати

Існує досить велика кількість термінів, які використовуються для визначення «корпорації».

Для більшості дослідників поняття «корпорація» практично ідентично поняттю юридичної особи, для якої притаманно:

1. Інституціональний розподіл функцій управління і власності.

2. Колективне прийняття рішень власниками і (чи) топ-менеджерами.

Відзначимо, що деякі автори (С. Авдашева, М. Розанова) під такою юридичною особою мають на увазі «акціонерне товариство» [1].

Л. Страхова, Л. О. Бартенев також вказують, що корпорація – це особливий різновид акціонерних товариств, що характеризується транснаціональним характером діяльності, великими розмірами та домінуючим положенням на ринку [2].

У роботах М. Сонькіна можна зустріти визначення корпорації як об'єднання декількох юридичних осіб (метакорпорація) [3].

Т. Кашанін і А. Фельдман допускають, що корпорація може створюватися для здійснення соціально-корисної діяльності як об'єднання капіталів не тільки юридичних, але і фізичних осіб [4, 5].

З іншого боку, існує низка досліджень, в яких розглядається скоріше не юридичний, а економіко-соціальний аспект «корпорації».

Наприклад, у Д. Гелбрейта корпорація – це визначена група осіб, яка професійно займається виробленням і прийняттям управлінських рішень [6].

Дж. Лафт стверджує, що корпорація – це вид організації, який характеризується визначеною корпоративною культурою – максимальною централізацією й авторитарністю керівництва, протиставленням себе іншим об'єднанням [7].

У свою чергу Ю. Маслеченков і Ю. Тронін досліджують корпорацію як господарську систему, що містить у собі три ланки: 1) фінансову; 2) промислово-торгову; 3) управлінську [8].

Розглянувши вищевикладені визначення, ми під «корпорацією» будемо розуміти комплексне організаційне утворення (що має статус юридичної особи), що виступає як суб'єкт економіко-правових відносин і складається з промислово-торгових і фінансових одиниць, зв'язаних у рамках єдиної корпоративної культури, єдиного процесу корпоративного управління і загальної стратегії розвитку.

Відзначимо, що в підмурку сучасної корпорації знаходиться проста економічна форма – колективне підприємництво. У цьому змісті корпорацію варто визначити як інститут колективного підприємництва.

Корпоративні відносини формуються на добровільній основі за допомогою системи зв'язків між економічними агентами. Ця система базується на чинних нормах права, корпоративній культурі та ринкових обмеженнях.

Суттю корпоративних відносин є взаємодія економічних агентів на рівнях внутрішнього та зовнішнього корпоративного середовища.

Зовнішнє корпоративне середовище складається з таких економічних агентів:

1. Споживачі. Вони бажають одержати від корпорації якісні товари та послуги, прийнятні ціни та гарний сервіс.

2. Органи державної влади. Діяльність корпорації, як відомо, контролюється з боку владних структур (від корпорацій чекають участі в рішенні національних проблем).

3. Постачальники. Взаємини корпорацій та їх постачальників є важливою ланкою будь-якої економічної системи. Постачальники очікують від співробітництва з компаніями довгострокових взаємовигідних торгівельних відносин.

4. Кредитори, що претендують на одержання відсотків за надані корпорації фінансові ресурси.

Внутрішнє корпоративне середовище містить у собі:

1. Непривілейованих працівників, суть відносин яких з корпорацією переходить від звичайних вимог справедливої оплати праці і гарантії зайнятості до інших аспектів взаємин роботодавця з працівником: рівності можливостей, захисту здоров'я на робочому місці, невтручання в особисте життя і забезпеченню відповідного рівня життя.

2. Менеджерів, яких можна віднести до групи привілейованих працівників, які виступають не в якості звичайних виконавців, а керівників (наявність владних повноважень).

3. Акціонерів, які уможливають саме існування корпорації, тому що саме акціонери є постачальниками «ризикового» капіталу, необхідного для її виникнення, розвитку та росту.

Кожна група, яка складає внутрішнє і зовнішнє корпоративне середовище, має власні соціальні характеристики, що впливають з їх економічних інтересів (цілей).

Взаємодія економічних цілей і визначає загальну поведінку корпорації (див. табл. 1).

Таблиця 1

Економічні інтереси суб'єктів корпоративних відносин

Економічні агенти	Економічні інтереси
<i>Зовнішнє середовище</i>	
Органи державної влади	Податки, зайнятість
Споживачі	Вартість продукту, якість, сервіс
Постачальники	Оплата поставок, тривале співробітництво
Кредитори	Відсотки, гарантії повернення кредиту
<i>Внутрішнє середовище</i>	
Менеджери	Грошова винагорода, престиж, влада
Акціонери	Встановлення контролю над підприємством, дивіденди, ріст капіталу
Непривілейовані співробітники	Гарантія зайнятості, оплата праці, задоволення від роботи

Безперечно, конфлікт економічних інтересів є одним з основних елементів, який визначає результативність корпорації на ринку.

Головним фактором, який стримує економічні конфлікти, є конкуренція і відповідна ринкова поведінка підприємства.

Найбільш істотною перешкодою на шляху формування ефективного конкурентного середовища і відповідної ринкової поведінки корпорацій залишається наявність у сучасній українській економіці значного неринкового сектору.

Відомо, що до неринкового сектора відносяться підприємства, які нездатні працювати в конкурентних умовах прибутково, бо не мають для цього необхідних ресурсів, не використовують відповідні методи роботи і, таким чином, не відповідають стандартним формам ринкової поведінки.

За даними Держкомстату, протягом січня – травня 2008 р. збитково працювали 34,2 % підприємств. Ці підприємства мають 15327,9 млн грн збитків, що в 1,4 рази більше, ніж за відповідний період 2007 р. Найбільші суми збитків спостерігалися в промисловості (6008,2 млн грн), торгівлі, ремонті автомобілів, виробництві

побутових виробів та предметів особистого вжитку (3733, 1 млн грн), по операціях з нерухомим майном, оренді, інжинірингу та наданні послуг підприємцям (1569,3 млн грн), транспорті та зв'язку (1147,9 млн грн) [9].

Формування ринкових умов господарювання затягується також через недостатню відкритість української економіки і наявність різних видів субсидування.

В економіці України неринковий сектор, який підтримується державними дотаціями, включає цілі галузі – житлово-комунальне, сільське господарство тощо.

Збитковість багатьох вітчизняних підприємств можна пояснити неефективною поведінкою власників (акціонерів), яка виявляється у пасивності власників підприємств щодо відношення до змін структури виробництва у відповідь на зміни кон'юнктури ринку, у сфері залучення інвестицій, порушенні прав міноритаріїв тощо.

Вищерозглянуті фактори, які відносяться до внутрішнього середовища корпорації, є однією з причин зниження котирування акцій українських підприємств (див. табл. 2).

Таблиця 2

Рейтинг падіння цін на акції першого і другого рівнів лістингу ПФТС із 08.01.2008 р. по 25.06.2008 р.*

Позиція	Емітент	Галузь	Зміна ціни 1 акції, %	Капіталізація, млн грн
1	«Інтерпайп» Нижньодніпровський трубопрокатний завод	Трубна промисловість	-89,14	1046,72
2	«Донбасенерго»	Електроенергетика	-54,84	1976,07
3	«АвтоКрАЗ»	Машинобудування	-54,25	744,08
4	Банк «Форум»	Фінанси	-53,81	726,13
5	«Крименерго»	Електроенергетика	-50,77	1072,4
6	Укргазбанк	Фінанси	-50,72	77,02
7	«Одесаобленерго»	Електроенергетика	-46,71	708,88
8	Дніпропетровський трубний завод	Трубна промисловість	-45,03	432,84
9	«Родовід Банк»	Фінанси	-42,20	1706,08
10	«Укрнафта»	Нафтогазова промисловість	-41,96	12337,0

*За даними ПФТС

Крім внутрішніх причин падіння вартості акцій, існують і зовнішні фактори: світова економічна криза та високий рівень інфляції в Україні. Відомо, що інфляція – це один з факторів, який впливає на кредитоспроможність

держави. Її неконтрольований рівень здатен призвести до падіння курсу національної валюти та серйозного підризу конкурентоспроможності, а також найчастіше провокує часті коливання обмінного курсу, кризи платіжного балансу і важку політичну ситуацію. В Україні, згі-

дно зі звітом рейтингового агентства «Standard & Poor's», ріст цін на продовольчі товари наприкінці липня 2008 р. сповільнився, але ріст цін на послуги, як і раніше, залишається дуже високим, що обумовлено високим рівнем попиту в економіці.

Крім того, відзначають аналітики, в Україні інфляція є причиною зниження конкурентоспроможності національних виробників, що, у свою чергу, веде до незвичайно високого номінального росту імпорту (у доларовому вираженні). За перші п'ять місяців 2008 р. цей показник склав для України 52 % порівняно з аналогічним періодом 2007 р.

Через це дефіцит поточного балансу України в 2008 р. може перевищити 9 % ВВП і 12 % у 2009 р., тоді як три роки тому країна мала позитивне сальдо поточного балансу [8].

Вищевказані прогнози стали причиною того, що в середині 2008 р. рейтингове агентство Standard & Poor's понизило довгострокові суверенні кредитні рейтинги України. По зобов'язаннях в іноземній валюті з «ВВ-» до «В+» і по зобов'язаннях у національній валюті з «ВВ» до «ВВ-», що у свою чергу також збільшило корекцію цін на фондовій біржі.

Особливо помітно знизилися рейтинги кредитних установ. Банківська система України, на думку Standard & Poor's, відноситься до групи 10. (Рейтингове агентство поділяє банківські системи з погляду їх схильності до ризику країни на 10 груп, причому сильні входять у групу 1, а самі слабкі – у групу 10. У групу 10 також входять Венесуела, Ямайка і Болівія.)

Змінити цю ситуацію можна за допомогою таких дій:

- проведення державної антиінфляційної політики («таргетування» інфляції);
- упровадження ринкових механізмів стимулювання власників у напрямку збільшення капіталу і переходу контрольних пакетів акцій до інших власників по більш високій ціні.

Але саме головне – це створення необхідних економіко-правових умов для формування нового виду корпоративних структур – креативних корпорацій. Даний вид корпорацій є найбільш адаптованим до наукомістких і інформаційних технологій.

Місією таких компанії є прагнення реалізувати творчий потенціал власників – розробити і впровадити якісно новий продукт, послугу [10].

Їх продукцію складають принципово нові наукомісткі товари і послуги. Креативні компанії не тільки здатні розвиватися, але і виявляють можливість постійно перетворюватися

(трансформуватися) шляхом диверсифіковано-сті своїх бізнес-інтересів.

Успіх власників компанії в даному випадку обумовлений не контролем над капіталом підприємства, а тим, що вони, як засновники бізнесу, несуть за нього відповідальність, уособлюючи в очах органів державної влади, поставальників, споживачів, кредиторів створену ними соціально-виробничу структуру. Для таких акціонерів характерне відношення до бізнесу як до свого витвору і, отже, прихильність стратегічним цілям компанії виявляється більш стійкою, а взаємодії економічних інтересів не мають такого конфліктного характеру, як у традиційній корпорації.

Висновки

На наш погляд, сучасний стан українського корпоративного сектора має такі риси:

1. Тривалий процес перерозподілу власності (хоча він і не має яскраво вираженого характеру).
2. З'єднання акціонерної власності і управління в руках однієї групи людей.
3. Неефективна поведінка багатьох топ-менеджерів і акціонерів.
4. Слабкість дії зовнішнього середовища корпоративних відносин (наприклад, ринку цінних паперів).
5. Нерозвиненість інноваційної складової корпоративного підприємництва.
6. Велика питома вага неринкового сектора в економіці країни.
7. Визначальна роль фінансово-промислових груп у концентрації виробництва, капіталу, інвестицій і економічному розвитку.

Зміна даної ситуації досягається за допомогою державного контролю за виконанням корпоративного законодавства, а також у злагодженій роботі необхідних інструментів щодо виявлення, санації або ліквідації неефективних корпорацій.

Виходом також є трансформація існуючих корпоративних підприємств у якісно нову структуру – креативну корпорацію.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Авдашева, С. Теория организации отраслевых рынков [Текст] / С. Авдашева, Н. Розанова. – М.: Магистр, 1998. – 108 с.
2. Страхова, Л. Корпоративные образования в современной экономике [Текст] / Л. Страхова, А. Баргенов // Менеджмент в России и за рубежом. – 2000. – № 6. – С. 25-27.

3. Сонькин, Н. Корпорации: теоретические и прикладные проблемы [Текст] / Н. Сонькин. – М.: Московская высш. языковая шк., 1999. – 101 с.
4. Кашанин, Т. В. Корпоративное право (право хозяйственных товариществ и обществ) [Текст] / Т. В. Кашанин. – М.: Норма-инфарм, 1999. – 57 с.
5. Фельдман, А. Б. Управление корпоративным капиталом [Текст] / А. Б. Фельдман. – М.: Финансовая академия при Правительстве РФ, 1999. – 194 с.
6. Galbraith, J. K. The New Industrial State [Текст] / J. K. Galbraith. – London, 1991. – 129 p.
7. Лафт, Дж. К. Эффективность менеджмента организации [Текст] / Дж. К. Лафт. – М.: Русская деловая литература, 1999. – 167 с.
8. Маслеченков, Ю. С. Финансово-промышленные корпорации России [Текст] / Ю. С. Маслеченков, Ю. Н. Тронин. – М.: ДеКа, 1999. – 130 с.
9. ЛПГА Online [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [http:// www.liga.net](http://www.liga.net)
10. Иноземцев, В. Цели и структура корпорации как основы ее конкурентоспособности [Электрон. ресурс] / В. Иноземцев. – Режим доступа: http://www.cfin.ru/management/targets_as_basis.shtml.

Надійшла до редколегії 19.03.2009.

ТРАНСФОРМАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

У даній статті наведено принципи корпоративної трансформації залізничної галузі України за інтеграційною моделлю реформування.

В данной статье представлены принципы корпоративной трансформации железнодорожной отрасли Украины по интеграционной модели реформирования.

In the paper the principles of corporative transformation of railway industry of Ukraine according to the integration model of reformation are presented.

Вступ

Корпоративна трансформація залізничної галузі України – це необхідний процес для підвищення ефективності її роботи. Він мусить відбуватися за певним сценарієм та принципами.

Постановка задачі

Розробити принципи корпоративної трансформації залізничного транспорту за інтеграційною моделлю реформування, які стосуються розподілу функцій державного регулювання і управління господарською діяльністю, поділу основних і неосновних видів діяльності, переходу від монопольного стану до конкурентного, формування організаційної структури за видами діяльності.

Результати

Розподіл функцій державного регулювання й управління господарською діяльністю. При переході до нової моделі організації залізничного транспорту ключовим моментом є повне відокремлення функцій державного регулювання від господарських функцій вже на початковому етапі реформування. Цей розподіл необхідний для впровадження конкуренції на ринку залізничних послуг та є однією з умов забезпечення справедливої тарифної політики та рівноправного доступу незалежних компаній-операторів до залізничної інфраструктури. Але реалізація в Україні структурної реформи за будь-якою моделлю та відкритий доступ до залізничної інфраструктури не повинні призвести до фрагментації галузі та розпорошення кваліфікованих кадрів. Для координації діяльності новоутворених структур та регулювання між ними нормальних відносин необхідно організувати сильну й незалежну адміністрацію, яка має бути наділена такими функціями:

- розробки стратегічної та інвестиційної політики для залізничної галузі;
- забезпечення необхідної пропускну здатності основних напрямків залізниць;
- збереження «ноу-хау» для укладання відповідних контрактів з менеджерами новоутворених структур;
- виконання експертизи для нагляду за виконанням контракту;
- контролю за забезпеченням експлуатаційної сумісності та гармонізації із країнами-членами ЄС.

Разом незалежна адміністрація та новоутворені структури утворюють об'єднану залізничну систему країни, поруч з якою на ринку транспортних послуг з'являться нові приватні чи колективні компанії перевізників, що складуть конкуренцію державному транспортному сектору [2].

У той же час виникає необхідність організації окремої структури, яка б гарантувала прямий та недискримінаційний доступ до залізничної інфраструктури будь-яких перевізників, делегування їй регламентуючих функцій: з розподілу пропускну здатності; встановлення плати за виділений за графіком час; ліцензування прав на перевізну діяльність та інше. На перших етапах структурної реформи функції цих двох структур можна передати Міністерству транспорту та зв'язку України.

Зараз у структурі МТЗУ для виконання вказаних функцій організовано Департамент пасажирських перевезень. Але остаточно функції цього департаменту ще не визначені, оскільки до теперішнього часу Укрзалізниця виконує деякі функції державного управління, які слід передати вищезгаданому департаменту. Функції МТЗУ після проведення структурної реформи залізничного транспорту наведені на (рис. 1):

Забезпечення необхідної пропускну здатності основних напрямків залізниць
Формування тарифної політики у вантажних та пасажирських перевезеннях
Узгодження нових маршрутів вантажних і пасажирських поїздів за основними напрямками руху
Формування ринку транспортних послуг, утворення нових організаційних структур - юридичних осіб
Надання фінансової підтримки розвитку основних напрямків руху та закупівлі пасажирських вагонів
Укладання й розірвання контрактів з керівниками підприємств, де держава має контрольний пакет акцій
Здійснення контролю за ефективністю використання державного майна
Участь у підготовці міжнародних договорів України з питань загальнодержавної власності
Реалізація єдиної інвестиційної політики
Представлення інтересів залізничного транспорту України у міжнародних організаціях
Формування галузевих програм наукових, проектних, проектно-конструкторських розробок
Участь у реалізації державної політики в галузі боротьби з тероризмом на залізничному транспорті
Контроль за виконанням законодавства України залізничними перевізниками та іншими підприємствами
Затвердження державного замовлення на соціально значущі пасажирські перевезення та обсягів дотацій
Видача ліцензії на доступ до інфраструктури залізниць для перевізників усіх форм власності
Сертифікація, стандартизація і технічне регламентування на залізничному транспорті

Рис. 1. Функції державного управління, які повинні належати
Департаменту залізничного транспорту МТЗУ

У той же час за новоутвореними структурами, побудованими за будь-якою моделлю реформування, слід залишити функції, подані на рис. 2:

Спрямування рухомого складу відповідно до плану перевезень вантажів та пасажирів
Розробка тарифів та цін на послуги компаній-операторів та інфраструктури
Розробка та впровадження нових маршрутів вантажних та пасажирських поїздів
Розробка графіка і розкладу руху поїздів та плану їх формування
Розробка технічних вимог до нових видів рухомого складу
Придбання рухомого складу і контейнерів, забезпечення їх ремонту
Забезпечення потреб залізничного транспорту матеріалами та паливно-енергетичними ресурсами
Організація проведення розрахунків з усіма контрагентами й залізницями іноземних держав
Здійснення функцій управління майном, що перебуває в загальнодержавній власності
Розробка планів перевезення вантажів у прямому, змішаному й міжнародному сполученні
Оптимізація розвитку ремонтної бази залізничного транспорту
Вживання заходів для убезпечення руху поїздів
Організація роботи з підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів у межах своєї компетенції
Здійснення заходів, спрямованих на створення безпечних умов праці, соціальний захист працівників
Формування програми наукових, проектних та проектно-конструкторських розробок
Здійснення заходів, спрямованих на зменшення шкідливого впливу залізничного транспорту на навколишнє середовище

Рис. 2. Функції господарського управління, які планується залишити новій структурі управління залізничним транспортом

Поділ основних і неосновних видів діяльності (рис. 3). Основними видами діяльності на залізницях є перевезення вантажів і пасажирів у всіх видах сполучення. До неосновних видів діяльності належить підсобно-допоміжна діяльність, до якої входить ремонт рухомого складу та транспортних засобів, надання послуг з торгівлі, продажу електричної та теплової енергії, зв'язку, ремонту вагонів і локомотивів для

інших клієнтів та ін. Види діяльності, які безпосередньо не пов'язані з перевезеннями, повинні бути відокремлені з подальшим їх виведенням із системи залізничного транспорту, оскільки вони орієнтовані на інших споживачів послуг. Остаточне рішення про виділення цих видів діяльності має прийматися з урахуванням результатів комплексного аналізу та розрахунку економічного ефекту.

Дебатується питання про виділення з Укрзалізниці соціальної сфери (медичних закладів, пансіонатів, піонерських таборів, їдалень, магазинів та ін.). На міжнародній конференції в Судаку (2008 рік) [3] були заслухані доповіді

представників Польщі, Росії, Білорусі та Казахстану стосовно виділення медичних закладів із залізничної соціальної сфери. Але однозначної думки з цього питання не було.



Рис. 3. Поділ основних та неосновних видів діяльності

Перехід від монопольного стану до конкурентного. Основою для прийняття рішення про розподіл видів діяльності є їх класифікація на природно монопольні, потенційно конкурентні та конкурентні (рис. 4). Пропонується відкриття потенційно конкурентних та конкурентних видів діяльності для розвитку конкуренції з ме-

тою підвищення ефективності та якості послуг, впровадження інновацій. Підприємства, що здійснюють конкурентні та потенційно-конкурентні види діяльності, у міру їх демоніполізації слід поступово відкривати для приватних акціонерів, а державне регулювання – замінювати ринковими механізмами.



Рис. 4. Розподіл видів діяльності за ступенем монополізації

З цією метою пропонується збільшення на ринку залізничних послуг кількості незалежних операторів – власників рухомого складу, що забезпечить підвищення рівня конкуренції у вантажних перевезеннях та залучення приватних інвестицій у розвиток галузі.

Зі створенням необхідних умов має розвиватися приватна власність на пасажирський рухомий склад за рахунок закупівлі його новими приватними пасажирськими компаніями та іншими операторами.

Для гарантування рівноправності пропонується створення системи державного регулювання доступу незалежних операторів до залізничної інфраструктури загального користування.

Формування організаційної структури за видами діяльності. Будь-яка велика організаційна структура управління підприємством, що має філії або структурні підрозділи в різних регіонах країни, може бути побудована лише за дивізійною моделлю. Необхідною умовою для побудови цієї моделі є наявність в ній філій або структурних підрозділів, які мають інженерну службу, виробництво, бухгалтерію та збут, а також одноосібне керівництво всіма вказаними службами крім функціональних (бухгалтерії).

З огляду на сказане нова організаційна структура управління залізничним транспортом

України за умови її реформування і корпоратизації за будь-якою моделлю мусить бути побудована за дивізійною схемою. У теорії управління організацією є два види дивізійних структур, які можна використати для побудови організаційної структури залізничної галузі:

1) дивізійна структура управління, що побудована за регіональною схемою (рис. 5);

2) дивізійна структура управління, що побудована за продуктовою схемою (рис. 6).

Першу модель структури управління керівництво Укрзалізниці називає функціонально-територіальною, а другу – вертикально-інтегрованою. Між ними є суттєва різниця – перша має довгий ланцюг команд (показано жирною стрілкою) ніж друга. Використання дивізійної структури управління, побудованої за продуктовою схемою, більш ефективне, оскільки в ній задіяна менша кількість працівників апарату управління і короткий термін прийняття управлінських рішень.

На основі сказаного економічно доцільно впровадити для управління залізничною галузю дивізійну структуру управління за продуктовою схемою.

Під продуктом слід розуміти певний вид перевезень або підсобно-допоміжної діяльності.

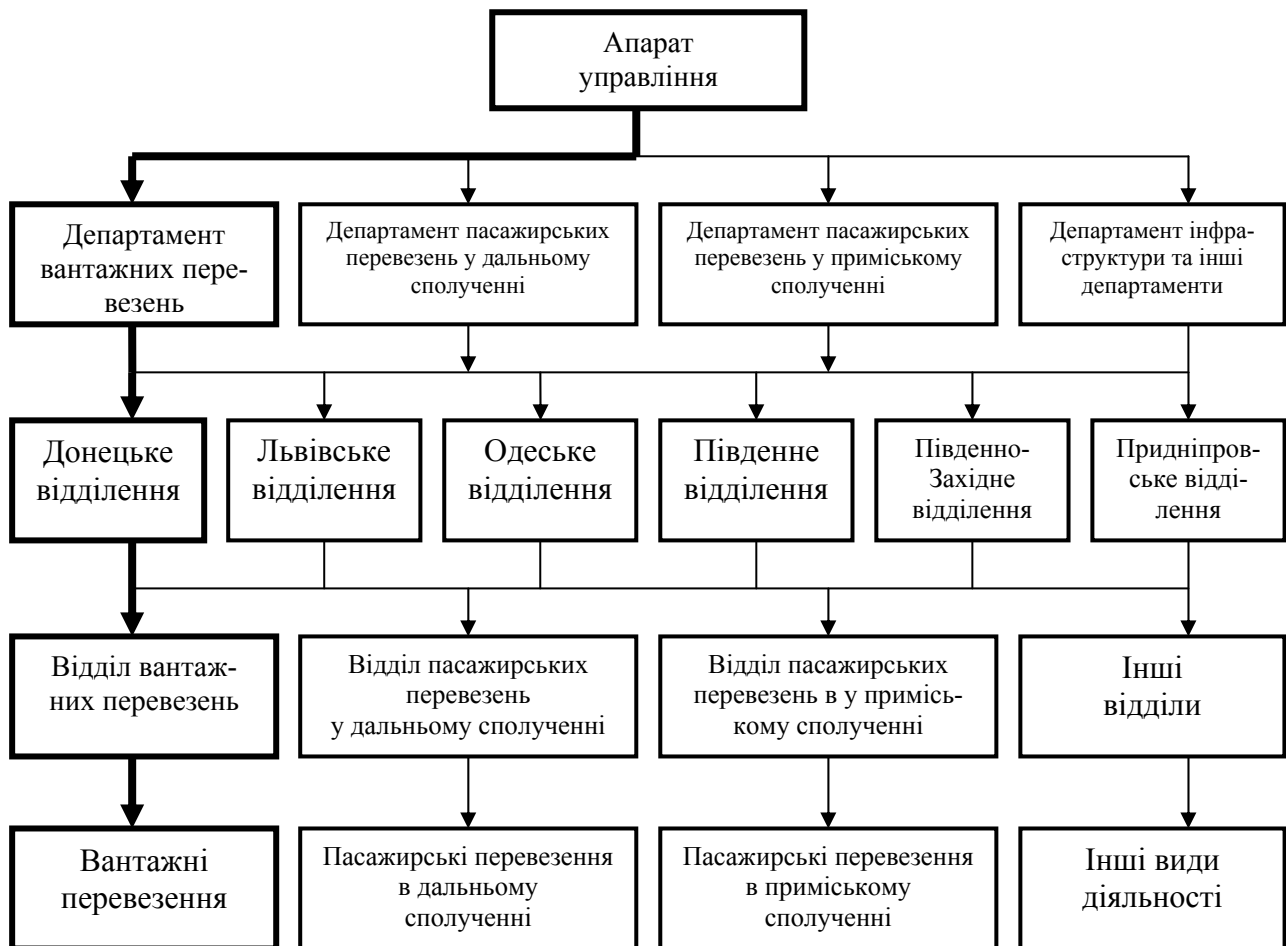


Рис. 5. Дивізійна організаційна структура за регіональною схемою

Необхідність розмежування видів діяльності зумовлена різницею відповідних ринків та основних засобів, які при цьому використовуються. Крім того, розмежування видів діяльності дозволить:

- забезпечити прозорість механізму перехресного субсидування пасажирських перевезень за рахунок вантажних, що дозволить ство-

рити основу для прийняття рішень відносно збитковості видів діяльності;

- виявити сфери скорочення експлуатаційних витрат та впровадити нові принципи тарифної політики;
- сформувати основу для ефективного державного регулювання.



Рис. 6. Дивізійна організаційна структура за продуктовою схемою

У сфері вантажних перевезень в окремі напрямки діяльності доцільно виділити транзитні, інтермодальні, рефрижераторні та інші види спеціальних перевезень, що зумовлюються специфікою їх діяльності та високим рівнем конкуренції у цих сферах на міжнародному та внутрішньому ринках.

Запропонований розподіл вантажних перевезень і збереження їх корпоративної залежності від компанії дозволить розширити сектор залізничного бізнесу і водночас зберегти функції компанії як національного публічного перевізника, гарантувати виконання перевезень для державних потреб, у тому числі військових та соціальних перевезень.

Проблема необхідності відокремлення інфраструктури від перевізної діяльності ще остаточно не визначена. Як показує світова практика, у разі відокремлення інфраструктури від перевізного процесу виникає необхідність у державному субсидуванні її утримання та розвитку. Інтеграція дозволить скоротити можливі державні витрати, оскільки основним джерелом фінансування інфраструктури є доходи від вантажних перевезень [1, с. 5-7].

Висновки

Для ефективного проведення корпоративної трансформації та побудови оптимальної структури управління залізничним транспортом розроблені наукові принципи, які стосуються розподілу функцій державного регулювання й управління господарською діяльністю, поділу основних і неосновних видів діяльності, переходу від монопольного стану до конкурентного, формування організаційної структури за видами діяльності.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Інформаційний матеріал щодо проекту Програми реформування залізничного транспорту України [Текст]. – К.: МТЗУ, 2008. – 49 с.
2. Дослідження перспективної моделі управління залізничним транспортом у ринкових умовах з визначенням оптимальної організаційно-правової форми суб'єкта господарювання [Текст] : звіт по НДР / Дніпропетр. нац. ун-т залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна; № ДР 0103U007280. – Д., 2004. – 159 с.
3. Матеріали третьої Межд. конф. «Проблеми економіки и управления на железнодорожном транспорте ЭКУЖТ-2006», Судак, 23-27 июня 2008 г. [Текст] / КУЭТТ. – Судак, 2008. – С. 8.

Надійшла до редколегії 16.02.2009.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ПРИБУТКОВОСТІ КОМЕРЦІЙНОГО БАНКУ

В статті розглянуто проблеми банківської сфери, пов'язані з фінансовою кризою, а також запропоновано шляхи підвищення прибутковості комерційних банків.

В статье рассмотрены проблемы банковской сферы, связанные с финансовым кризисом, а также предложены пути повышения прибыльности коммерческих банков.

The problems of bank sphere connected with a financial crisis are considered in the article. The ways of increase of profitability of commercial banks are offered.

Прибуток, як найважливіша категорія ринкових відносин, характеризує економічний ефект, має стимулююче значення, а також є одним із джерел формування бюджетів різних рівнів. В умовах переходу до ринкової економіки питання, пов'язані з аналізом прибутковості банку, мають важливе практичне значення.

Незадовільний рівень прибутковості банку є причиною його неплатоспроможності, погіршення ефективності роботи банку і можливого банкрутства. Разом з тим, надлишкові активи банку є перешкодою для його ефективного розвитку і приводять до незапланованих витрат та зайвих резервів.

Банківський прибуток є одним із найважливіших показників ефективності функціонування банку, його стабільності. У ньому зацікавлені всі учасники економічного процесу. Розмір банківського прибутку хвилює акціонерів, тому що він є показником отриманого доходу на інвестований ними капітал. Вкладникам прибуток гарантує стабільний дохід і впевненість у завтрашньому дні, оскільки збільшення резервів і власних коштів банку свідчить про його стабільність. Позичальники також зацікавлені в прибутках банку, адже таким чином зростають їх власні накопичення.

Банківський прибуток формується у результаті здійснення кредитних, розрахункових, грошових операцій та інших видів діяльності банків. Він є джерелом виплати дивідендів акціонерам, створення фондів банку, базою підвищення добробуту банківських працівників [2].

Прибуток комерційного банку – це фінансовий результат діяльності банку у вигляді перевищення доходів над витратами.

Світова фінансова криза розпочалась у 2007 році з обвалу ринку іпотечних кредитів у США.

Обвал ринку нерухомості, стрімке зростання кількості неповернених кредитів, банкрутство кредитних фондів, списання світовими банками сотень мільярдів доларів збитків, обвал фондових ринків, ріст цін на енергоносії, прискорення темпів світової інфляції та зниження темпів росту світової економіки – всі ці події є взаємопов'язаними і відбулися за період менше 1 року. Фактично, надзвичайно тісна взаємопов'язаність та переплетеність фінансових систем призвела до того, що криза на американському ринку переросла у кризу світової економіки.

Відповідно, криза такого масштабу не могла не зачепити економіку України, яка інтегрована у світову економіку. Незважаючи на заяви багатьох експертів, що світова криза не вплинула на економіку нашої держави, насправді криза призвела до відчутних наслідків. По-перше, українські банки зіштовхнулися із кризою ліквідності через обмеження доступу до закордонних кредитів, які кілька останніх років були основним джерелом збільшення обсягів кредитування. По-друге, криза в житловому будівництві, викликана значним скороченням іпотечного кредитування банками та побоювання щодо повторення американської іпотечної кризи в Україні. По-третє, ріст цін на енергоносії надзвичайно серйозно впливає на всю економіку України, оскільки автоматично призводить до зростання цін на більшість товарів та послуг, вироблених в Україні. І по-четверте, через досить значний рівень інтегрованості економіки України в загальносвітову економіку, зростання рівня світової інфляції суттєво вплинуло на ріст інфляції в Україні [6].

Відповідно до вищесказаного можна відмітити, що наслідки світової фінансової кризи істотно вплинули на банківський сектор і таким

чином спростували оптимістичні прогнози як учасників ринку, так і фінансових аналітиків. І однією зі складових економічного занепаду України експерти називають проблеми в банківському секторі. Серйозні ж проблеми у банків були помітні за результатами підсумків їхньої роботи за три квартали 2008 р. Так, за даними НБУ (табл. 1), з 182 банків країни з січня до жовтня 2008 р. збитків зазнали такі банки: «Кредобанк» (42,163 млн грн), «Кредит-ІнвестБанк» (9,266 млн грн), Міжнародний інвестиційний банк (3,481 млн грн), «Факторіал-Банк» (2,591 млн грн) та банк «Фамільний» (1,488 млн грн).

Єдиний фінансовий заклад, який отримав від'ємний чистий відсотковий дохід – «Дельта-Банк» (мінус 40,518 млн грн). Крім того, за даними НБУ, «БрокБізнесБанк» помітно знизив обсяг активів, опустившись за цим показником з 11-го на 17-те місце в рейтингу банків. Порівняно з 1 липня 2008 р. активи банку впали з 16,52 млрд грн до 13,641 млрд грн, або майже на 20 %. Перепади в показниках також зафіксовано й у «ПриватБанку». Його резерви та капіталізовані дивіденди у власному капіталі впали на 1,456 млрд грн, тобто до 411,196 млн грн. А втім, за словами як учасників ринку, так і банківських аналітиків та фінансистів, за підсумками року збитків зазнає більше банків, адже в листопаді – грудні 2008 р. наслідки світової кризи для банківського сектору були найвідчутнішими і можуть перевищити досить позитивну динаміку банківської ліквідності. Дані НБУ підтверджують, що проблема залучення позик для більшості українських підприємств наразі неактуальна. У січні-серпні 2008 р. обсяг виданих компаніям позик зріс на 27,3 %. Швидкість збільшення кредитного портфеля незначно сповільнилася порівняно з першими восьми місяцями минулого року (тоді зростання становило 33,3 %). Обсяг іноземних позик збільшується ще швидше, ніж внутрішніх. У I півріччі зовнішній борг компаній зріс на \$ 7,3 млрд, тоді як за аналогічний період 2007-го тільки на \$ 3,9 млрд. Хоча деякі топ-менеджери зараз самі обмежують приплив позикових грошей через високі ризики [4, с. 68-69]. На початку року для банків ніщо не віщувало загроз: вони нарощували активи за рахунок прибутків від кредитування населення – іпотека, автокредитування, споживчі кредити. Однак уже з травня 2008 р. НБУ, остерігаючись зростання частки проблемних кредитів, посилив вимоги до банків щодо обсягів резервування коштів під кредити. Це вмить позначилося на ринку – банки почали

підвищувати ставки на кредити та ускладнювати умови отримання ще донедавна доступних позичок.

Таблиця 1

Основні показники діяльності банків України за 01.01.2008 рік

Назва показника	Показники		
	01.01.2006	01.01.2007	01.01.2008
Кількість зареєстрованих банків	165	176	182
Вилучено з державного реєстру банків (з початку року)	4	1	6
Кількість банків, що перебувають у стадії ліквідації	20	20	19
Кількість діючих банків	160	165	170
Із них: з іноземним капіталом	19	23	35
У тому числі з 100 %-вим іноземним капіталом	7	9	13
Доходи, млн грн	20072	27537	41645
Витрати, млн грн	18809	25367	37501
Результат діяльності, млн грн	1263	2170	4144
Рентабельність активів, %	1,07	1,31	1,61
Рентабельність капіталу, %	8,3	10,39	13,52
Чиста відсохкова маржа, %	4,90	4,90	5,30
Чистий спред, %	5,72	5,78	5,76

Так, з початку року іпотечні кредити подорожчали в гривнях до 30 % (з 20 % – на початок року – «Хрещатик») і до 20 % (з 13 %) подоро-

жчала іпотека в доларах та євро. Водночас банки підвищили перший внесок при оформленні іпотеки: з 10...15 до 30...50 %. Через це до вересня 2008 р. обсяги продажу житла за іпотечними програмами знизилися на 95 % порівняно з показниками січня 2008 р. А втім уже в листопаді 2008 р. оформити іпотеку навіть у банках із топ-десятки було нереально – вони «заморозили» свої довгострокові програми через кризу ліквідності та відклали поновлення їх до кращих часів. Аналогічна ситуація склалася і з кредитами на авто. До травня банки продовжували за інерцією кредитування населення за старими схемами: 0 % перший внесок, привабливі відсоткові ставки та мінімальний пакет документів від позичальників. Однак уже з травня окремі банки не лише почали ускладнювати умови надання кредитів, а й істотно підвищили процентні ставки. Від січня 2008 р. автокредити подорожчали з 19 до 30 % річних у гривнях та з 15 до 22 % у доларах та євро. А перший внесок зріс із 0 до 30 %. Це знизило обсяги продажу автомобілів на 70 % порівняно з показниками початку року. Водночас стали недоступними і споживчі кредити. Банки та кредитні спілки почали прискіпливіше уклали такі угоди, фактично на драконівських умовах для позичальників: збільшився розмір комісії, запроваджено нові додаткові обтяжливі для позичальника вимоги, зокрема страхування від нещасного випадку. Однак просто оформити страховку кредиторів не давали – суму страховки додали до вартості кредиту. Зросли на 15...20 % і ставки за споживчі кредити. Через що реальний їхній розмір сягнув 85 % річних [5].

Та навіть якщо громадянам вдалося отримати кредит, їх очікував несподіваний сюрприз у вигляді «паливної» процентної ставки, яка додатково обтяжувала і без того значну суму погашення. А через знецінення гривні майже на 60 % з початку року ставки зросли істотно, адже близько 70 % усіх позик надавали в доларах. Таким чином, за словами експертів, вже із січня 2009 р. очікувався сплеск та зростання кредитної заборгованості.

«У більшості банків наразі просто немає грошей для надання позик. Довіру до цієї системи підірвано, депозитний портфель фізичних осіб не зростає, а залучити кошти з-за кордону неможливо. Нацбанк дає рефінансування тільки на покриття розривів ліквідності», – наголосив «Хрещатику» голова правління «Терра Банку» Сергій Щербина. За його словами, ситуація з кредитами поліпшиться лише тоді, коли покращиться дисбаланс між виданими кредитами

та залученими депозитами (кошти, які банк спрямовує на кредитування, на 80 % складаються з депозитних ресурсів – «Хрещатик»). За словами ж аналітиків компанії «ПростобанкКонсалтинг», ситуація навряд чи зміниться наступного року, протягом якого очікується найбільший економічний спад за роки незалежності. Через що банки, як одна зі складових фінансової системи країни, прагнутимуть максимально оптимізувати свої фінансові баланси, заручившись підтримкою парламенту та НБУ.

Вважаємо, що сучасна світова фінансова криза є найглибшою в історії кризою, що має непередбачувані наслідки. І той план заходів, який впроваджується урядами багатьох країн, вражає сміливістю, професійністю та масштабністю рішень, про багато з яких не писали в жодних підручниках. Це нові нестандартні ідеї, які народжуються на очах. До позитивних фактів слід віднести те, що банківська система не наробила помилок із різними сумнівними міжнародними цінними паперами, які мали багато мультиплікаторів. Водночас, складність полягає у тому, що наша економіка і фінанси є дуже малі.

Щоб максимізувати прибуток, необхідно збільшувати доходи та зменшувати витрати банку. В зв'язку з цим можна запропонувати основні напрямки зростання доходів комерційного банку:

1. Загальне зростання групи активів, що приносять процентний дохід, для чого банк повинен, по-перше, залучити більше позичальників і при цьому ретельно аналізувати їх фінансовий стан, по-друге, нарощувати свій кредитний потенціал за рахунок збільшення обсягу ресурсів, що залучаються. Це можливо при проведенні зваженої маркетингової та відсоткової політики;

2. Зміна питомої ваги доходних активів в сукупних активах, для чого необхідно звести «непрацюючі» активи до мінімуму, проте у межах, що забезпечують ліквідність банку;

3. Зміна загального рівня відсоткової ставки по активних операціях банку. Теоретично більш високий рівень відсоткової ставки повинен принести банку якомога більший дохід. Проте, в сучасних умовах банки рідко вдаються до таких дій. В умовах конкурентної боротьби вони найчастіше знижують ставку з метою залучення якомога більшої кількості позичальників. Зниження середньозваженої ставки відсоху по Україні є свідомим цього;

4. Зміна структури портфелю доходних активів. Відомо, чим вищий дохід, тим більший

ризик в сфері банківської діяльності. Тому головне завдання банку – визначення ступеню допустимої та виправданості того чи іншого ризику.

Для зниження рівня витрат пропонується:

а) залучення дешевих ресурсів (вклади до запитання);

б) зниження витрат на утримання апарату управління [1, с. 396].

Шляхи досягнення високої прибутковості наступні:

1. Нарощення власних коштів банку, що сприяє зростанню ресурсної бази банку і відповідно їх інвестиційного потенціалу; є однією з передумов залучення іноземних інвестицій; стимулює інтеграційні процеси; забезпечить незалежність банку і створить умови для виживання банківської системи України в період посиленої конкуренції з боку іноземних банків;

2. Раціональне й ефективне розміщення коштів банку для забезпечення його фінансової стійкості. Виконання цієї умови дозволить позбавитися суперечностей між ліквідністю, надійністю та прибутковістю комерційного банку.

3. Фінансове планування є одним із резервів збільшення прибутку і раціонального його використання. Багато витрат несуть банки внаслідок неузгоджених дій різних підрозділів між собою. Фінансовий план дозволяє спрогнозувати доходи, витрати і прибуток банку на рік. І хоча в умовах, які склалися в нашій країні, через нестабільність, інфляцію реальні дані можуть суттєво відрізнятись від запланованих, але пропорції залишаються практично незмінними. Банківська установа повинна реально бачити перспективи свого розвитку і цілі на поточний рік.

4. Формування достатнього страхового резерву та резервних фондів. В Україні діє Фонд гарантування вкладів фізичних осіб (далі Фонд). Станом на 1 березня 2009 р. кількість учасників Фонду становить 184. Учасниками Фонду є банки і філії іноземних банків, які включені до Державного реєстру банків, який веде Національний банк України, та мають банківську ліцензію на право здійснення банківської діяльності. Участь у Фонді банків і філій іноземних банків є обов'язковою. Учасники Фонду зобов'язані сплачувати збори до Фонду. Учасником Фонду є банк, який виконує встановлені Національним банком України економічні нормативи щодо достатності капіталу і платоспроможності та може виконувати свої зобов'язання перед вкладниками. Учасникам Фонду, які не виконують встановлених

Національним банком України економічних нормативів щодо достатності капіталу, платоспроможності та/або яким за рішенням Національного банку України зупиняється дія ліцензії Національного банку України на здійснення банківської діяльності, вони переводяться за рішенням адміністративної ради Фонду, до категорії тимчасових учасників Фонду. Після переведення до категорії тимчасових учасників Фонду банк, філія іноземного банку, вклади фізичних осіб до яких залучені до дня їх переведення до цієї категорії, зобов'язані сплачувати збори до Фонду до повного виконання зобов'язань перед вкладниками по виплаті їхніх вкладів та нарахованих відсотків. Виключення банку, філії іноземного банку з числа учасників (тимчасових учасників) Фонду не позбавляє вкладників, вклади яких були залучені до дня виключення банку, філії з числа учасників (тимчасових учасників) Фонду, права на відшкодування таких вкладів у разі настання їх недоступності відповідно до цього Закону. Фонд гарантує кожному вкладнику учасника (тимчасового учасника) Фонду відшкодування коштів закладами, включаючи відсотки, в розмірі вкладів на день настання недоступності вкладів, але не більше 150 тис. грн по вкладах у кожному із таких учасників. Зазначений розмір відшкодування коштів закладами, включаючи відсотки, за рахунок коштів Фонду може бути збільшено за рішенням адміністративної ради Фонду залежно від тенденцій розвитку ринку ресурсів, залучених від вкладників учасників (тимчасових учасників) Фонду. Фонд не відшкодовує гарантовану суму закладами, розміщеними:

а) членами наглядової ради, ради директорів і ревізійної комісії банку, іноземного банку, вклади яких у банку, філії іноземного банку є недоступними;

б) працівниками незалежних аудиторських фірм (аудиторами), які здійснювали аудиторські перевірки банку протягом останніх трьох років;

в) акціонерами, частка яких перевищує 10 % статутного капіталу банку;

г) третіми особами, які діють від імені вкладників, зазначених у пунктах 1, 2, 3;

д) вкладниками, які на індивідуальній основі отримують від банку пільгові відсотки та мають фінансові привілеї, що призвели до погіршення фінансового стану банку;

е) вкладниками, які не ідентифіковані ліквідаційною комісією.

5. Застосування таких інструментів в банківській діяльності, як ф'ючерси, опціони, форвардні операції з валютою та інші форми діяльності, які відповідають умовам ринкових відносин і дозволяють планувати і одержувати додатковий прибуток.

6. Системне і всебічне вивчення кредитних ризиків, приймати заходи щодо їх пониження. З цією метою необхідно організовувати відділи управління кредитними ризиками.

7. Покращення рівнів професіоналізму – від політики банку, майстерності, грамотної побудови управлінських і функціональних структур.

Питання, що стоїть перед нами сьогодні: чи вистачить урядових інструментів, кредиту Міжнародного валютного фонду для того, щоб стабілізувати ситуацію в українській фінансовій системі? Сподіваємось, що так, адже фінансові потреби в нас невеликі. Ми не Бразилія, не Китай, не Росія, і величина задачі є посилюючою для того, щоби в нас інвестувати. Можливо, що всередині банківської системи теж мають відбутися серйозні зміни: багато банків переглянуть свої стратегії, деякі об'єднаються, деякі продадуться, прийдуть нові інвестори, якісь установи капіталізує Нацбанк або Уряд, і цей процес також сприятиме оздоровленню. Основні принципи діяльності комерційного банку – прибутковість господарювання та принцип «дешевше купити – дорожче продати», забезпечуючи прибуток клієнту, банк реалізує і свій власний інтерес. Тому банк повинен постійно удосконалювати і впроваджувати нові види послуг, підвищувати якість обслуговування.

Підбиваючи підсумок, необхідно зазначити, що в умовах ринкової економіки отримання прибутку та забезпечення рентабельної діяль-

ності є необхідним чинником існування будь-якого суб'єкта підприємництва. Прибуток характеризує стійкість кредитної установи. Він необхідний для створення адекватних резервних фондів, стимулювання персоналу і керівництва до розширення та вдосконалення операцій, скорочення витрат і підвищення якості послуг, що надаються, і, зрештою, для успішного проведення наступних емісій і відповідно збільшення капіталу, який дає змогу розширити обсяги і поліпшувати якість наданих послуг.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Аналіз банківської діяльності [Текст] / А. М. Герасимович та ін.; за ред. А. М. Герасимовича. – К.: КНЕУ, 2006. – 600 с.
2. Банківські операції [Текст] / А. М. Мороз та ін.; за ред. А. М. Мороза. – К.: КНЕУ, 2000. – 384 с.
3. Дорошенко, І. В. Основні показники діяльності комерційних банків України [Текст] / І. В. Дорошенко // Вісник НБУ. – 2006, 2007, 2008. – № 2. – С. 70.
4. Галицька, Е. В. Фінансові результати діяльності банків України [Текст] / Е. В. Галицька // Вісник НБУ. – 2006, 2007, 2008. – № 3. – С. 64-69.
5. Паливода, К. Чи загрожує Україні іпотечна криза? [Текст] / К. Паливода, П. Гайдучкий // Дзеркало тижня. – 2008. – 29 бер.-05 кв. – № 12 (691).
6. Закон України «Про Фонд гарантування вкладів фізичних осіб» [Електрон. ресурс] : із змінами і доповненнями, внесеними Законами України від 16.11.2006 р. № 358-V, від 31.10.2008 р. № 639-VI. – Режим доступу: <http://www.rada.gov.ua>

Надійшла до редколегії 17.03.2009.

ПОКРАЩЕННЯ СПІЛЬНОГО ЕКОНОМІЧНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ БАНКІВСЬКОЇ СИСТЕМИ І РИНКУ СТРАХОВИХ ПОСЛУГ

У статті проаналізовано проблеми в економіці функціонування банків та страхових компаній, запропоновано напрями її підвищення в майбутньому.

В статье проанализированы проблемы в экономике функционирования банков и страховых компаний, предложены направления ее повышения в будущем.

In the article the problems in economy of functioning of banks and insurance companies are analyzed, the directions of its further increasing are offered.

Аналіз сучасної економічної літератури свідчить про те, що страхування розглядається, з одного боку, як засіб реалізації державної політики соціально-економічного захисту населення, з іншого – як засіб формування значних інвестиційних ресурсів.

В Україні інформація щодо реалізації банківськими установами страхових полісів вітчизняних компаній є мізерною порівняно з іншими каналами збуту. Як правило, банки володіють страховими компаніями. З компаніями, які банк не контролює, існує взаємна настороженість у відносинах. Але незважаючи на це, у страховиків та банків є взаємні спільні фінансові програми та великий потенціал для розвитку [3; с. 1].

Економічній взаємодії між банками і страховими компаніями, її проблемам та перспективам розвитку присвячені праці вітчизняних та зарубіжних економістів, серед яких відзначимо роботи Базилевича В. Д., Белоконєва Ф. Н., Горбач Л. М., Заруби О. Д., Приходько В. С., Федорової Т. А. та інших.

На їх думку, страхові компанії і банки, займаючи провідну позиції по величині активів, є основними постачальниками позикового капіталу і грошових коштів для довгострокових виробничих капіталовкладень. Одним із факторів, які стимулюють банки до співпраці зі страховими компаніями, є зниження ризикованості як банківського, так і страхового бізнесу. В Україні великий потенціал для розвитку має кредитування підприємств малого і середнього бізнесу. При видачі кредитів таким позичальникам здійснюється обов'язкове страхування заставного майна, страхування відповідальності керівників підприємства. Крім того, через банки здійснюється обов'язкове страхування циві-

льної відповідальності власників транспортних засобів перед третіми особами, страхування майна фізичних осіб, медичне страхування, страхування життя, страхування фізичних осіб від нещасних випадків тощо [4; с. 259].

У 2006 р. спостерігалася найбільша активність на ринку надання споживчих кредитів. Багато банків активно кредитували купівлю населенням автомобілів або побутової техніки. У даній ситуації у своєчасному виконанні фізичною особою взятих на себе зобов'язань зацікавлені обидві сторони. Страхова компанія могла б запропонувати свої послуги і продавцям, і кредиторам.

Одним із ключових напрямків у загальній системі заходів щодо ефективного реформування усіх економічних відносин на ринкових засадах є проблеми підвищення ефективності функціонування банківської системи і ринку страхових послуг.

Як відомо, страховий ринок володіє значними інвестиційними ресурсами. Цим потоком грошових коштів можуть користуватися як страховики, так і банківські установи для цілей інвестування галузей промисловості. Крім того, обмін інформацією про клієнтів, надання високоякісних, привабливих страхових послуг в умовах конкуренції підвищить ефективність взаємодії банків і страхових компаній. Це може знизити витрати на страхове обслуговування та пошук нових клієнтів.

Напрацьований кредит довіри може дозволити в майбутньому розглядати різні інвестиційні проекти, прибуткові господарські програми, спільні вкладення в цінні папери або підприємства, що належать банку або його філіалам [4; с. 262-263].

До прикладів спільного напрямку діяльності страхових компаній і банків відносять: страхування заставленого у банку майна, страхування фінансових ризиків банку, ризиків за операціями з платіжними картками. В сучасних умовах спільними схемами ефективною співпраці банку і страхової компанії є кредитування на придбання автотранспорту з його одночасним обов'язковим страхуванням при наданні кредиту на його купівлю, страхування туристичного бізнесу, іпотечне кредитування з одночасним страхуванням житла, отриманого за рахунок кредиту.

Таким чином, виділимо декілька причин підвищеної взаємної зацікавленості страхових компаній та банків:

- можливість розширити клієнтську базу, через надання послуг установами єдиної системи;
- проникнення на нові ринки та забезпечення ефективного використання філіальної системи;
- диверсифікація капіталу та доходу, підвищення норми прибутковості інвестиційних ресурсів;
- необхідність акумулювання всіх грошових потоків в одній системі;
- можливість надання повного спектру банківських та страхових послуг [6; с. 20].

У окремих вчених різні уявлення щодо схеми організації взаємодії з банківськими структурами, все ж таки, можна відзначити найрозповсюдженішу посеред них:

- на першому етапі відділ або управління страхової компанії по роботі з банками визначає найбільш привабливе з точки зору специфіки роботи страхової компанії, її цілей і спеціалізації коло банківських структур. Окремо відмічаються величина активів банку, розміщених у вигляді кредитів організаціям і населенню, величина власного капіталу банку, кількість клієнтів юридичних і фізичних осіб, наявність відділень і філіалів. Додатково можливий збір інформації від клієнтів страхової компанії або їх контрагентів;
- на другому етапі встановлюється контакт з відповідним підрозділом банку. Це може бути управління активними операціями, кредитне управління або управління пасивними операціями в частині роботи з банківськими депозитами або з коштами клієнтів – фізичних осіб. На цьому етапі менеджери страхової компанії в процесі ведення переговорів з'ясовують, які зі страхових продуктів або нових розробок компанії можуть бути цікаві даному банку. З цього

етапу роботу веде персонально відповідальний за взаємодію з даним банком менеджер страхової компанії;

- третій етап – підготовка пропозицій страхової компанії. У них, нарівні з пропозиціями базових страхових послуг, враховуються і специфічні продукти, тією або іншою мірою цікаві банку. Передбачаються також можливість розміщення тимчасово вільних страхових ресурсів компанії, обмін інформацією, взаємодія по розширенню клієнтських баз. На цьому етапі до роботи підключаються топ-менеджери страхової компанії;

- на наступному етапі найбільш корисним було б особисте знайомство топ-менеджерів банку і страхової компанії, а також досягнення домовленостей про шляхи розвитку спільної діяльності. Було б доречним підписання договору про співпрацю (генеральної угоди), в якій визначалися б цілі й задачі на найближчий час і перспективу. Окремо можна було б обговорити умови пільгового страхування співробітників банку після досягнення певного рубежу в співпраці, запропонувати спеціальні умови страхування вищому керівництву;

- на п'ятому етапі мається на увазі початок конкретної роботи з банком з надання базових страхових послуг і більш детального опрацювання інших фінансових проектів і продуктів. Клієнти страхових компаній – юридичні особи завжди раді збільшити свої оборотні кошти на прийнятних умовах. Страхова компанія могла б на цьому етапі надати банку рекомендації на користь початку роботи з клієнтом [4; с. 264].

У ході розгляду даного питання, економісти відзначають, що банківські послуги й послуги із страхування доповнюють себе в пропонованому єдиному продуктовому ряду. Банки і страхові компанії в умовах розвитку фінансового ринку акумулюють значні кошти, які інвестуються за допомогою взаємних інвестиційних і пенсійних фондів. У цілому ці фінансові групи працюють згідно з концепцією «фінансового супермаркету», тобто клієнти одержують повний пакет високоякісних фінансових послуг в підрозділі однієї групи, який відповідає міжнародним стандартам і практиці створення інтегрованого простору для ділових операцій. У страхової компанії, у свою чергу, при реалізації концепції «фінансових супермаркетів» з'являється можливість використати базу даних про клієнтів банків, зменшити витрати на розповсюдження страхового продукту, розширити мережу надання фінансових послуг [1; с. 32].

Однак до 2007 р. склалась ситуація, коли основні послуги, що надаються банками страховим компаніям і страховими компаніями банкам, вже запитані і спостерігається істотне уповільнення темпів розвитку спільної діяльності.

Тому, крім зазначених переваг, інтеграція банків і страхових компаній має й недоліки, головним із яких є, в першу чергу, монополізація фінансової галузі. Для прикладу, підприємство бере в банку в лізинг обладнання, при цьому банк зобов'язує його застрахувати лізингове майно й пропонує ряд страхових компаній, поліси яких він прийме. Із цими страховими компаніями він має договір про співпрацю, або вони входять в одну банківсько-страхову групу. Підприємство, яке бере у лізинг обладнання, не має права вибрати іншу страхову компанію, умови страхування якої можуть бути більш привабливими, а вартість послуг – нижчою, що обмежує права споживача фінансових послуг. Таким чином, відбувається прихована монополізація ринку фінансових послуг [2; с. 34].

Для поліпшення спільної роботи найчастіше пропонуються наступні, умовно розділені на кілька груп, заходи:

1. Вдосконалення стандартних (базових) послуг страховою компанією.
2. Впровадження в практику взаємодії розроблених спеціально для конкретного банку страхових послуг.
3. Розробка і впровадження нових спільних фінансових продуктів.

Розглянувши запропоновані заходи, слід відмітити те, що розробка і впровадження нових спільних фінансових продуктів, на думку вчених-економістів, – найбільш гостра і значуща тема в розвитку спільних відносин. Від того, наскільки успішно буде розвиватися робота в цій сфері, залежить фінансовий успіх усієї співпраці загалом. При розробці даних продуктів необхідно враховувати насамперед найбільш привабливі бізнес-проекти всередині самих банків.

В економічній літературі зазначається, що деякі страхові компанії вже почали освоювати програму по роботі з пластиковими картами, але в переважній більшості випадків страхові компанії випускають картки, на які нанесені лише дані власника і номер його поліса. Страхування власників банківських платіжних карток включає, як правило, програми: страхування медичних витрат виїжджаючих за кордон, страхування їх вантажу, страхування затримки рейсів, оплату проживання в готелях та інші

послуги; страхування від нещасних випадків в Україні та за кордоном; страхування на випадок втрати, крадіжки та пошкодження банківської картки; страхування від махінацій з платіжними картками.

Відомо також, що вітчизняні страховики зробили та надають провідним банкам такі послуги. Для банку цей вид страховки цікавий тим, що вони можуть залучати нових клієнтів за рахунок підвищення якості та розширення спектра послуг клієнтам. Вартість страховки становить від 4 дол. США (залежно від набору ризиків). При цьому вона повинна обов'язково входити до ціни картки. Це пов'язано з тим, що клієнт має сприйняти страховку як невід'ємну частину картки, а не як окремий продукт, оскільки в зв'язку з нерозвиненістю такого виду страхових послуг та непоінформованістю населення, низькою страховою культурою окремо страховка не матиме великого обсягу продаж. Разом з картою можна видавати її власнику також поліси страхування від нещасних випадків, медичну страховку на території України, поліс страхування водіїв від нещасних випадків чи страхування цивільної відповідальності власників транспортних засобів перед третіми особами тощо.

При реалізації карткового проекту страховик повинен встановлювати невеликі тарифи для зменшення витрат банку. Важливим для банків є страхування від махінацій з платіжними картками. Статистика повідомляє наступне: збитки банків від махінацій з картками становлять близько 1 % від обороту по платіжних картках. Це менше ніж на Заході, де втрати від махінацій становлять 2-5 %. Але зі зростанням обсягів трансакцій цей вид страхування буде актуальним для банківських установ (хоча й недешевим 40...70 тис. дол. США на рік) [3; с. 2-3].

Слід погодитись, що безумовним кроком уперед в цьому напрямі буде спільний випуск пластикової карти однієї або двох найпоширеніших платіжних систем, тобто випуск пластикової карти з нанесеними на ній логотипами банку, страхової компанії і платіжної системи. Це дозволить робити додаткову послугу клієнтам компанії, а також отримувати певний прибуток від реалізації даного проекту. З банком-емітентом доцільно домовитися про відсотковий розподіл прибутку, що складається з плати за трансакції, зняття готівки через банкомат і річне (щомісячне) обслуговування картки, на умовах страхування фінансових ризиків, пов'язаних з можливим наданням клієнту овер-

драфту по картці. Для страхування таких ризиків можна використати декілька з варіантів.

По-перше, банк може застрахувати фінансові ризики, пов'язані з неповерненням наданого овердрафту в тій же страховій компанії з урахуванням суми страхової премії від суми овердрафту. При цьому, пластикова картка повинна видаватися безкоштовно, щоб не обтяжувати потенційного страхувальника додатковими витратами, а плата за користування картою повинна стягуватися тільки за умови наявності порушення по картковому рахунку.

По-друге, банки можуть видавати безкоштовно картки супутнього продукту при купівлі якої-небудь фінансової послуги. Крім того, банк може позитивно сприймати пропозицію придбати на певних умовах деякі страхові продукти, скажімо, страхування при виїзді за кордон або мінімальне страхування цивільної відповідальності власника автомобіля, що буде сприйматись клієнтом як переваги пластикових карт, що випускаються саме цим банком.

По-третє, для будь-якого банку і страхової компанії був би цікавий також проект з видачі пластикових карток з одночасним страхуванням фінансових ризиків співробітникам організацій – страхувальників майна. Поручителем, а значить об'єктом, на який може бути звернений регрес, виступить сама організація. Тобто банк надає овердрафт фактично під 100 % гарантії, а страхова компанія має джерело погашення страхових виплат.

Список подібних спільних продуктів буде поповнюватись в процесі розвитку фінансово-економічної ситуації на ринку України [4; с. 263-264].

За даними на кінець 2008 р., в Європі через банки реалізувався кожний третій поліс страхування життя і кожний двадцятий по інших видах страхування. Однак вельми великий також список видів страхування фінансових і банківських ризиків.

Вчені помічають, що більшість фінансових гарантій охоплює основні фінансові операції, пов'язані з кредитуванням, іпотекою, депозитами, цінними паперами, операційними ризиками, хеджуванням валютних курсів. При цьому загальним є прагнення всіх страхувальників звести до мінімуму ризик цих гарантій шляхом зваженого підходу до операцій. Однією з основних послуг страхових компаній, якою найбільш активно користуються банківські структури, є страхування майна, що передається підприємствами в заставу для забезпечення поворотності кредитів, що видаються. Крім того,

спостерігається всезростаючий попит на страхування іпотечного і лізингового кредитування, проектного фінансування, а також цивільної відповідальності (при іпотечному, лізинговому кредитуванні і т.п.). Важливого значення набуває страхування при видачі споживчих кредитів фізичним особам, з поширенням даного виду страхування, як на предмет кредитування, так і на життя та працездатність позичальника. Тарифи на страхові послуги у різних компаній приблизно однакові і часто відрізняються на соті частки відсотка. У зв'язку з цим на перший план виходить привабливість програми взаємодії з конкретною фінансовою структурою, а також грамотно побудована робота з різними управліннями і департаментами банку або небанківської кредитної організації. Так, ще одним перспективним напрямком співпраці можна назвати страхування фізичних осіб керівників підприємства, які дуже часто дають і своє особисте поручительство по поверненню взятої позики. Тут доречно говорити про страхування життя або страхування від нещасного випадку. Причому термін дії договору страхування фізичних осіб повинен відповідати терміну дії договору страхування майна. Все більш актуальною стає співпраця банківських і страхових структур у сфері обміну і розширення клієнтських баз. Особливого значення в роботі підрозділів клієнтського сервісу набуває обізнаність банків про діяльність конкурентів, про потреби і переваги клієнтів. Страхової компанія, що має розгалужену філіальну мережу, може надавати довідку про потенційного клієнта або позичальника, що дислокується у віддаленому регіоні.

Серед одних з головних спонукальних мотивів до більш тісної взаємодії зі страховою компанією є розміщення тимчасово вільних коштів. Помітно, що навіть при порівняно невеликій сумі розміщення страхувальник отримує доступ до основної клієнтської бази банку і має більш конкретні рекомендації про вибір клієнтом страхової компанії. Необхідно зазначити, що почавши роботу з клієнтом – юридичною особою, страхувальник отримує декілька клієнтів – фізичних осіб: керівників і співробітників підприємств, партнерів по бізнесу, а також членів їх сімей. З метою матеріальної зацікавленості працівників фінансових структур, страхова компанія має можливість запропонувати пільгові або взагалі безкоштовні поліси по добровільному медичному страхуванню, страхуванню майна відповідального працівника або страхуванню цивільної відповідальності власників транспортних засобів [4; с. 259-260].

Щоб взаємодія банків в умовах розвитку страхових відносин була ефективною, пропонується створити систему державного регулювання функціонування й розвитку банківсько-страхових структур, визначити вимоги до функціонування таких структур згідно з нормами й стандартами Європейського Союзу [2; с. 35].

Тенденції, які склалися на фінансовому ринку, породжують нові сфери конкуренції і суперництво на національних ринках. Розвиток глобальної фінансової системи ставить задачі переосмислення економічної і фінансової політики, вимагає удосконалення конкретних інструментів і технологій економічного регулювання страхових відносин, що забезпечують економічну безпеку господарюючих суб'єктів і стійкий розвиток національної економіки [5; с. 13].

Співпраця страхової компанії з банком вигідна обом учасникам, оскільки, в першу чергу:

- знижується собівартість трансакцій та інформаційних витрат усередині групи і, як наслідок, зменшуються тарифи, надається можливість вести більш гнучку цінову політику, зростає надійність усіх фінансових операцій, що проводяться страховою компанією і банком, також раціонально інвестуються кошти страхових резервів, зібраних страховою компанією;

- у банку виникає додаткове джерело доходів – комісійна винагорода за реалізацію страхових полісів [6; с. 21];

- страховик отримує постійний канал надходження страхових платежів та клієнтів;

- відбувається розширення набору послуг, які надає банк при обслуговуванні клієнтів, яке, в

свою чергу, позитивно впливає на його імідж та дає додаткові конкурентні переваги для поширення власних програм [6; с. 22].

Дослідивши дану проблему, можна зробити висновки, що в Україні ринок страхування ще молодий, і існує багато невирішених питань, над якими потрібно працювати, адже від характеру, розвитку і вдосконалення взаємодії між банками і страховими компаніями багато в чому залежить фінансова стійкість і добробут цих фінансових структур у майбутньому.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Зубарев, В. В. Банк і страхування: «за» і «проти» [Текст] / В. В. Зубарев // Вісник НБУ. – 2004. – № 11. – С. 32-38.
2. Лилик, О. Р. Banc assurance та перспективи його розвитку в Україні [Текст] / О. Р. Лилик // Вісник НБУ. – 2007. – № 2. – С. 32-37.
3. Матвієнко, В. Співпраця страхових компаній [Текст] / В. Матвієнко // Обрій. – 2002. – № 27 (85). – С. 1-3.
4. Навроцький, С. А. Взаємодія страхових компаній і банків [Текст] / С. А. Навроцький // Вісник НБУ. – 2007. – № 4. – С. 259-264.
5. Петров, М. А. Интеграция рынков в условиях глобализации на примере страхового рынка [Текст] / М. А. Петров // Финансы. Инвестиции. Деньги. – 2003. – № 7. – С. 13.
6. Фурман, В. В. Перспективи створення альянсів страхових компаній і банків в Україні [Текст] / В. В. Фурман // Вісник НБУ. – 2005. – № 4. – С. 20-22.

Надійшла до редколегії 18.03.2009.

МАРКЕТИНГОВО-ЛОГІСТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗВИТКУ ІНФРАСТРУКТУРИ РИНКУ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ

Враховуючи сучасні тенденції розвитку світової економіки, представлено можливості підвищення конкурентоздатності транспортної системи України на основі маркетингово-логістичного забезпечення розвитку інфраструктури ринку транспортних послуг. Проведено аналіз маркетингово-логістичних підходів оцінки ефективності функціонування об'єктів транспортної інфраструктури. Висвітлено теоретичні та практичні аспекти стану ринку транспортних послуг, наведено приклади логістичних концепцій, враховуючи досвід роботи транспортних підприємств, запропоновано шляхи створення регіональних транспортно-логістичних об'єднань.

Учитывая современные тенденции развития мировой экономики, представлены возможности повышения конкурентоспособности транспортной системы Украины на основе маркетингово-логистического обеспечения развития инфраструктуры рынка транспортных услуг. Проведен анализ маркетингово-логистических подходов оценки эффективности функционирования объектов транспортной инфраструктуры. Отражены теоретические и практические аспекты состояния рынка транспортных услуг, приведены примеры логистических концепций, учитывая опыт работы транспортных предприятий, предложены пути создания региональных транспортно-логистических объединений.

Taking into account the modern trends of world economy development, the opportunities of increasing the competitiveness of the Ukrainian transport system on the base of marketing-logistical providing the development of infrastructure of transport services market are presented. The analysis of marketing-logistical approaches of estimation of the efficiency of operation of transport infrastructure objects is performed. The condition of theoretical and practical aspects of the transport services market is elucidated, the examples of logistical concepts are given, considering the work experience of transport enterprises, the ways of formation of regional transport-logistical associations are offered.

Кризові явища у світовій економіці, враховуючи нову геополітичну ситуацію та процеси глобалізації, створюють взаємозалежність економічних систем різних країн. Розвиток сучасних тенденцій щодо переходу на ринкові ціни на енергоносії загострили проблеми конкурентоздатності української економіки, що вимагає від транспортної системи України як важливого фактора стабілізації економіки формування конкурентних переваг шляхом застосування маркетингово-логістичних підходів: перевезення пасажирів та вантажів із використанням різних видів транспорту (мультимодальні перевезення) на основі ефективного управління матеріальними ресурсами. Розвиток транспортної системи є першочерговим у системі факторів, що забезпечують розвиток інших галузей, а також здійснення реформ у всіх без винятку секторах економіки.

Маркетингово-логістична парадигма тісно пов'язана із чотирма етапами, до яких відносяться:

- аналітична;
- технологічна (інформаційна);
- маркетингова;
- інтегрована.

Аналітична парадигма представляє собою перший класичний підхід до логістики, як до теоретичної науки, технологічна парадигма зв'язана із розвитком інформаційно-комп'ютерних технологій. В даний час в індустріальних країнах застосовується маркетингова парадигма. Її моделі описують і пояснюють відносини між логістичною системою і можливостями форми в конкурентній боротьбі. Сьогодні багато суб'єктів господарювання на практиці, як правило, використовують поєднання трьох вищевказаних парадигм. Проте в останні роки широко розповсюджується нова логістична парадигма, яку більшість науковців називають інтегральною. Вона, по суті, розвиває маркетингову стратегію, враховуючи при цьому нові передумови розвитку бізнесу на сучасному етапі, до яких можна віднести наступне:

- нове розуміння механізму ринку та логістики як стратегічного елемента в конкурентних можливостях фірми;
- нові перспективи інтеграції між логістичними партнерами;
- радикально змінені технологічні можливості, зокрема в гнучких виробництвах та інформаційно-комп'ютерних техноло-

гіях, які відкрили нові горизонти контролю та управління у всіх сферах виробництва та збуту продукції.

Теоретичні та практичні питання функціонування ринку транспортних послуг є в останні роки об'єктом досліджень вітчизняних та зарубіжних вчених. Ці дослідження направлені на підвищення ефективності розвитку транспортної інфраструктури в рамках досягнення стійкого соціально-економічного розвитку економіки на основі використання інструментів модернізації. Тому маркетингово-логістичний підхід дослідження розвитку транспортної інфраструктури та формування стратегії її розвитку на сьогоднішній день є актуальним.

При проведенні досліджень слід визначити місце транспортної інфраструктури у системі ринкової взаємодії, її роль в сталому розвитку території та у збереженні розвитку людського капіталу, її суть як об'єкта маркетингових досліджень. В умовах поглиблення ринкових відносин транспортна інфраструктура відіграє дуже важливу роль, тому її дослідження включають питання її формування, розвитку та модернізації. Для сталого її розвитку необхідні маркетинговий підхід у дослідженнях, який дозволяє оперативно враховувати зміни зовнішнього середовища, реагувати на поведінку конкурентів, споживачів, тобто при цьому формувати попит та пропозицію. Крім того, це дозволить визначити проблеми, які виникають у процесі діяльності, розробити стратегію і тактику її вдосконалення.

Склад транспортної інфраструктури охоплює: транспортні мережі, рухомий склад усіх видів транспорту, трудові ресурси (кадровий потенціал), дорожньо-транспортні структури, залізничні підприємства. Маркетингові дослідження інфраструктури ринку транспортних послуг дозволяють сформулювати важливу функцію транспортних систем окремих територій, що полягає в адаптації цих систем до економіки регіонів.

Ефективне функціонування ринку транспортних послуг вимагає формування та оптимізації логістичних систем, так, наприклад, ТОВ «ZZZ» є великим оператором на ринку автозапчастин України і має розвинену логістичну систему [1, с. 389]. Програмою керування компанією є програмний продукт Valsoft, що є інтелектуальною власністю компанії.

У разі виникнення непорозумінь з приводу фінансових питань або строків відвантаження фахівець відділу закупівлі погоджує їх з відповідальними особами компанії. Відділ розподілу займається системним розміщенням і достав-

кою товарів. Менеджери цього відділу виконують такі завдання:

- оптимізують формування портфеля замовлень, тобто раціонально підходять до підбору замовлень і шляхів їхнього виконання;
- координують розподіл замовлень по складах філій компанії.

Це ключові завдання цього відділу, тісно пов'язаного з іншими відділами служби логістики.

Завданням транспортного відділу є своєчасне надання для перевезення товару надійних транспортних засобів.

Надання транспортних засобів під завантаженням в зазначені в графіку відвантаження товару строки має особливе значення, тому що порушення цього графіка призводить до нагромадження товару на проміжних складах, збільшення часу приймання товарів на кінцевому складі й, нарешті, до зменшення обігу складу й незадоволення попиту покупців.

Транспортний відділ намагається зменшити відносну вартість транспортних послуг. Для об'єктивного вирішення цього питання у відділі ведеться статистика: кількості перевезень на місяць, собівартості одного перевезення, відносних транспортних витрат (%), коефіцієнта завантаження автомобілів, строку доставки вантажу.

Ці компанії надають також послуги з доставки збірних вантажів, тобто завантажують товар на один автомобіль у декількох місцях завантаження. Транспортний відділ повністю контролює оформлення товаротранспортних документів і проходження маршруту.

Транспортна логістика тісно пов'язана із логістикою постачання та логістикою виробництва (виробничою). На сьогоднішній день особливої уваги заслуговує логістична організація митної переробки вантажів [2].

Логістична організація процесу митної переробки вантажів об'єднує процеси реалізації митних режимів, пов'язаних з фізичним переміщенням зовнішньоторговельних вантажів через митний кордон. Логістика повинна забезпечити узгодженість матеріальних (товарних), інформаційних і фінансових потоків, оптимальну технологію забезпечення переміщення товарів через митний кордон з метою прискорення цього процесу, а також відпрацювання стандартних логістичних вимог як по відношенню до митних режимів (тобто стосовно митниць), так і до учасників зовнішньоторговельних операцій (експортерів, імпортерів, перевізників). Отже, логістична функція митної діяль-

ності охоплює дві складові: 1) логістизацію процесу митної переробки вантажів; 2) митну діяльність транспортно-логістичних компаній (як іноземних, що діють на території України, так і українських). Перший напрямок має основою аналіз митно-логістичних потоків, тобто товарно-інформаційно-фінансових потоків, пов'язаних з перетином митного кордону України зовнішньоторговельними потоками та справами відповідних митних зборів та платежів. Отже, основою митно-логістичних потоків є зовнішньоторговельні потоки, що носять транскордонний, транзитний характер. Вони включають вхідні (імпорт) та вихідні (експорт) види потоків. Їх супроводжують інформаційні потоки: вихідні (від митниць до центрального органу), вхідні (навпаки), супроводжувальні (документи на товар). Фінансові потоки, у свою чергу, бувають вихідні (перерахування мита до держбюджету) та вхідні (державне фінансування митниць).

Митна логістика характеризується компонентною, функціональною та регіональною структурою. Компонентна структура охоплює 15 митних режимів (пропуск товарів для вільного обігу; реімпорт; транзит; митний склад; магазин безмитної торгівлі; переробка на митній території; переробка під митним контролем; тимчасове ввезення (вивезення); вільна митна зона; вільний склад; переробка поза митною територією; експорт; реекспорт; знищення; відмова від товару на користь держави). Функціональна структура відображає основні функції митної діяльності та їх забезпечення (здійснення митного контролю; здійснення інших видів контролю; інформаційне, фінансове та матеріально-технічне забезпечення). Регіональна структура митної логістики включає її розгляд на 6 просторових рівнях: локальному (митний пост); мікро (митниця); мезо (регіональна митниця); макро (національна митна система); мега (митний союз); мета (глобальний митний простір). Нині значення митно-логістичної складової зовнішньоекономічної діяльності зростає на всіх регіональних рівнях прояву.

Зокрема на локальному рівні митна діяльність здійснюється на митних постах, які класифікуються за категоріями (міжнародні, міждержавні, місцеві); за видами (автомобільні, залізничні, морські, пішохідні, повітряні, поромні, річкові); за характером транспортних перевезень (пасажирські, вантажні, вантажно-пасажирські); за характером функціонування (постійні, тимчасові); за часом роботи (цілодобові, у визначений час).

На залізничному транспорті стоїть питання впровадження єдиної міжгалузевої технології перевезень (ЄМТП). Перед маркетинговими підрозділами постануть завдання узагальнення даних для вивчення збуту і потреб клієнтури в транспортних послугах з метою залучення вантажів на залізничний транспорт, у тому числі збір інформації про потенційних клієнтів (виробничі можливості та зв'язки, потреба у різних видах транспортних послуг, бажана ритмічність і пропорційність відправки продукції або отримання сировини, взаємодія з іншими видами транспорту) [3, с. 249].

Перехід на логістичну концепцію управління перевезеннями пасажирів дозволяє істотно підвищити ефективність та якість транспортно-го обслуговування (покращення, оптимізації, доведення) потокових процесів різної природи в економіці [4, с. 82].

Актуальність сервісних послуг у логістиці зростає. Однією з прерогатив логістики є управління і сервісні потоки, тому що більшість компаній виробляють не тільки готову продукцію, але і виконують відповідний сервіс, причому логістичний підхід виявився ефективним і для підприємств, що надають лише послуги (транспортні, експедиторські, вантажно-переробні тощо).

Велика кількість елементів логістичної системи і логістичних посередників є, власне кажучи, підприємствами сервісу, в яких послуги нерозривно пов'язані із продуктом. Цей продукт розподіляється, пропонується і продається на різних ділянках логістичного ланцюга.

Дотепер не розроблені ефективні способи оцінки якості сервісу, що пояснюється низкою особливостей сервісу порівняно з продуктовими характеристиками.

Існує два основних принципи транспортування вантажів: економія за рахунок масштабів та економія за рахунок діяльності маршруту. Для ефективного функціонування ринку транспортних послуг слід враховувати наступне:

- визначення виду транспорту;
- визначення типу транспортного засобу;
- вибір постачальників;
- спільне планування транспортного та складського процесів;
- узгодження транспортних та вантажних робіт;
- координація перевезень різними видами транспорту;
- визначення оптимальних маршрутів доставки вантажів.

У роботі [5] запропоновано підхід до рішення задачі оптимізації логістичного ланцюга до-

ставки вантажів за критерієм отримання ефекту як вантажовласником, так і залізницею. Для пошуку оптимального рішення в моделі використано модель доставки вантажів з урахуванням принципу скорочення часу транспортування. На базі розглянутої моделі з єдиних методологічних позицій можливо створити єдину систему підтримки прийняття управлінських рішень щодо перерозподілу вантажопотоків на залізницях. Незважаючи на адаптацію транспорту до ринкових відносин, стан транспортної інфраструктури у даний час не можна вважати задовільним, хоча з точки зору впровадження логістики є деякі позитивні тенденції. Так, вже 11 років існує центр ВАТ «Закарпатінтерпорт», де, враховуючи можливості існуючих об'єктів інфраструктури, перспективи нарощення об'ємів перевантажувальних робіт, прийнято рішення про необхідність створення постійно діючого колегіального органу координації спільних дій всіх структур, причетних до перевезень.

У липні 2008 р. відбулась нарада з питань співробітництва перевезень в Європу на території центру транспортного центру «Ліски», де обговорювався сучасний стан та перспективи курсування комбінованого поїзда «Вікінг».

У 2009 р. [6] Львівська магістраль має твердий намір відновити комбіновані (контрейлерні) перевезення. Наразі триває підготовчий етап до втілення цього задуму в життя, залізничники розвивають технічну базу, ведуть перемовини з колегами та партнерами країн-сусідів.

На сьогодні Львівська залізниця, забезпечуючи транспортний вихід до країн Європи, фактично є полігоном для створення нових технічних засобів організації комбінованих (контрейлерних) перевезень у міжнародному та внутрішньому сполученні.

Вигідне географічне положення України на шляху основних товарних потоків між Європою й Азією, Балтійським і Чорним морями, наявність розвиненої транспортної мережі з виходом до моря – усе це сприяє проходженню міжнародного транзиту територією України. Разом з тим, швидкий розвиток транзиту в частині автомобільних перевезень має значний негатив, який не можна не враховувати. А от впровадження й розвиток контрейлерних перевезень для України дозволило б вирішити низку проблемних питань:

- збереження автомобільних доріг, розвантаження автомагістралей, зменшення аварійності;
- економія пального, продовження терміну служби автомобілів;

- перевага в часі при перетині кордону (за рахунок проведення митного контролю не кожного авто, а всього складу поїзда, який за графіком не може бути затриманий більше, ніж на 5 годин).

Матеріальні вигоди держави від здійснення контрейлерних перевезень є значно більшими, ніж від проїзду тих самих автопоїздів автомобільними дорогами, оскільки залізницею перевезення здійснюються вітчизняними перевізниками, а плата за користування залізничною інфраструктурою є більш адекватною витратам на її підтримання та оновлення. Крім того, не останню роль при підрахунку вигоди для держави має відігравати збереження навколишнього середовища від забруднення й загазованості.

Відтак, упровадження та розвиток транзитних контрейлерних перевезень, тобто перевезень великовантажних автопоїздів залізницею на спеціальних платформах є вигідним для України і дасть змогу збільшити потоки транзиту через її територію.

Проте системною проблемою в умовах економічної кризи є невідповідність між низьким рівнем розвитку транспортної інфраструктури, ефективністю та якістю функціонування та наявним попитом на транспортні послуги.

У процесі маркетингових досліджень необхідно виявити негативні тенденції у розвитку транспортної інфраструктури, які створюють загрози обмеження економічного зростання як на державному, так і на регіональному рівнях. Так, мають місце сприятливе географічне положення, наявність транспортних комунікацій, зростання транспортної складової у валовому регіональному продукті. Враховуючи можливості, а це транзитний потенціал, прогнозоване зростання зовнішньоторговельного товарообігу (вступ до СОТ), інтеграції в міжнародну транспортну мережу через МТК, розвиток логістичних технологій на Заході важливо проаналізувати слабкі сторони розвитку транспортної інфраструктури та загрози, які можуть негативно впливати на діяльність усіх видів транспорту. Так, слід відзначити відсутність єдиного інформаційного простору у транспортній галузі, організаційна різноманітність учасників, технологічне відставання підприємств транспорту від базових галузей економіки, невідповідність якості перевезень міжнародним стандартам, висока вартість перевезень, неузгодженість регіональних програм транспортного розвитку, незацікавленість органів місцевого самоврядування у розвитку шляхів інтегрованої логістики.

Крім того, маркетингово-логістичний підхід при дослідженні розвитку транспортних систем передбачає вирішення проблем залучення в регіони крупних партій вантажів. Маркетинговий аналіз стану інфраструктури ринку транспортних послуг, враховуючи зарубіжний досвід Республіки Польща, Словаччини, Чехії визначає можливі шляхи створення транспортно-логістичних об'єднань (рис. 1).

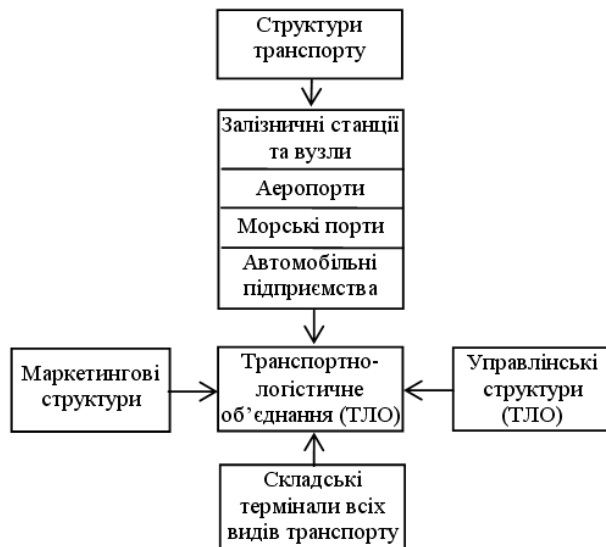


Рис. 1. Структура транспортно-логістичного об'єднання

Створення транспортно-логістичних об'єднань повинно охоплювати:

- визначення цілей функціонування цих об'єднань, враховуючи макропоказники та потреби регіону;
- визначення масштабів діяльності, взаємодію із іншими логістичними об'єднаннями та структурами;
- визначення структури управління об'єднанням.

При маркетинговому аналізі у формуванні транспортно-логістичних об'єднань регіону визначають систему показників, зокрема потенціал потенційних клієнтів, транзит, інвестиції, фінансово-економічні показники суб'єктів ринку. На основі цих даних та вивчення попиту ринку транспортних послуг визначають програми маркетингового забезпечення транспортних об'єднань у внутрішніх та міжнародних перевезеннях. Маркетингова інформація повинна охоплювати можливості терміналів, митниць, ситуацію на зарубіжних ринках.

Це дозволить оцінити конкурентоспроможність та ефективність транспортної інфраструктури, оскільки транспортна інфраструктура ви-

значається сукупністю видів транспорту та потреб суб'єктів ринку в транспортних послугах, виявити конкурентні переваги для кожного елемента системи та галузі в цілому.

Конкурентоздатність транспортної інфраструктури визначається конкурентною стабільністю підприємств, що входять до її складу, а конкурентні переваги підприємств визначаються на основі наявних ресурсів та незадіяних резервів. Маркетингова стратегія націлена на досягнення конкурентних переваг транспортної інфраструктури і повинна підтримуватися маркетинговою системою забезпечення конкурентоздатності. Однією з ефективних умов маркетингового забезпечення конкурентності суб'єктів транспортної системи є розвиток інтеграцій. Інтеграційний потенціал у процесі логістичного управління посилює характеристики транспортної інфраструктури та зміцнює її позиції на ринку.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Алькема, В. Г. Логістичний підхід до оцінки діяльності складу [Текст] / В. Г. Алькема // Вісник Нац. ун-ту «Львівська політехніка» № 580. Логістика. – Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2007. – С. 386-395.
2. Смирнов, І. Г. Митна логістика в регіональному вимірі [Електрон. ресурс] / І. Г. Смирнов. – Режим доступу: http://www.rusnauka.com/NPM/Geographia/1_1smirnov_mitna.do...
3. Корецька, С. А. Необхідність впровадження логістики в зв'язи з реформуванням залізничного транспорту в Україні [Текст] / С. А. Корецька // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 17. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007. – С. 247-249.
4. Творонович, В. І. Основні проблеми логістики пасажирських перевезень [Текст] / В. І. Творонович, М. А. Демченко // Матеріали Першої наук.-практ. конф. «Маркетинг та логістика в системі менеджменту». – К., 2008. – С. 81.
5. Бутко, Т. В. Формування гнучкої системи логістичних ланцюгів доставки вантажу залізницями України [Електрон. ресурс] / Т. В. Бутко, Д. В. Ломотько, Д. І. Мкртичян // Східноєвропейський журнал передових технологій. – 2006. – № 6. – Режим доступу: http://www.rall.narod.ru/publ_tl.htm
6. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: http://www.uz.gov.ua/index.php?f=Doc.View&p=news_3792.0.news

Надійшла до редколегії 16.02.2009.

ПРОБЛЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИТРАТ У СУЧАСНИХ РИНКОВИХ УМОВАХ

Розглядається поняття і класифікація витрат з точки зору сучасних концепцій.

Рассматривается понятие и классификация расходов с точки зрения современных концепций.

The concept of expenditures and their classification are considered from the viewpoint of modern conceptions.

Комплекс заходів, що передбачається урядом України для стабілізації економіки, об'єктивно вимагає переходу всіх підприємств і галузей промисловості до противитратних методів господарювання, спрямованих на зменшення собівартості продукції, унаслідок чого процес управління витратами на підприємствах зараз набуває особливої актуальності.

Існує багато концепцій витрат виробництва. А. Сміт і Д. Рікардо під витратами розуміли суспільні середні витрати на одиницю продукції. Крім того, витрати визначалися як ціна виробництва з урахуванням рентних платежів.

У маржиналістів витрати виглядають як явище, що базується на граничній корисності. На думку К. Менгера, Ф. Візера та інших маржиналістів, сума, яку фірма виплачує за фактори виробництва, визначається граничною корисністю, яку вони мають з точки зору продавця.

Прихильники інституціоналізму вважають, що витрати вимірюються якістю і характером трудових зусиль, здібностей людей, які роблять ці зусилля.

Неокласичні концепції розглядають витрати виробництва як суму витрат на придбання факторів виробництва [8, с. 26-30].

Для подолання цього протиріччя необхідним є розробка методичного забезпечення обліку витрат з позицій вимог ринкової економіки та прийняття ефективних управлінських рішень.

Основними базовими концепціями управління витратами є:

- концепція витратоутворюючих факторів;
- концепція доданої вартості;
- концепція альтернативності витрат;
- концепція трансакційних витрат;
- концепція ABC;
- концепція стратегічного позиціонування;
- концепція ланцюга цінностей.

Концепція витратоутворюючих факторів є традиційною для більшості видів підприємни-

цької діяльності. Деякі форми концепції практика знайшла у 80-х рр. XX століття. В основі концепції функціональні (операційні) і структурні витратоутворюючі фактори [9, с. 27-29].

Відомо, що функціональні фактори пов'язані зі здатністю фірми успішно функціонувати. До них відносять комплексне управління якістю, раціональність планування, усі види внутрішніх ресурсів фірми та ефективність їх використання.

Однак у практиці консалтингу в останні роки спостерігається зростання інтересу в напрямі структурних витратоутворюючих факторів, тому що ефект оптимізації в даному випадку досягається не в результаті зміни складу витрат, а за рахунок раціоналізації використання внутрішньогосподарських ресурсів, підвищення їх оборотності.

У рамках концепції доданої вартості складові витрат розглядаються на усіх стадіях додавання вартості, починаючи з закупівель сировини і матеріалів і закінчуючи реалізацією власної продукції і послуг. Ключовим моментом такого підходу до управління витратами є максимізація різниці (доданої вартості) між закупівлями й реалізацією, відповідно зі сфери уваги аналітиків випадає велика частина матеріальних витрат. Такий підхід звужує сферу впливу операційних витрат, і аналітичні оцінки з цих позицій навряд чи можуть бути вичерпаними у матеріалоемних видах діяльності. Що стосується нематеріаломістких робіт і послуг, то підхід до поводження витрат із позиції концепції доданої вартості може бути цілком виправданим.

Концепція трансакційних витрат визрівала у 30-х роках XX ст. у рамках «нового інституціоналізму». Як самостійна тема проблематика трансакційних витрат заявляє про себе у 60-70-х рр. у США і Західній Європі і пов'язана в першу чергу з іменами двох економістів: Р. Коуза й О. Вільямсона [6, с. 90].

Категорія трансакційних витрат розуміється гранично широко і використовується для позначення обміну товарами, юридичними зобов'язаннями, угодами короткострокового і довгострокового характеру, що вимагають детального документального оформлення і припускають просте взаєморозуміння сторін.

Концепція трансакційних витрат є предметом підвищених інтересів українських економістів в останні роки. Однак облік їх в управлінні витратами у вітчизняних організаціях надзвичайно проблематичний: по-перше, через високу частку подібних витрат, що носять нелегальний характер; по-друге, через труднощі їх виділення із сукупності легальних витрат, тому що вітчизняними регулятивами бухгалтерського обліку таке поняття, як трансакційні витрати, не передбачено.

Концепція ABC формалізує облік і аналіз витрат по видах діяльності у частині розподілу накладних витрат на конкретні товари, роботи й послуги. В основі концепції ABC лежить економічний розрахунок реальної собівартості продукції, робіт, послуг, що не потребує обов'язкового відображення даних у рамках головної книги.

Найбільш ефективно концепція ABC реалізується у тих випадках, коли з накладних витрат виділяються витрати стратегічного характеру (дослідження й розробки, маркетингу і збуту), і витрати розглядаються в повному обсязі в найширшому змісті слова, незалежно від того, наскільки точно вони оцінені у виробничому сегменті поточного ланцюжка цінностей [8, с. 14-26].

Концепція стратегічного позиціонування була заявлена у 90-х рр. відомими у США експертами зі стратегічного використання інформації про витрати Дж. Шанком і В. Говіндараджаном [9, с. 261]. Автори по новому розставляють акценти у бухгалтерському й управлінському обліку і застосовують інформацію про витрати для розробки стратегії компанії на шляху по досягненню конкурентних переваг.

Ключовою ідеєю концепції є включення у сферу управлінського обліку й аналізу витрат докладної інформації про стратегічний розвиток компанії, галузі й економіки в цілому.

Традиційно облік і аналіз витрат розглядаються з позиції оцінки відбитих у бухгалтерському обліку господарських операцій, здійснених у результаті альтернативних управлінських рішень. Однак облік не є са-

моціллю, а служить засобом для досягнення успіху в бізнесі. Тому оцінку прийнятим на підприємстві системі та методології обліку варто давати з позиції їх відповідності чи невідповідності прийнятій стратегії розвитку.

Концепція ланцюга цінностей уперше була сформульована М. Портером. Концепція виходить із необхідності виходу за межі фірми для ефективного управління витратами і переносить акцент в аналізі витрат на процеси, що відбуваються за межами фірми.

Управління витратами на основі доданої вартості, з одного боку, починається занадто пізно і не дозволяє використовувати у своїх інтересах зв'язки з постачальниками, тому що багато управлінських рішень можуть бути зведені на «нінащо» через їх непогодженість із ланцюгом цінностей постачальників; з іншого боку, закінчується занадто рано й упускає всі можливості використання зв'язків із клієнтами, тому що для успішного позиціонування на ринку необхідно враховувати не тільки власні витрати, але і витрати споживача після покупки товару чи одержання послуги.

Концепція ланцюга цінностей ґрунтується на розширеному підході до формування й управління витратами і пропонує враховувати витратоутворюючі механізми по всьому ланцюгу цінностей у рамках погодженого набору видів діяльності, починаючи від вихідних джерел сировини і, закінчуючи готовою продукцією чи послугами, отриманими кінцевими користувачами. У цій концепції є очевидне раціональне зерно, однак пропонувані в ній підходи до управління витратами є важкореалізованими у вітчизняному господарському середовищі через відсутність необхідної інформації.

Перераховані концепції управління витратами неоднорідні. Одні (функціональні витратоутворюючі чинники, додана вартість) ґрунтуються на облікових характеристиках витрат і стосуються бухгалтерської сторони управління витратами. Інші (структурні витратоутворюючі чинники, ланцюг цінностей, ABC, стратегічне позиціонування) розглядають витрати як об'єкт управління не стільки в обліковому, скільки в економічному плані.

Як бачимо, питанням витрат виробництва займалися представники різних економічних теорій і в процесі розвитку ринку необхідна поява нових альтернативних методів оптимізації витрат.

Для кожного підприємства важливо дослідити формування витрат, щоб ефективно досягати мети, для якої воно здійснює свою діяль-

ність, проте в ході цього виникає багато розбіжностей.

Однією з проблем являється визначення змісту категорії «витрати». Відсутність однозначності щодо цього поняття певною мірою виправдана, адже в його основі можуть лежати різні вартісні оцінки, хоч і єдині за суттю, але різні за метою.

Наприклад, німецький економіст Г. Фандель зазначає, що витрати – це затрати факторів виробництва у вартісному вираженні [10, с. 13].

К. Друрі вважає витрати засобами, які витрачені для отримання доходів [5, с. 23]. Вчені зі США Ч. Хоргрен і Дж. Фостер до витрат відносять використані ресурси або гроші, які потрібно заплатити за товари та послуги [10, с. 13]. К. Макконнелл., Р. Кемпбелл і С. Брю висловили думку, що під економічними витратами слід розуміти витрати, які фірма повинна забезпечити постачальнику ресурсів для того, щоби відволікти ці ресурси від використання в альтернативних виробництвах [10, с. 14].

Д. Стоун і К. Хітчінг дають таке роз'яснення: витрати – це вартість чогось, використаного для отримання доходу (на виробництво продукції або надання послуг) протягом певного періоду, хоч останній не обов'язково збігається з моментом дійсної оплати ресурсу [10, с. 14].

В Україні поняття «витрати» трактують значно ширше. Ф. Ф. Бутинець розглядає це поняття з точки зору собівартості: «Витрати виробництва – це вираження у грошовій формі поточних витрат – трудових, матеріальних, фінансових та інших видів ресурсів – на виробництво продукції. Ці витрати обліковуються та плануються як собівартість продукції» [3, с. 98].

В. В. Сопко вважає, що витрати формують використані у процесі виробництва різні речовини та сили природи на виготовлення нового продукту праці [10, с. 14].

Згідно п. 5 П(С)БО 16 витратами визнаються або зменшення активів, або збільшення зобов'язань, і це призводить до зменшення власного капіталу підприємства за умови, що ці витрати можуть бути достовірно оцінені [1].

У вітчизняній економічній теорії основна увага приділялася тільки дослідженню витрат, які пов'язані з виробництвом, щодо витрат у сфері постачання та реалізації, то вони не достатньо враховувалися, особливо в практичній діяльності.

Наступною проблемою на нинішньому етапі організації управління витратами є їх науково обґрунтована класифікація.

Витрати виробництва знаходять своє вираження в показниках собівартості продукції. У П(С)БО 16 «Витрати» п. 11-14 представлено перелік витрат, які включаються у виробничу собівартість продукції. Це можна показати схематично на рис. 1 [4, с. 380]:

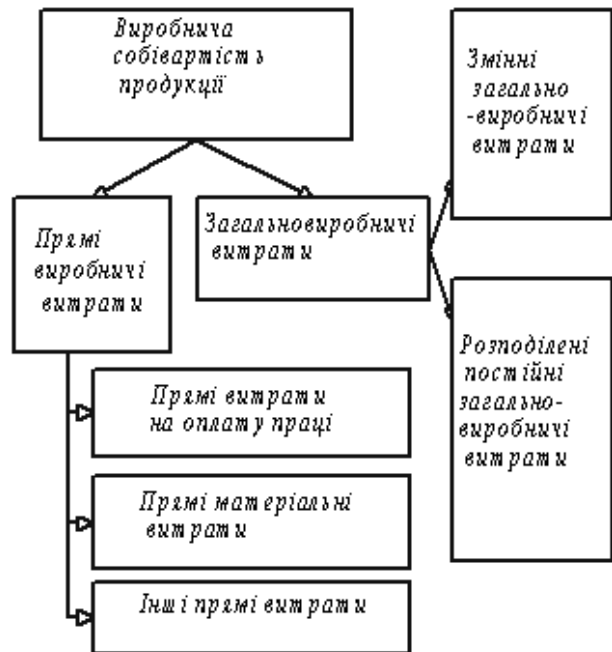


Рис. 1. Структура виробничої собівартості продукції

У спеціальній літературі нараховується близько двох десятків групувань витрат, залежно від різноманітних класифікаційних ознак. Характерно, що кожне наведене групування має один або кілька рівнів подальшої деталізації.

Такі класифікації в сукупності відображають складне переплетіння інтересів осіб, котрі беруть участь в господарській діяльності і прийнятті управлінських рішень, оскільки різні групи користувачів потребують різної інформації.

У цьому зв'язку загальну сукупність усієї обліково-аналітичної інформації про витрати з урахуванням запитів користувачів доцільно порізному класифікувати і відображати в обліку.

У більшості спеціальних досліджень із бухгалтерського обліку та відповідно до прийнятих та введених у дію національних стандартів найчастіше групування витрат здійснюється за такими ознаками:

- залежно від способу віднесення до конкретного об'єкта витрати поділяють на прямі і непрямі;

- за ступенем залежності від обсягу виробництва визначають витрати постійні і змінні;
- за відношенням до виробничого процесу розрізняють витрати основні та накладні (витрати з обслуговуванням виробництва та управління);
- за економічним змістом витрати групуються за економічними елементами і статтями калькуляції.

Найбільш поширені ознаки, які відзначив Я. В. Соколов [7, с. 21], наведені у табл. 1:

Таблиця 1

Класифікація ознак	
Типи поставлених завдань	Види ознак
1. За типом фактів господарської діяльності	Операції та події
2. За періодами	Минулі, поточні та майбутні
3. Щодо балансу	Капіталізовані і некапіталізовані
4. За еластичністю	Змінні та постійні
5. За методикою розподілу	Комплексні та ідентифіковані
6. За очікуванням	Ординарні і екстраординарні
7. За стадіями	Виробництва, обігу, розподілу та споживання
8. За видами витрат	Матеріали, заробітна плата, амортизація і накладні витрати
9. За відношенням до грошових коштів	Монетарні і немонетарні
10. За значущістю	Істотні і неістотні

Ю. Цал-Цалко та Н. Парфенцева рекомендують класифікувати витрати за дев'ятьма ознаками: за центрами відповідальності; за видами продукції; за єдністю складу (однорідністю); за видами; за способами перенесення витрат на продукцію; за ступенем впливу обсягу виробництва на рівень витрат; за календарними періодами; за доцільністю витрачання; за визначенням відношення до собівартості продукції [10, с. 17].

Зарубіжними вченими процес управління витратами розглядається значно ширше. Одним із прикладом цього є система обліку, аналізу,

контролю та управління витратами на основі «ланцюга цінностей».

«Ланцюг цінностей» дає змогу визначити основні види діяльності, що створюють вартість для споживача і додаткові види діяльності. Створюючи вартість для споживача, він починається із забезпечення сировиною та продовжується у процесі виробництва деталей і вузлів, випуску продукції, її оптового і роздрібного продажу або послуги кінцевим споживачам [6, с. 89-90].

Концепцію «ланцюга цінностей» показано на схемі (рис. 2):

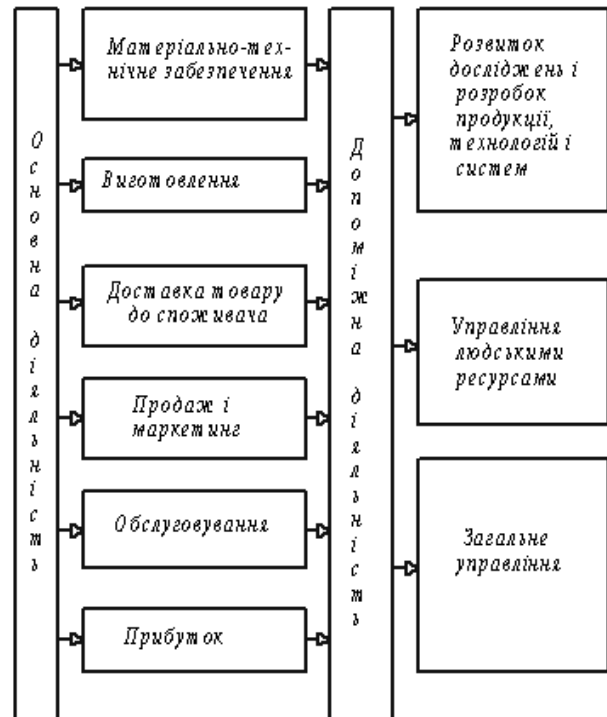


Рис. 2. Схематичне зображення «ланцюга цінностей»

Кожен вид діяльності в цьому «ланцюзі» зв'язаний з витратами та активами. Зіставляючи виробничі витрати й активи компанії з кожним окремим видом діяльності в ланцюгу, можна оцінити оптимальність витрат за ними.

Витрати фірми при виконанні кожної дії можуть бути збільшені або зменшені під впливом чинників двох типів: структурних (економія на масштабах виробництва, ефект кривої досвіду, технологічні вимоги, інтенсивність капіталовкладень, широта товарного асортименту) та виконавчих (наскільки відкрита робоча сила для постійного вдосконалення, позиції персоналу й організаційні можливості фірми із забезпечення якості продукту і виробничого процесу).

«Ланцюг цінностей» компанії вимагає розуміння певних моментів. Перший пов'язаний з

тим, чи намагається вона домогтися переваг шляхом зниження витрат (у цьому разі зусилля керівництва щодо зниження витрат по всьому «ланцюгу цінностей» повинні бути надто очевидними) або диференціації (тоді менеджери можуть навмисно витрачати більше зусиль з метою розвитку необхідних для диференціації напрямків діяльності). Суть наступного у тому, що витрати формуються у кожній ланці «ланцюга» і впливають на витрати в інших ланках під час виконання одного виду діяльності. Останній момент – чи надає зв'язок між видами виробничої діяльності в «ланцюзі цінностей» фірми можливість знижувати ціни.

Формування витрат відносно «ланцюга цінностей» робить можливим їх зіставлення для визначення конкурентоспроможності компанії. Порівняння витрат конкурентів при цьому дає змогу виявити вузькі місця в діяльності бізнесу загалом, адже неконкурентоспроможні ціни можуть формуватися не тільки у виробника, а й за рахунок діяльності постачальників або системи просування готового товару до кінцевого споживача. Постачальники можуть мати надто високий рівень витрат або прибутку, що піддає ризикові конкурентоспроможність компанії, навіть якщо всередині неї витрати на господарську діяльність дуже конкурентоспроможні.

Таким чином, визнаючи, наскільки ціни і витрати компанії конкурентоспроможні з точки зору кінцевого споживача, необхідно оцінювати діяльність постачальників та їхні витрати.

Оцінка конкурентоспроможності компанії на ринках кінцевих споживачів у сучасних умовах вимагає, щоб менеджери компанії знали і розуміли весь процес створення вартості, а не тільки «ланцюг цінностей» своєї фірми, тому вони беруть до уваги «ланцюг цінностей» постачальників.

Наведені ознаки класифікації витрат із позицій «ланцюга цінностей» дають змогу глибше аналізувати і розуміти економічний зміст витрат бізнес-системи загалом і служать інформаційною базою для функціонально-вартісного аналізу з метою оновлення та оптимізації.

Висновок

Розглянуті підходи щодо оптимізації витрат виробництва дають змогу зробити висновок,

що в ринковій економіці виникає проблема не тільки у визначенні витрат, їх розподілу за об'єктами, скільки в управлінні ними в умовах конкуренції, визнанні доцільності, використанні та законності, а також досягнення їх прибутковості. Завдання полягає не в мінімізації витрат на виготовлення продукції, а в досягненні такого рівня, коли їх визнають споживачі та буде забезпечено відповідний прибуток виробником.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Положення (стандарт) бухгалтерського обліку 16 «Витрати» [Текст].
2. Бузько, И. Р. Зарубежный опыт перераспределения экономического риска [Текст] / И. Р. Бузько // Академичний огляд, 2001. – № 2. – С. 75-78.
3. Бухгалтерський і фінансовий облік [Текст] : підручник / за ред. проф. Ф. Ф. Бутинця. – Житомир: ЖІТІ, 2000. – 672 с.
4. Бухгалтерський облік в Україні. Від теорії до практики [Текст] / за ред. А. М. Коваленко. – Д.: ВКК «Баланс-клуб», 2007. – Т. 1. – 600 с.
5. Друри, К. Введения в управленческий и производственный учет [Текст] / пер. с англ. под ред. С. А. Табалиной. – М.: Аудит; ЮНИТИ, 1994. – 560 с.
6. Кулик, Р. Р. ФВА і процес оптимізації організаційної структури підприємства [Текст] / Р. Р. Кулик, Ю. Р. Кулик // Вісник Технологічного університету «Поділля». – Хмельницький, 2003. – Т. 2. – С. 89-91.
7. Соколов, Я. В. Бухгалтерский учет: история и современность: Т. 1. Принципы и концепции бухгалтерского учета [Текст]. – Уфа: Изд. центр Башкирского тер. ин-та проф. бухгалтеров, 2000. – 214 с.
8. Хотинская, Г. О. Концептуальные основы управления затратами / Г. О. Хотинская / Менеджмент в России и за рубежом. – 2002. – № 4. – С. 23-30.
9. Шанк, Дж. Стратегічне управління затратами: Нові методи збільшення конкурентоспроможності [Текст] / Дж. Шанк, В. Говіндараджан. – пер. з англ. – СПб.: Бізнес Мікро, 2000. – 288 с.
10. Колісник, А. Інновації в методах підрахунку витрат [Текст] / А. Колісник // Проект для інноваційних менеджерів. – 2008. – 13 січ. – С. 12-19.

Надійшла до редколегії 25.03.2009.

ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ЗАРУБІЖНИХ КРАЇН

Досліджуються етапи реформування залізничного транспорту розвинутих країн. Аналізується досвід функціонування у нових умовах та перспективи розвитку транспортної галузі.

Исследуются этапы реформирования железнодорожного транспорта развитых стран. Анализируется опыт функционирования в новых условиях и перспективы развития транспортной отрасли.

The stages of reforming the railway transport in developed countries are studied. The experience of operation in new conditions and prospects of development of transport branch are analyzed.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими завданнями

Дослідження діяльності залізниць високорозвинених закордонних країн показав, що у всіх цих країнах, у свій час, залізниці мали труднощі у своїй роботі. Пік фінансової і структурної кризи припав на 70-80-ті рр. Так, у США на початку 70-х рр. збанкрутували компанії, що експлуатували 25 % мережі. Японські Національні залізниці в цей час мали борги до 15 млрд дол. щорічно і сумарний борг складав 250 млрд дол. Сумарний борг залізниць Німеччини до кінця сторіччя міг досягти 500 млрд нім. марок. Таке положення, безсумнівно, викликало занепокоєння керівних органів і спонукувало їх до вживання рішучих заходів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми і на які спирається автор

Починаючи з 1965 р., комісія Європейського економічного співтовариства [1, 2] широко обговорювала питання підвищення рівня рентабельності залізниць в умовах ринкової економіки. Важливе місце в обговоренні займали питання розширення прав залізниць в області комерційної діяльності і відшкодування збитків, пов'язаних зі утриманням інфраструктури (верхня будова колії, контактна мережа, пристрої електропостачання, сигналізації і зв'язку, штучні і технічні споруди). Ці витрати цілком несли на собі залізничні компанії, що обмежувало можливість зниження тарифів.

У той же час на інших видах транспорту (автотранспорт, повітряний транспорт) витрати на утримання дорожньої інфраструктури покривалися з державного і місцевого бюджетів. Таким чином, порушувалася рівність різних

видів транспорту в конкурентній боротьбі, де залізничний транспорт виявився в невідгукних умовах.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується дана стаття

Тому єдиним виходом з такої ситуації став пошук шляхів підвищення ефективності роботи залізниць з метою збільшення прибутку. Залізничні компанії всіх країн зійшлися на тім, що важливим кроком у поліпшенні функціонування залізниць є реформування організаційної структури управління.

Європейські залізниці проводили реорганізацію управління різними шляхами, у зв'язку з чим з'являлися нові організаційні структури. Підприємства, що виникли в результаті реформування відрізнялися по трьох основних ознаках:

- за формою власності;
- за рівнем і типом конкуренції;
- за ступенем ієрархії.

Однак, незважаючи на ці відмінності реформи, проведені у всіх європейських країнах, мали одну загальну особливість: відповідність директиві ЄС 91/440 [1] про поділ функцій утримання інфраструктури залізниць і організації експлуатаційної роботи і документу 1893/91 про компенсацію витрат.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

З метою виявлення основних напрямків проведення реформ розглянемо докладно етапи проведення реорганізації залізниць у різних європейських країнах.

Виклад основного матеріалу дослідження з обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Швеція першою в Європі провела реформу залізниць. Шведська модель структурної реформи мала свої особливості. В основі реформи відповідно до Директиви ЄС лежав поділ інфраструктури й експлуатації. У результаті залізниця Швеції (SJ) у 1988 р. були розділені на дві компанії: BV, що займалася питаннями розвитку і утримання інфраструктури, і SJ, що займалася безпосередньо експлуатацією. Ці компанії мають державну форму власності, але працюють на комерційній основі.

Мережа залізниць Швеції представлена магистральними і регіональними лініями. Основна мережа складається з 35 ліній загальною довжиною 6200 км, регіональна – з 23 ліній довжиною 2200 км. SJ мають монополію на вантажні і пасажирські перевезення по основній мережі. Сторонні компанії мають право виконувати вантажні перевезення по фіксованих маршрутах і пасажирські по регіональній мережі. Права експлуатації регіональних ліній належать утвореним у 1978 р. адміністраціям пасажирських перевезень провінцій. Вони замовляють транспортне обслуговування SJ чи залучають до місцевих і приміських перевезень інші транспортні компанії. Контракти з компаніями-операторами повинні укладатись на відкритих торгах на комерційній основі.

SJ залишається єдиним перевізником у міжрегіональному пасажирському сполученні. Починаючи з 1 липня 1996 р., будь-яка компанія може здійснювати вантажні перевезення на мережі залізниць Швеції на обговорених з державними органами умовах. При цьому перевезення, що виконують SJ, залишаються пріоритетними.

Конкурентами для SJ у пасажирському і вантажному сполученнях є консорціум Citypendeln (приміські перевезення), BSM Jarnvag (місцеві і регіональні перевезення). Остання компанія в березні 2000 р. продана BK Tag і обидві зараз входять у Karisson Groupen.

BK Tag стала першою приватною компанією, що здійснювала пасажирські перевезення, а також однією з перших приступила до виконання вантажних перевезень.

Компанія Tagakeriet починала працювати в сфері вантажних перевезень. Зараз ця компанія розширила границі своєї діяльності. Вона займається крім вантажних перевезень, що дають 1/3 доходів, орендою локомотивів і надан-

ням локомотивних бригад адміністраціям інфраструктури шведської BV і норвезької Jernbanverket, технічним обслуговуванням рухомого складу, а також пасажирськими перевезеннями.

Ще одним конкурентом SJ у сфері вантажних перевезень є компанія Inlandsgoods. Крім здійснення перевізної роботи компанія займається підготовкою машиністів поїзних і маневрових локомотивів.

Згодом SJ значно розширила спектр послуг, що надаються. У зв'язку з чим усередині SJ Group утворилися кілька дочірніх підприємств різної форми власності. Для управління дочірніми підприємствами, що займаються наданням додаткових послуг, була створена холдингова група AB Swedcarrier.

Дочірні компанії, що входять до складу AB Swedcarrier, в оперативному відношенні перебувають у підпорядкуванні бізнес-секторам SJ. Бізнес-сектор пасажирських перевезень, наприклад, координує роботу Trafikrestauranger, бізнес-сектор вантажних перевезень – Swelast, Combi Trans Sweden, Rail Combi, Swe Rail Italia, рухомого складу TGOJ і Swe Maint.

Результатом проведення реформ стало значне поліпшення фінансового положення залізниць Швеції. Експлуатаційні витрати щорічно знижувалися на 3 %. Скорочення витрат стало можливим завдяки зміні організаційної структури вантажного сполучення, чіткому використанню вагонного парку і закриттю зайвих депо.

Також необхідно відзначити, що в результаті проведення реформ підвищився рівень послуг, що надаються як у сфері вантажних, так і в сфері пасажирських перевезень завдяки введенню нового модернізованого рухомого складу, відновленню станцій і прийняттю прогресивної логістичної концепції. SJ змогла одержати можливість підсилити свої позиції на транспортному ринку, особливо в далекому пасажирському сполученні. Немаловажну роль у цьому зіграло відділення основної мережі залізниць від регіональної.

Сильна сторона шведської моделі – принцип замовлення для нерентабельних залізничних перевезень, що дотуються державою і регіонами. Цей принцип працює повною мірою, коли замовлення на перевезення отримані у конкурентній боротьбі. Але там, де SJ має монополіні права, така конкуренція неможлива. Однак, незважаючи на конкуренцію з боку приватних компаній-операторів, основний обсяг робіт виконується державною компанією SJ.

Таким чином, з однієї сторони вимога директиви ЄС виконується не цілком, з іншого боку – обмежується можливість подальшого поліпшення фінансового стану залізниць, тому що впровадження конкуренції сприяє одержанню економії в розмірі 30...40 % витрат.

У Німеччині реформа залізниць почалася в січні 1994 р. Проведенню реструктуризації передували ряд важливих подій. У квітні 1993 р. був прийнятий закон, що з 1 січня 1994 р. вивів питання тарифоутворення з-під адміністративного контролю з боку Міністерства транспорту. Виключення склали пасажирські тарифи в приміському сполученні. Одночасно з об'єднанням Державних залізниць ФРН DB і колишньої ГДР DR і створенням Акціонерного товариства «Державні залізниці Німеччини» DBAG були анульовані деякі заборгованості.

Хоча формально DBAG знаходиться в державній власності, по законодавству ФРН ця компанія має ознаки приватизованого підприємства.

Державні залізниці Німеччини здійснюють реструктуризацію в три етапи. Перший етап продовжувався 5 років. За цей час були створені чотири підприємницьких сектори: інфраструктури (з управліннями станцій, мережі і будівництва залізниць, перевезень пасажирів у приміському сполученні, у далекому сполученні і вантажних (з управліннями далеких сполучень, міських сполучень, пасажирських станцій, перевезень дрібних відправок, тяги, ремонтних заводів), а також центральних управлінь і сервісних центрів. Перший етап був використаний для підготовки до рішення задач другого етапу – створення цільової структури із самостійних акціонерних товариств на чолі з холдинговою компанією. У 1999 р. почався другий етап реформи німецьких залізниць DB. На цьому етапі були створені три самостійні експлуатаційні компанії і дві для обслуговування інфраструктури. Їхня приватизація є питанням подальшої перспективи. У рамках нової структури холдингова компанія несе відповідальність за кінцеві результати діяльності залізниць і розподіляє інвестиції між дочірніми компаніями. В існуючій структурі функції експлуатації виконують три компанії: DB Cargo – перевезення вантажів, DB Travel & Tourist – перевезення пасажирів у далекому сполученні, DB Regio – місцеві і регіональні пасажирські перевезення.

На цьому етапі реструктуризації були ліквідовані відділення поїздів і рухомого складу, а

їхні основні фонди приписані відповідним експлуатаційним компаніям.

Утримуванням інфраструктури займаються дві компанії DB Station & Service і DB Network.

Кожна експлуатаційна компанія орієнтована на свій сектор ринку, але користується при цьому однією і тією ж мережею залізниць. DB Cargo та DB Travel & Tourist функціонують на комерційній основі.

Що стосується конкуренції на залізницях Німеччини, то ще до одержання статусу незалежної компанії DBAG уже працювали в умовах конкуренції у вантажному і регіональному пасажирському сполученнях, але займали монопольне положення в далеких пасажирських. У серпні 1999 року дочірня компанія DBAG Metropolitan Express Train GmbH вийшла на ринок далеких пасажирських перевезень з поїздом бізнес-класу Metropolitan у сполученні Гамбург – Кельн, але конкуренція в такій формі поки мало впливає на позиції DBAG у цьому виді сполучень.

У регіональних і місцевих сполученнях положення інше. Законодавча база допускає розподіл контрактів на конкурентній основі, але в більшості випадків умови угод визначаються на контрактній основі без конкурсу. В даний час конкурентом компанії DB Regio, що займається перевезеннями пасажирів у регіональному і місцевому сполученні, є французька група Vivendi, що працює у Великобританії, Австралії, Португалії, Швеції і Нідерландах. Vivendi має 60 % акцій компанії Deutsche Eisenbahn Gesellschaft (DEG), створеної більш як 100 років тому у Франкфурті. Ця компанія стрімко завойовує ринок регіональних перевезень у Німеччині. Вона поставила задачу збільшити частку DEG з 2 % у даний час до 5 % протягом 10 років. Компанія одержала майже половину тендерів і обслуговує близько 511 км ліній і планує збільшити довжину маршрутів до 1000 км.

Ще 2 % сполучень виконують інші регіональні компанії, в основному контрольовані владою земель.

Ситуація з конкуренцією у вантажних перевезеннях більш проста, ніж у пасажирських. У принципі, будь-яка компанія, що має ліцензію, що підтверджує здатність виконувати перевезення з достатнім ступенем безпеки, може виконувати перевезення на мережі DBAG на тих же умовах і за ту ж плату, що і DB Cargo. Відмінність полягає лише в тім, що DB Cargo має великі знижки, як великий перевізник. Але існують додаткові збори за користування послугами станцій і терміналів, сортувальні опе-

рації, використання підйомно-транспортного устаткування, на оплату праці поїзних бригад та інші.

Незважаючи на те, що планувалося переключення вантажопотоків з автомобільного транспорту на залізничний, ситуація складається таким чином, що автоперевізники збільшують свою частку на ринку вантажних перевезень. Поява конкурентів, таким чином, ускладнює положення DB Cargo.

Затвердилися 15 незалежних операторів, що освоюють близько 80 % обігу, не охопленого DB Cargo. Це, головним чином, промислові залізниці, такі як Dortmunder Eisenbahn, Koln Harbours & Freight, залізнична компанія металургійного концерну в Айзенхюттенштадте.

Компанія Elbe-Weser Bahn починала з місцевих вантажних перевезень, але потім освоїла і далекі. Компанія Bahngesellschaft починала в Мангеймі як промислова залізниця.

Промислові концерни, що мають власні залізниці, освоюють деякі вантажопотоки самостійно, організовуючи рух маршрутних поїздів між своїми підприємствами, що знаходяться в різних містах.

Проте, кілька незалежних операторів, що починають у пасажирських перевезеннях, намагаються вийти на ринок вантажних. У їхнє число входить і компанія DEG.

Уже в перші роки реформ DBAG змогла досягти росту вантажо- і пасажирообігу на 12,9 %, обсягу пасажирських перевезень на 15,1 %, вантажообігу на 12 %, обороту концерну на 9 % і продуктивності праці на 3,5 %.

Реорганізація і приватизація залізниць Великобританії проводилася згідно з законом про залізничний транспорт 1993 р. У квітні 1994 р. відбувся повний поділ функцій утримування інфраструктури й експлуатації, що відповідало вимогам Директиви ЄС. Інфраструктура, включаючи управління рухом, була передана у ведення компанії Railtrack, що функціонує на комерційній основі. Усі підрозділи, що займалися раніше в системі BR вантажними перевезеннями, приватизовані і розділені на кілька груп: перевезень масових вантажів маршрутними поїздами, повагонними відправленнями й у змішаних сполученнях; дрібних відправок і пошти. Для компаній введений принцип вільного виходу на ринок транспортних послуг. Питаннями тарифоутворення ці компанії не займаються.

В пасажирських перевезеннях вся мережа була розбита на 25 секторів. В них увійшли сім напрямків далеких сполучень, сім регіональних і одинадцять ліній колишньої мережі.

У сфері пасажирських перевезень послуги надають приватні компанії – власники франшиз. Франшиза видається терміном 7 років і більше. У секторах з великими обсягами перевезень франшизи видаються на конкурсній основі, на малорентабельні перевезення надаються пільги.

До кінця 1995 р. ринки продажу франшиз не відрізнялися активністю. Приватний сектор не прагнув узяти на себе ризик. У 1996 р. конкуренція за одержання франшиз підсилилася. При цьому ні BR, ні її керівництво не мали право давати заявки на участь у цих торгах, оскільки вважалося, що це може викликати перекресне субсидування ліній, у результаті чого стане можливим установлення необґрунтовано низького рівня пропозицій на торгах. Вже в лютому 1996 р. дві перші компанії, що одержали франшизу і спеціально створена для торгів компанія Creat Western Holdings почала надавати послуги по пасажирських перевезеннях.

Механізм торгів за франшизу має ряд незаперечних переваг:

- 1) стимулює конкуренцію між приватними операторами на ринку залізничних перевезень;

- 2) компанія, що здобула перемогу на торгах (тобто запросила мінімальний розмір субсидій), бере зобов'язання по забезпеченню визначеного рівня якості обслуговування пасажирів;

- 3) при видачі франшиз враховується різна ефективність тих чи інших користувачів залізничної мережі, і держава може неоднаковою мірою підтримувати і регулювати їхню експлуатацію, значно скорочується і можливість нецільового використання державних субсидій.

Видачею франшиз на пасажирські перевезення й уточненням умов експлуатації займається служба OPRAF, створена при Міністерстві транспорту.

Вона виступає як замовник пасажирських перевезень, установлює відповідні ціни і надає дотації по соціально значимих перевезеннях. Парк пасажирського рухомого складу перебуває у віданні трьох компаній, що надають рухомий склад власникам франшиз на умовах оренди. У червні 1994 р. ці компанії були виставлені на продаж і в даний час знаходяться в приватних руках.

Незалежна служба ORR контролює доступ конкуруючих компаній на мережу Railtrack, займається тарифоутворенням і захищає інтереси замовників транспортних послуг.

На відміну від більшості країн Європи, де залізниці залишаються в державній власності, у Великобританії проведена повна приватизація. Після проведення приватизації потреба в оперативному управлінні залізничної інфраструктури відпала, і основним завданням державного регулювання стало забезпечення справедливої конкуренції і захист інтересів споживачів і платників податків.

На початку 1997 р. у Франції почата реформа залізниць, що у порівнянні з розглянутими моделями представляється більш обмеженою. У результаті реформи розділені функції утримання інфраструктури й експлуатації. Власником інфраструктури стало знов створене відомство RFF.

У веденні держави залишаються питання визначення характеристик мережі, розподілу фінансових засобів для RFF, інвестицій у рамках CIES (міжвідомчого комітету з економічних і соціальних інвестицій), вироблення стандартів безпеки, принципів і розміру плати за користування інфраструктурою, функції контролю за SNCF і RFF, рішення питань про закриття ліній і статус нових проектів.

RFF несе відповідальність за модернізацію і розвиток інфраструктури раціональної залізничної мережі, відповідає за пріоритетність інвестиційних проектів і їхнє фінансування, визначає ступінь і форми відповідальності по управлінню інфраструктурою і розміри плати за користування інфраструктурою і займається зборами цих засобів.

SNCF виконує перевезення як єдиний користувач мережі RFF. При цьому вони залишаються державними підприємствами. Особливість французької моделі полягає в тому, що SNCF залишається монополістом. У цьому плані реформа Франції не відповідає Директиві ЄС 91/440. Однак, незважаючи на це в результаті проведення реформи відзначений ріст обсягів перевезень і доходів від них. Особливо вантажних, де залізничний транспорт домігся збільшення частки ринку на 1 %. Так, пасажирооборот збільшився приблизно на 2 млрд пас-км, вантажообіг – на 4 млрд т-км.

Державні залізниці Фінляндії (VR) – найбільше транспортне підприємство країни. Їх довжина складає 5846 км. Вони перевозять близько 35 млн т вантажів і більш 35 млн пасажирів на рік. Близько 1/3 вантажообігу приходить на міжнародні сполучення.

До 1990 р. залізниці Фінляндії функціонували як відомство. Це означало, що економіка VR була цілком пов'язана з державним бюджетом і

їх політика визначалася державою чи регіональною владою.

Держава визначала також і цінові питання VR. Залізниці Фінляндії мали можливості самі надавати послуги, що забезпечували б економічну рентабельність.

З метою інтенсифікації роботи і поліпшення економічних результатів протягом 1981-90 рр. були проведені заходи щодо реорганізації управління залізницею, спрямовані на комерціалізацію діяльності залізниць, перерозподіл функцій і відповідальності різних ланок управління і скорочення персоналу.

У результаті цього в 1990 р. VR стали державною комерційною установою. Держава взяла під свою відповідальність утримання і будівництво залізничних колій.

У результаті організаційно-структурних реформ господарсько-економічний комплекс залізничного транспорту Фінляндії складається в даний час з декількох фінансово незалежних, але діючих спільно підприємств:

- 1) товариство з обмеженою відповідальністю VR-Group. Воно представляє материнську компанію і здійснює централізоване адміністративне керівництво діяльністю інших підприємств. VR-Group є також власником нерухомого майна, що не відноситься до експлуатаційної діяльності і мережі телекомунікації залізниць.

- 2) товариство з обмеженою відповідальністю VR – основний оператор-перевізник у сфері вантажних і пасажирських перевезень.

- 3) товариство з обмеженою відповідальністю VR-Track. Займається будівництвом об'єктів інфраструктури залізниць, їх поточним утриманням і ремонтом, а також надає інфраструктуру в користування адміністрації залізниць. Остання ж є підрозділом Міністерства транспорту і зв'язку країни.

- 4) товариство з обмеженою відповідальністю VR-Data. Здійснює централізовану обробку інформації для всіх підприємств залізничного транспорту.

- 5) компанія Rautatieasunnot, що виконує функції керуючого нерухомим майном залізниць, що не відноситься безпосередньо до експлуатаційної діяльності, відає його утриманням, будівництвом нових громадських будинків і здачею в оренду.

- 6) компанія Pohjolan Lukenne. Це дочірня компанія VR. Вона виконує автомобільні пасажирські і вантажні перевезення.

На перспективу поки не передбачається приватизація ні VR-Group у цілому, ні підроз-

ділів. Держава залишається єдиним власником акцій.

Завдяки структурним реформам і заходам щодо підвищення економічної ефективності експлуатаційного й іншого видів діяльності, залізниці Фінляндії, починаючи з 1994 р., працюють рентабельно.

Уряд Італії в липні 1998 р. із затримкою майже в 10 років ввів в дію положення випущених у 1991 р. директивних документів ЄС, що вимагали відділення експлуатаційної діяльності від управління інфраструктурою і забезпечення вільного доступу третіх осіб до інфраструктури. Крім того, було вирішено передати відповідальність за місцеві залізничні перевезення на регіональний рівень. Цим залізниці Італії (FS) були поставлені в нові умови, і продовжувати свою діяльність вони зможуть тільки, якщо виконають відповідні зміни, у чому вони істотно відставали від більшості залізниць Європи.

Передбачається, що в майбутньому FS залишиться єдиним підприємством, але з чітким поділом функцій між окремими підрозділами, що одержать визначену самостійність, у тому числі і по фінансових питаннях. Відповідно до нового положення, у відповідність з політикою лібералізації транспортного ринку FS утратять монопольне право на перевезення. За ними залишиться відповідальність за стан, розвиток інфраструктури й організацію користування нею.

У ході реструктуризації в рамках FS була створена адміністрація з управління залізничною інфраструктурою. Власне структурні зміни в FS почалися вже в 1994 р. Були створені три експлуатаційні служби: далеких, місцевих пасажирських і вантажних перевезень, але без присвоєння їм легального статусу. Ці три служби продовжують свою діяльність, але тепер кожна з них буде мати свій локомотивний і вагонний парк.

Адміністрація інфраструктури, крім утримування і реконструкції існуючої мережі, буде відповідати за реалізацію проектів будівництва нових швидкісних ліній.

В основу проекту реорганізації покладені наступні концепції:

- 1) повний пріоритет основного виду діяльності об'єднання;
- 2) відповідність кожної з трьох основних сфер діяльності їх фізичним особливостям – стосовно ринку, клієнтам, державним економічним і соціальним програмам;
- 3) передача підрозділам F c l S всього

оснащення, необхідного для управління їх діяльністю, засобів автоматики і механіки;

- 4) єдиний орган, що займається технічною і будівельною індустрією – технологічне управління рухомого складу;

- 5) розподіл управлінських задач усередині об'єднання, що буде мати єдиний вищий орган управління і загальну систему адміністративного забезпечення діючих підрозділів.

У більшості випадків задача утримування інфраструктури була покладена на спеціально створені структури (корпорації компанії), що залишаються у власності держави. У деяких випадках передбачається приватизувати такі структури коли-небудь у майбутньому, і тільки в одній країні структура була із самого початку заснована в якості приватної корпорації – у Великобританії.

Слід зазначити, що в Північній Америці приватні залізниці рішуче настроєні проти виділення з їх складу інфраструктури і права вільного доступу до мережі. Недавні епізоди зі злиттям, що спричинили створення гігантських залізничних систем, послужили каталізатором нових дискусій серед відправників вантажу на тему про те, чи дійсно право вільного доступу є необхідною умовою справедливої конкуренції.

Іншою важливою проблемою в розподілі є приналежність систем СЦБ і зв'язку. Вважається, що в чийх руках знаходяться СЦБ і зв'язок, той і контролює всю залізницю. Якщо мета відкриття вільного доступу до мережі всім бажаючим ставиться серйозно, то СЦБ і зв'язок, безумовно, повинні бути передані або компанії інфраструктури, або іншій незалежній організації, але не експлуатаційної компанії.

Встановлення розміру плати за користування коліями є дуже складною задачею. У США на дослідження, що присвячені визначенню того, скільки приватні залізниці повинні платити корпорації АМТРАК за пропуск їх вантажних поїздів по коліях, що належать корпорації, пройшли роки, та й то отримані результати представляються переконливими далеко не всім. Однак, якщо залізниці дійсно сподіваються вистояти в конкурентній боротьбі з автотранспортом, вони повинні установити стандарти, що будуть зрозумілі і порівняно прості в проведенні процедури тарифікації.

Велика частина залізниць розцінила директиву про поділ експлуатаційної роботи й інфраструктури як зручний випадок заново розглянути весь комплекс питань, пов'язаних з організацією поточного утримання і ремонту інфраструктури. Звертає на себе увагу те, що багато

залізниць перейшли до виконання робіт з поточного утримування і ремонту інфраструктури на субпідрядних основах (шляхом укладання контрактів зі сторонніми компаніями), тільки незначна частина допускає такі структури до проведення перевірок. Типова тривалість контрактів складає від 3 до 7 років.

Наступним важливим питанням, що встало у процесі відділення інфраструктури від експлуатації, є приналежність таких об'єктів, як станції та депо.

Найчастіше вони залишалися у власності компанії. Це неминуче зводило новий міцний бар'єр на шляху нових потенційних перевізників. Для порівняння можна відзначити, що в США (незважаючи на те, що в даний час корпорації АМТРАК належать багато станцій) у часи існування великого числа пасажирських компаній станції і вокзали, як правило, належали компаніям по управлінню терміналами. Вагонні і локомотивні депо залишилися у відомості експлуатаційних компаній або були продані стороннім компаніям.

Що стосується експлуатації, то в більшості європейських країн в останні роки ця функція передана в руки спеціально створених державних корпорацій, хоча деякі залізничні системи обмежилися розділом балансових рахунків, зберігши за комерційним сектором, що входить до складу єдиної залізничної структури, колишній статус. Тільки у Великобританії усі види перевезень були цілком передані в руки приватного сектора, робота якого організована через систему франшиз (ліцензії, що видається фізичній чи юридичній особі на виробництво чи продаж визначеного товару чи послуги у визначеному регіоні протягом установленого періоду і на визначених умовах). Пошук оптимального рішення проблеми субсидування залізниць з боку держави передбачає чітка відповідь на питання про те, на що і з яких коштів повинні виділятися субсидії. У цьому плані на одному полюсі знов-таки знаходиться Великобританія, де всі субсидії (за винятком невеликої кількості грантів, що призначені для побудови нових ліній і вантажних терміналів), направляються винятково на фінансування експлуатаційних компаній. Більшість інших країн, навпроти, воліють субсидіювати інфраструктуру. Це виражається в тім, що держава бере на себе усі витрати, пов'язані з інфраструктурою.

Висновки з даного дослідження

Підводячи підсумок усьому вищесказаному, варто сказати, що залізниці повинні пройти ще

довгий шлях перш, ніж вони зможуть досягти тієї мети, що була проголошена на початку реформ. Проведені в різних країнах реформи залізниць відрізняються одна від іншої і мають свої слабкі і сильні сторони. Рішення, що могло б бути застосоване в будь-якій країні, імовірніше з усього, не буде знайдено. Більш того, важко навіть передбачити, як виглядатиме типова організація залізниць наприкінці процесу інтенсивної структурно-організаційної перебудови.

Перспективи подальших досліджень у даному напрямі

З точки зору рішення про надання переваги вибору між ефективністю виробництва й ефективністю задоволення потреб ринку можна виділити три варіанти організації залізниць.

ВАРІАНТ 1. Унітарна залізниця. В усіх країнах світу залізниці, як правило, поєднували підприємства транспорту, що використовували власні постійні пристрої і рухомий склад. Історично ці залізниці виконували транспортні функції на власних підприємствах, звичайно відчували недолік інформації щодо рентабельності транспортних функцій і були майже цілком орієнтовані на виробництво.

Таким чином, традиційно єдине в західних країнах господарське підприємство виконує усі види обслуговування, не розділяючи фінансові результати на різних ринках. У деяких компаніях таке відокремлення можливе, в інших – небажане, оскільки існуюча на певний момент часу можливість може ефективно служити прихованню зустрічних субсидій у декількох вимірах – не тільки між видами діяльності, але і між окремими напрямками і поїздами.

Слід зазначити, що цей варіант організації залізниць на даний момент у чистому виді рідко зустрічається у світовій практиці. Сюди можна віднести такі країни, як Китай, умовно країни СНД і деякі інші.

ВАРІАНТ 2. «Оптове підприємство». Як «оптове підприємство» залізниця може володіти і керувати постійними пристроями і виконувати всі експлуатаційні функції, передавши функції маркетингу «роздрібним підприємствам». Це означає, що залізниця виконує тільки перевезення, а зусилля в області маркетингу орієнтує на «роздрібні підприємства», а не на відправника вантажу. Залізниця надає в користування весь рухомий склад і поїзні бригади чи частину необхідного на вибір «роздрібного підприємства», як це, наприклад, робиться на Шведських залізницях.

ВАРІАНТ 3. Конкурентний підхід. При використанні цього варіанта конкуренції залізничні компанії повинні мати (і надавати іншим конкурентам) право пропуску поїздів по коліях конкурентів. Одним з можливих може бути варіант, коли регіональні (чи національні) компанії мають право користуватися коліями, що ведуть до основних центрів у районах, що примикають.

Такі варіанти можливі тому, що вигідно всім зацікавленим сторонам: якщо вигода неможлива, такі угоди не будуть підписані чи приведені до реалізації приватними, комерційними транспортними компаніями. При перевезеннях, що виконуються більш, ніж однією транспортною компанією на одному напрямку, витрати на поточне утримання постійних пристроїв, експлуатаційні витрати і капіталовкладення можуть бути розподілені на більший обсяг перевізної роботи, що сприяє підвищенню рентабельності власників залізниць. Це дозволяє транспортній компанії вийти на новий ринок без здійснення капіталовкладень у дублюючі постійні пристрої. Такі угоди часто приводять до зміцнення конкуренції на транспортному ринку. Це перевага для відправників вантажу і суспільства в цілому.

Даний варіант, наприклад, використовується на залізницях Канади і США: вантажні компанії цих країн взаємно користаються коліями одна іншої; у США існують угоди про право користування коліями і станціями.

Мова йде про те, що національна мережа залізниць складається з досить незалежних регіональних. Регіональні залізниці виступають як незалежні корпорації, що мають, з одного боку, комерційно орієнтовані сектори, а з іншого боку – розрахунковий центр (РЦ), що контролює використання, поточне утримання постійних пристроїв, а також стягує плату за їх використання з регіональних корпорацій. Внутрішні збори встановлюються так, що розрахунковий центр працює на беззбитковій основі.

Права користування коліями і відповідні угоди про термінали дозволяють кожній регіональній залізниці надавати послуги на всіх напрямках між вузловими станціями появи вантажопотоків, а також за їхніми межами.

Таким чином, на кожному з основних ринків транспортних послуг може бути конкуренція для більшої частини мережі. Відправники вантажу повинні мати право визначати, яка залізниця буде виконувати перевезення.

Представлені три варіанти організації залізниць розглянуті в порядку зростання усередині залізничної галузі конкуренції, що сприяє суперництву між учасниками залізничного ринку за кращі умови здійснення транспортних операцій, тобто створюється внутрішньогалузеве конкурентне середовище.

Аналіз закордонного досвіду показав, що конкурентний підхід є найбільш ефективним варіантом виходу з кризи. Саме він на сьогоднішній день є вищим ступенем в еволюції організаційних структур підприємств. Однак, упровадження цього підходу неможливе без поділу природно монопольного і потенційно конкурентного секторів. Для цього необхідно чітко установити характерні риси природних монополій, що дозволили б провести цей поділ.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Європейське залізничне законодавство. Підборка законодавчих актів Європейського Союзу, які відображають етапи розвитку та становлення Європейського залізничного права [Текст] / Управління зовнішніх зв'язків Державної адміністрації залізничного транспорту України / за ред. І. Б. Матвіїва. – 2006. – Т. I. – 296 с.
2. Європейське залізничне законодавство. Підборка законодавчих актів Європейського Союзу, які відображають етапи розвитку та становлення Європейського залізничного права [Текст] / Управління зовнішніх зв'язків Державної адміністрації залізничного транспорту України / за ред. І. Б. Матвіїва. – 2006. – Т. II. – 494 с.

Надійшла до редколегії 24.03.2009.

ТЕОРИЯ БЕСПРИБЫЛЬНОЙ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭКОНОМИКИ КАК ОСНОВА НОВОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО МИРОВОЗЗРЕНИЯ

Розкрито суперечності існуючої фінансово-економічної моделі хазяйнування. Показано непрацездатність прибутково-фінансової економічної моделі, заснованої тільки на прибутковому підході. Показано відрив цієї моделі від всебічних законів Природи. В якості аргументу відсутності доданого продукту приведена схема кругообігу речовин у Природі. Запропоновано будувати закони економіки не з ідейних міркувань тих або інших соціальних груп, а із всебічних законів Природи. Запропоновано новий базовий економічний світогляд – теорію безприбуткової економіки.

Вскрыты противоречия существующей финансово-экономической модели хозяйствования. Показана несостоятельность прибыльно-финансовой экономической модели, основанной только на прибыльном подходе. Показан отрыв этой модели от всеобщих законов Природы. В качестве аргумента отсутствия добавочного продукта приведена схема круговорота веществ в Природе. Предлагается строить законы экономики исходя не из идейных соображений тех или иных социальных групп, а из всеобщих законов Природы. Предложено новое базовое экономическое мировоззрение – теория бесприбыльной экономики.

The conflicts of existing financial-and-economic model of management are revealed. The groundlessness of profit-financial economic model based only on a profit approach is shown. The alienation of this model from general laws of the Nature is demonstrated. As an argument of absence of additional product the scheme of rotation of substances in the Nature is given. It is suggested to build the laws of economics starting not from idea considerations of those or other social groups but from general laws of the Nature. A new basic economic ideology – the theory of non-profitable economy – is proposed.

В период сильнейшего кризиса, который в настоящее время охватил всю мировую финансово-экономическую систему, остро встаёт вопрос о нахождении истинных причин случившегося, нейтрализации их и разработке скорейших путей выхода из создавшейся ситуации.

По нашему глубокому убеждению, основная причина кризиса, которая незримой нитью проходит через все стадии функционирования современной финансово-экономической модели хозяйствования, заключается в существовании самого института прибыли.

Крах этой модели назревал уже давно, но сейчас он вошёл в свою завершающую фазу.

Прибыльная модель хозяйствования предполагает постоянное развитие производства и постоянное расширение рынков сбыта. В случае невыполнения этих условий, данная модель просто перестаёт работать. В современных условиях глобализации, когда новые рынки сбыта товаров уже невозможны, т.к. территория Земли имеет свои пределы, и расширяться уже некуда, прибыльная модель хозяйствования вошла в кульминационную стадию своего существования. Остановимся на этом подробнее.

Вначале следует подчеркнуть, что в области финансово-экономических теорий уже давно проявляются глубокие и очень устойчивые за-

блуждения, зиждущиеся на асистемном подходе и ограниченном экономическом мышлении, не учитывающие естественные Законы Природы, а также усиленно подогреваемые идеологическими и политическими подходами к этому вопросу.

Как правило, основная функция экономиста состоит в решении типовых экономических задач. Принято считать, что квалифицированный экономист знает, где следует брать информацию для решения той или иной задачи и как эту информацию использовать. Решение типовых экономических задач благоприятствует количественному изменению экономики. Для качественного же изменения, необходимо решение «изобретательских» задач, т.е. задач, методы решения которых ещё не содержатся в экономической литературе и не описаны в известных квалифицированному экономисту рекомендациях и правилах. В этом отношении экономисты очень сильно отстали от инженеров-изобретателей, занимающихся вопросами разработки новой техники и технологии. Инженеры-изобретатели давно уже «учатся» у Природы и черпают в её многообразии необходимый материал для своих технических разработок. Создавая искусственную систему, а финансово-экономическая система – это система искусственная, Человеку необходимо разрешить два

типа противоречий: внешние противоречия, относящиеся к сфере Природы, по законам которой создаётся искусственный объект, и внутренние противоречия социального характера, которые порождаются целями Человека, общества и самой системы как искусственного объекта. Необходимо иметь в виду, что противоречия Природы составляют содержание, а общественные противоречия – форму. Любая деятельность, в процессе которой не разрешены природные противоречия её функционирования, лишается содержания. Реальным подтверждением тому и является мировой финансово-экономический кризис.

К решению современных глобальных экономических проблем следует подходить не с «экономической» точки зрения, т.к. решение этих проблем заходит далеко за рамки существующих экономических концепций и теорий, основанных на обязательном извлечении прибыли. Все экономисты, прошедшие обучение по этим курсам, не смогут принять правильное решение по причине того, что находятся под влиянием внедрённых в их сознание концепций, основополагающим принципом которых является извлечение прибыли. Если прибыли нет, то получается, что финансово-экономическая система организована неправильно. Скажем только одно, что все теории, основанные на «прибыльном» подходе, носят эфемерный химерический характер. Сегодня, в рамках «прибыльного» мышления, ничего нельзя изменить в принципе. Ни ввод новой денежной единицы, ни установление стабильного курса валют, ни получение стабилизационного кредита МВФ не дадут желаемого результата – механизм «делания денег» всё равно возьмёт своё.

Среди основополагающих работ по экономике можно выделить работы [1 – 7].

Следует подчеркнуть, что «прибыльную» концепцию поддерживают все существующие на сегодняшний день экономические школы как плановой, так и рыночной направленности. Другой вопрос, что они думают по поводу распределения прибыли: либо её надо делить на всех, либо её присваивают собственники средств производства.

Давид Рикардо [2] и его последователи пытались найти зависимость между заработной платой и прибылью. Но никто не рассматривал систему «заработная плата – цена товара». Хотя на такое явление, что стоимость продукта больше, чем стоимость труда, Рикардо, всё же,

обратил внимание. Но как возникает такой факт, для него осталось неясным.

Согласно экспертному докладу – финансово-экономический кризис (истoki, развитие, прогноз) [8], в числе первопричин, приведших к кризису, называются следующие:

- некомпетентность властей;
- неверный курс социально-экономического развития (провал либерализма);
- отсутствие стратегии развития;
- зависимость от сырьевой базы;
- финансовая глобализация;
- неразвитость финансовой системы;
- низкий платёжеспособный спрос;
- неразумная система кредитования;
- заниженная зарплатоёмкость ВВП;
- завышенная ставка и заниженные объёмы рефинансирования;
- недоступность кредитов;
- высокая добавленная стоимость;
- объективная закономерность развития;
- высокая инфляция;
- мировой заговор (умысел) и т.п.

Таким образом, мы видим, что спектр мнений весьма разнообразен. Однако, основная причина, которая объединяет все вышеперечисленные пункты и во «весь голос» сама заявляет о себе, до сих пор не называется. Почему это происходит?

Кризис – это проблемная ситуация. Под проблемной ситуацией понимается возникновение противоречия между отдельными элементами системы. Противоречие будем трактовать как свойство связи между двумя параметрами системы, при котором изменение одного параметра в нужном для потребителя направлении вызывает недопустимое для потребителя изменение второго параметра [9].

Между какими же элементами системы существует противоречие? Никто из экономистов, воспитанных на «прибыльных» теориях, ответа не даёт. Ведь вся существующая экономика построена именно на максимизации прибыли.

Главное же противоречие возникло между величиной заработной платы $ЗП$, которая входит как составляющая часть в себестоимость продукции, и ценой самой продукции $Ц$. $ЗП$, входящая в стоимость продукции как составная часть, всегда меньше цены продукции, $ЗП < Ц$ [10 – 11]. Это противоречие было всегда, но сейчас оно приняло катастрофические размеры – при большом желании получать сверхприбыли (огромные разницы между ценой товара и зарплатой) и колоссальной кре-

дитной экспансией, она дала сбой. Кроме того, закончились рынки сбыта, и товар приходится покупать у самих же себя... !

В качестве примера можно представить такую ситуацию, когда всё население Земли работает на одном гигантском предприятии планетарного масштаба, выпускающего всю мировую продукцию. При этом на руки работникам выдают заработную плату в количестве $\sum ЗП$, а продукции выпускают на сумму $\sum Ц$. При этом $\sum ЗП < \sum Ц$. Товары же предназначены для тех же самых работников этого гигантского предприятия (других же покупателей нет). Как работники могут сами у себя покупать товары и при этом ещё получать прибыль? Сколько работникам выдали денег в виде зарплаты, столько с них можно и взять.

Чтобы получить прибыль Δ , необходимо продукцию продать по цене $Ц$, которая превышает величину $ЗП$, уплаченную за изготовление этой продукции, $\Delta = Ц - ЗП$. Таким образом, величина прибыли Δ совершенно не обеспечена зарплатой покупателей. Подчеркнём, что речь идёт об абсолютной величине прибыли – национальной (мировой). В каждом конкретном случае товар может быть куплен, особенно недорогой. Но, в целом, приобрести весь произведенный товар за всю полученную заработную плату не представляется возможным. Поэтому и существует кредитно-банковская система, которая и обеспечивает возможность получения недостающей Δ путём предоставления кредита. За эту банковскую услугу придётся отдавать количество денег, равное уже не Δ , а Δ' , где $\Delta' = \Delta + \Delta''$, где Δ'' – проценты по кредиту.

В некоторых отдельных случаях кредит может быть погашен, но, в целом, погасить все кредиты не представляется возможным.

Любой субъект, который берёт кредит для покупки, например, квартиры, считает, что раз он работает и получает зарплату, то за длительный период времени он заработает деньги и отдаст кредит. Но ему, чтобы получить зарплату, необходимо, чтобы его предприятие продало товар с учётом прибыли. Чтобы продать товар, должен быть тот, кто сможет купить товар. Чтобы купить товар, нужны деньги. А деньги – это и есть ранее полученная зарплата. Образуется замкнутый круг. Чтобы его разорвать, необходимо убрать прибыль как «лишнюю деталь».

Согласно принятому определению, прибыль – это сумма, на которую доход превышает затраты. По сути же дела, прибыль – это ре-

зультат неэквивалентного обмена. Считается, что прибыль – это то, что получено, якобы, сверх себестоимости продукции. На самом же деле, **прибыль – это часть цены товара, не обеспеченная реальными денежными средствами (зарплатой покупателей)**. Прибыль – это призрак, это химера. Поэтому прибыли не должно быть ни в реальном производстве, ни в торговле, ни в финансово-банковской сфере. Чтобы система работала, зарплата $\sum ЗП$ должна быть равна цене товара $\sum Ц$, $\sum ЗП = \sum Ц$.

Т.к. у нас экономика имеет социальную направленность, то работающие в сфере производства должны содержать работников бюджетной сферы и социальные слои населения. Поэтому под зарплатой $\sum ЗП$ будем понимать не только непосредственно зарплату работников, но и начисления на неё.

Современная финансово-экономическая система представляет собой конгломерат двух систем, прочно связанных между собой в одну тугую узел. Одна из этих систем – экономическая – представляет собой действительно реальное производство, которое занимается созданием конкретных материальных товаров и услуг. Эта система – труженица. Она является основной системой в этой связке и представляет собой цель.

Ко второй системе относится кредитно-банковская система, которая является обслуживающей, второстепенной и представляет собой лишь средство (одно из средств) для достижения цели. Причём, эта система, вместо того, чтобы просто обслуживать первую (содействовать в обмене товаров), была искусственно сориентирована на антиприродную, антинаучную, абсолютно абсурдную идею – торговлю деньгами. Эта система – паразит. Она присосалась к «живому организму» (реальному производству) и «пьёт из него кровь». То, что банковская система является «кровеносной системой» всей экономики, – это придумали сами банкиры. Наоборот, эта система является «кровопийцей» реальной экономики. На определённом историческом этапе этой системой и было введено понятие «прибыль». Так, например, банк предоставляет клиенту ссуду в размере 100 % денежных единиц, а требует вернуть назад, например, 110 % (тело самого кредита плюс проценты по кредиту). Таким образом, согласно простому арифметическому расчёту, получается $110 - 100 = 10$. Что такое 10? А это и есть финансовая «прибыль». Т.е., ничего не делая, можно что-то иметь. Для того чтобы скрыть свою аморальность, дезориентировать

людей и ввести их в заблуждение, финансово-банковская система перенесла понятие «прибыль» и на реальную экономику, и на торговлю, т.е. везде есть «прибыль». Таким образом, на сегодняшний день в сознание людей внедрена установка о том, что и в реальной экономике, и в торговле, и, само собой разумеется, в финансово-банковской сфере есть прибыль. Все «работают», все зарабатывают и получают прибыль.

Усилиями современного финансово-экономического образования, основанного на антиприродных теориях и средствах массовой информации, усиленно поддерживающих эти теории, эта система внедрила в сознание людей миф о своей исключительной важности и незаменимости. Ей даже удалось всё перевернуть «с ног на голову». У нас даже в словосочетании «финансово-экономическая» на первом месте стоит название обслуживающей системы, а не производящей.

Отметим, что ещё Аристотель разделял на два направления известные на тот период времени экономические теории. Одно направление – это **экономика**, другое – **хрематистика**. Термин «хрематистика» произошёл от греческого слова «*chreima*» – владение. Хрематистика рассматривает вопросы накопления богатства любыми способами с внедрением в социум законов, оправдывающих эти способы. Сам же Аристотель считал это направление противозаконным, работающим против эффективного развития общества: «Ясно, что всякого рода богатство должно бы иметь свой предел, но в действительности, мы видим, происходит противоположное: все занимающиеся денежными оборотами стремятся увеличить количество денег до бесконечности. Поэтому с полным основанием вызывает ненависть ростовщичество, т.к. оно делает сами денежные знаки предметом собственности, которые, таким образом, утрачивают то своё назначение, ради которого они были созданы: ведь они возникли ради меновой торговли, взимание же процентов ведёт именно к росту денег. Этот род наживы, оказывается, по преимуществу противным природе» [12].

Производство товаров появилось раньше, чем появились деньги. Вначале были товарно-обменные отношения, а уже позже появились товарно-денежные. Но, на определённом этапе, товарно-денежные отношения переросли в денежно-товарные (чтобы произвести товар или организовать какое-нибудь дело, сначала нужны деньги), и даже – в денежно-денежные (кредитно-банковская система).

Все потребляемые людьми товары и услуги сильно дифференцированы в цене: есть дешёвые товары, а есть очень дорогие. Банковская система и была создана для того, чтобы в виде кредитов обеспечивать покупку именно дорогих товаров. В некоторых отдельных случаях кредит может быть погашен, но в целом погасить все кредиты не представляется возможным. Потому что составляющая часть не может быть равна целой части.

Люди, просто, не могут поверить в то, что может происходить такая афера планетарного масштаба. При колоссальном количестве денег, долгов ещё больше. Возникает, выражаясь шахматной терминологией, «патовая» ситуация, когда одному из игроков некуда ходить. Согласно шахматным правилам – это ничья. В реальной же жизни – это остановка производства и угроза жизнедеятельности общества.

Речь может идти только о результате некоторого трудового процесса и об относительной прибыли (убытке) в результате неэквивалентного обмена товара на деньги (продажа) или денег на товар (покупка). Абсолютной прибыли в Природе нет.

Как известно в себестоимость продукции включаются следующие виды затрат: заработная плата персонала, начисления на заработную плату, стоимость покупных материалов, стоимость энергоресурсов, амортизационные отчисления, суммы кредитов и процентов по ним. Хотя, в идеальном случае, себестоимость продукции должна состоять только из одной заработной платы с начислениями на неё. Это вытекает из соображения того, что все природные ресурсы предоставлены человечеству в пользование бесплатно, и только человеческий труд (зарплата) необходим, чтобы из всего этого многообразия произвести необходимые блага. Поэтому природные ископаемые и другие дары природы должны реализовываться по ценам, соответствующим «зарплатным» затратам на их добычу, не более того. Заметим также, что и амортизации в Природе также не существует.

Прибыльно-финансовая «религия» была внедрена в сознание людей, а также перенесена на реальное производство и торговлю. Учитывая несовершенную природу человека, это не так просто было сделать. Люди всегда готовы верить в чудо, хотят быть счастливыми, хотят хорошо жить, хотят получить что-то бесплатно и, естественно, хотят иметь «прибыль».

Люди действительно думают, что есть прибыль, верят в это и желают её получить. Эта вера стимулирует многих к труду, придаёт си-

лы. Основные причины здесь кроются в несовершенстве человеческой природы – в желании получить что-то лишнее, сверх заслуженного, так сказать, в подарок, со скидкой, по «акции», в виде премии и т.п. Кроме того, срабатывает «эффект сотой обезьяны», когда под влиянием большинства все начинают мыслить одинаково. Тому свидетельством является и принятая повсеместно «прибыльная» система бухгалтерского учёта. Да, вроде бы, и очевидным является тот факт, что посадил в землю зёрнышко, а вырос целый колос с большим количеством зёрен. Ещё пример, дождь прошёл – грибы выросли. Человеку (грибнику) кажется, грибы – это и есть материальная прибыль (продукты питания). Человек не видит всю картину происходящих в мире процессов (например, процесса, протекающего в почве). Таким образом, вопрос существования прибыли для большинства людей не подлежит сомнению.

Нам необходимо, как можно скорее, всю существующую систему финансово-экономического образования переориентировать на бесприбыльную экономико-финансовую модель.

Известно, что ранняя буржуазная политэкономия не признавала превращения рабочей силы в товар и прибавочной стоимости, как итога эксплуатации наёмных рабочих, а, кроме того, отрицательно относилась к эксплуататорской сущности капитализма. Уже сейчас буржуазные экономисты иногда вынуждены констатировать, что современная буржуазная политическая экономия является просто-напросто эффективным «оружием», обеспечивающим идеологическое господство власть имущих.

Одной из функций денег является то, что они должны служить единицей измерения стоимости, также как, например, килограмм является измерением массы, а метр является измерением длины. Только «кг» или «м» всё время остаются постоянными, а денежная единица постоянно изменяется. Поэтому такие «изменчивые» деньги сейчас не могут служить эквивалентом при обмене товаров.

Спасать банки, не меняя систему, нет никакого смысла. Эта система себя полностью изжила, и её конец вполне закономерен. Такое позорное явление как ростовщичество, должно быть уничтожено как пережиток прошлого, потому что оно не имеет ничего общего с гуманизмом и человеческими ценностями. Люди, которые хранили деньги в банках, также должны хорошо понимать, что банковская система – это тот же самый тотализатор. А в казино ожи-

дания, в большинстве случаев, не совпадают с реальными результатами. Доверия к банкам, как к ростовщической системе, уже не будет никогда. Они могут только возродиться как учреждения «технического» займа по ставке 0 %, который нужен для того, чтобы предприниматель мог начать своё дело, а физическое лицо – приобрести необходимый ему товар.

Говорить о том, что современная финансово-экономическая система имеет серьёзное научное обоснование, нельзя. Она очень далека от законов Природы. В Природе нет кризисов. Уровень системности Природы равен единице, $U_{пр} = 1$. А уровень системности существующей финансово-экономической системы намного меньше 1, $U_{фэс} \ll 1$. Переходя с прибыльно-финансовой модели хозяйствования на бесприбыльную модель экономики, мы, тем самым, приближаемся к законам Природы, и увеличиваем $U_{фэс}$.

Все рассматривают противоречия в системе «спрос – предложение», но никто не рассматривает противоречие в системе «цена – зарплата». Платёжеспособный спрос никогда не будет равен предложению, пока не разрешится противоречие в системе «цена – зарплата».

Этот конфликт относится к типу эргатических конфликтов. Для обоснования причины конфликта рекомендуется использовать категории естествознания, а также примеры и аналогии [13]. Для этого есть две причины: а) системотехника опирается на концепцию единства мироздания и физичности всех реальных процессов; б) естествознание базируется на экспериментальных фактах, что разрешает уйти от умозрительных аргументов и построений.

Обратимся также к теории подобия, которая может облегчить единое описание процессов в самых различных сферах деятельности [14]. Она позволяет перенести закономерности одних процессов на другие.

Чтобы глубже понять суть бесприбыльной экономики, лучше всего обратиться за примером к Природе и провести абстрактный эксперимент.

Рассмотрим причины, благодаря которым добавочный продукт (вещество) в Природе невозможен. Рассмотрим это на примере биомассы, с которой человечество связано самым прямым образом. Биомасса представляет собой живую материю, включающую в себя фитомассу и зоомассу. Биомасса планеты Земля постоянна. Потенциально она всегда готова к увели-

чению, но не увеличивается. Почему так происходит?

Согласно [15], на сегодняшний день известно более 500 тысяч различных видов растений и около 1500 тысяч различных видов животных, хотя ещё далеко не все виды зафиксированы и описаны. Количество особей в каждом виде можно определить весьма приблизительно. Как можно подсчитать, например, количество берёз в лесу или одуванчиков на лугу, или количество колосьев пшеницы в поле? А как подсчитать количество комаров возле речки, мышей в поле, белок в лесу, карасей в озере?.. Согласно мнению большинства людей, которое, видимо, подтверждается повседневным опытом, в лесу больше всего позвоночных – грызунов, птиц, амфибий, млекопитающих. Они наиболее часто попадают в поле зрения и обращают на себя внимание. Вроде бы масса их больше? Ничего подобного! На самом деле основная зоомасса находится в почве. Что касается микроорганизмов, то здесь картина вообще впечатляющая. Так, например, только в одном грамме лесной почвы обитает 10 000 простейших, 100 000 водорослей, 1 000 000 плесневых грибов и 2 000 000 000 бактерий. А сколько разнообразных живых организмов расселено по всей Планете? Тем не менее, всё это многообразие живых организмов размещается не беспорядочно и хаотически, а вполне закономерно, в строгом порядке, согласно исторически сложившимся на Земле законам. Все эти организмы, как животного, так и растительного происхождения имеют одинаковые жизненные потребности и одни и те же задачи: добывание пищи, размножение, заселение жизненного пространства. Кроме того, они образуют живое вещество, или биомассу, которая обладает огромной энергией и влияет на литосферу, гидросферу и атмосферу.

Потенциальные возможности экспансии некоторых видов живой материи колоссальны. Так, например, теоретически, только из одной бактерии за трое суток могло бы возникнуть таких же бактерий общей живой массой равной $1,4 \times 10^{17}$ тонн. В течение одной недели масса этих бактерий могла бы достигнуть массы всего земного шара [16]. Но этого не происходит, потому что существует ограничение общего количества биомассы на планете. Хотя усиленное размножение временами отдельных особей отрицать нельзя. В качестве примера приведём свидетельства английского биолога Керрутера, наблюдавшего однажды из самолёта за передвижением гигантской стаи саранчи, которая в

объёме достигала около 6000 км^3 [16]. Вместе с тем, что если где-то и случается «неконтролируемый» рост отдельных видов живой материи, так это только за счёт гибели других видов. Общая же масса «биомассы» на планете, по словам академика В. И. Вернадского, постоянна. Впрочем, как и количество косной материи.

Почему же биомасса не накапливается? За счёт чего она удерживается на определённом уровне? Ведь, на первый взгляд, может показаться, что биомасса, будучи живой материей, должна беспрерывно развиваться и накапливаться в процессе размножения и роста живых существ.

А этого не происходит в связи с тем, что каждая отдельная частица, из совокупности которых формируется тело любого организма, забирается из окружающей среды, а затем, минув целый ряд других организмов, снова возвращается в окружающую неорганическую среду, откуда и начала свой очередной цикл. Таким образом, каждый элемент, входящий в состав живого вещества, используется биомассой огромное количество раз.

Но, тем не менее, существует строгое правило, согласно которому биомасса на Земле не накапливается, а удерживается в определённом количестве. Хотя сам процесс разрушения одних видов биомассы и появления других происходит непрерывно. Для появления и роста новой жизни необходимо определённое количество «свободных» элементов, количество которых строго ограничено. Это связано с тем, что в создании биомассы могут участвовать только те элементы, которые находятся в границах биосферы. Естественно, что те элементы, которые залегают на большой глубине под землёй, никоим образом участвовать в кругообороте вещества не могут.

Рассмотрим круговорот вещества в Природе на примере углерода, который входит в состав молекул белка. Именно с белковыми молекулами и связана жизнь на Земле.

Как известно, углерод входит в состав углекислого газа CO_2 , который выделяется благодаря жизнедеятельности живых организмов и технической деятельности человека. В столбе воздуха, который находится над каждым гектаром земли, содержится около 2,5 тонн углерода. Большое количество углекислоты поглощают зеленые насаждения, таким образом, углерод участвует в формировании тела растений.

Громадное количество углерода освобождают гнилостные бактерии и грибы, когда разрушают углеродистые соединения, содержа-

щиеся в мёртвых телах растений и животных. Таким образом, углерод снова переходит в CO_2 и попадает в атмосферу. Общие же запасы углерода на Земле остаются неизменными. Можно отметить, что каждый атом углерода, со времени возникновения жизни на Земле, неоднократно находился как в составе живой материи, так и в составе косной материи.

То же самое, можно сказать и о других химических элементах.

Круговороты всех химических элементов являются замкнутыми циклами, в них огромное количество раз используются одни и те же атомы. В связи с этим, новое вещество не создаётся, да, для осуществления круговорота, оно и не требуется. Закон сохранения вещества, при котором материя ниоткуда не возникает и никуда не исчезает, является научным фактом.

Тит Лукреций Кар писал, что «не гибнет ничто, как будто совсем погибая, т.к. природа всегда возрождает одно из другого и ничему не даёт без смерти другого родиться» [17].

Закон сохранения массы веществ был впервые сформулирован М. В. Ломоносовым. В своём письме к Эйлеру он, в частности, писал, что «все встречающиеся в природе изменения происходят так, что если к чему-либо нечто прибавилось, то это отнимается у чего-то другого. Так, сколько материи прибавляется к какому-либо телу, столько же теряется у другого, сколько часов я затрачиваю на сон, столько же отнимаю от бодрствования». Закон сохранения массы веществ объясняется с позиций атомно-молекулярной теории следующим образом: во время химических реакций атомы не исчезают и не могут возникнуть из ничего; общее количество атомов остаётся постоянным до и после реакции. Таким образом, согласно закону сохранения материи, она не исчезает в никуда и не возникает ниоткуда, а только переходит из одного вида в другой [18]. Где же здесь прибыль?

Каждое растение, животное, каждое живое существо потребляет из окружающей среды необходимые для его развития вещества и энергию, а затем отдаёт их назад. И здесь, где же прибыль?

Появление Человека как сознательной части материи, имело важное значение для эволюции всей биосферы. По мере развития интеллекта Человек научился использовать Природу для достижения своих целей. Его деятельность существенно изменяет круговорот веществ в Природе. При этом надо обязательно помнить о том, что Человек сам является частью Приро-

ды, он входит в состав биомассы и, поэтому, должен очень осторожно относиться ко всем видам своей деятельности. Благодаря возможности трудиться, он может целенаправленно формировать биомассу в таких пропорциях, в которых будет получать от неё оптимальное количество пользы. Таким образом, не имея возможности изменить абсолютную массу «биомассы» (увеличить или уменьшить её количественно), Человек может изменять её качественно. У нас есть просто возможность выбора. Из одного и того же количества материи мы можем постоянно по безотходным технологиям производить разные товары. Полезность этих товаров и трудоёмкость их изготовления зависят от общего уровня интеллектуальных способностей человека. Мы можем производить продукты как из неорганической материи, так и из органической. Из фитомассы мы можем по своему усмотрению формировать, например, пшеницу, или, например, лес. А из зоомассы, мы можем выращивать, например, коров, а можем, например, кур. То же самое касается и косной материи.

Неправильный выбор ориентиров может нанести несокрушимый удар по самому Человеку. Правила могут быть поведения, этикета, личного движения, внутреннего распорядка и т.п., но когда мы затрагиваем природные явления и процессы, то здесь мы не можем устанавливать свои правила, мы можем «играть» только по правилам природы, которые называются Законами. Эти Законы неизменны. Человек должен их изучать и строго выполнять.

Переступить Законы Природы человек не в силах, он может только использовать их в своей деятельности.

Под относительной «прибылью» можно понимать полезность для человека того или иного полученного продукта и эффективность технологии его получения.

А теперь вернёмся назад к существующей экономике. Учитывая всё вышесказанное, следует обратить внимание и на внедрённый в обиход, такой абсурдный термин как «материальное производство». Никакой материи мы на самом деле производить не можем. Здесь больше подходят термины, связанные с переработкой, изменением, конструированием.

Теория свободного предпринимательства, основанная на обязательном извлечении прибыли, которую уже более двух десятков лет стараются навязать нашему обществу, ещё во времена «великой депрессии» показала свою полную несостоятельность.

Все разнообразные теории, не отрицающие прибыль, являются неработоспособными. Единственный вывод, который можно сделать, говорит о том, что современная финансово-экономическая система, основанная на обязательном извлечении прибыли – это тупиковый путь движения. При такой системе хозяйствования человечество обязательно придёт в тупик. «За что боролись, на то и напоролись». «Двуликий Янус» экономики («всем ведомо начало, но никому неведом конец») стал одноликим: при прибыльной модели хозяйствования результат один – кризис. Нам необходимо, как можно скорее, всю существующую систему финансово-экономического образования перераспределить на бесприбыльную экономико-финансовую модель. И чем раньше мы это поймём, тем лучше.

Без ликвидации главного источника инфляционного механизма – получения «искусственной прибыли» – в принципе невозможно ничего изменить.

Таким образом, не существует в мире никакого прибавочного продукта, в вещественном виде, и никакой прибыли, в денежном выражении.

Противоречие, возникающее между новым научным фактом и существующей теоретической концепцией, является большой движущей силой дальнейшего развития науки.

Поэтому необходимо перевести экономическую и финансовую системы на рельсы естественного «бесприбыльного» развития.

Бесприбыльная экономика – это не значит, что экономика убыточная. Товары должны продаваться по себестоимости. В себестоимость входит заработная плата с начислениями, т.е. люди получают за свой труд зарплату. Ведь самая главная задача состоит именно в том, чтобы люди могли благодаря своему труду создавать материальные и духовные блага и содержать себя, получая вознаграждение за свой труд.

Бесприбыльная экономика позволит навсегда покончить с инфляцией и кризисами и сделать стабильной ситуацию в обществе. Люди должны быть уверены в завтрашнем дне. А стабильность позволит избежать стрессовых и нервных ситуаций, а также других негативных явлений в обществе, влияющих на здоровье нации.

Кроме того, бесприбыльная экономика не отрицает рыночных отношений. Пускай предприятия зарабатывают, сколько хотят – главное условие, чтобы всё шло на зарплату, а не в ми-

фическую «прибыль». Надо максимизировать зарплату, а не прибыль.

Банковская же система должна находиться в жёстких рамках. Система ростовщичества должна навсегда уйти в историю. Кредиты должны выдаваться только «технические» по ставке 0 %. Банки должны стать также бесприбыльными финансовыми организациями. Сотрудники банков должны получать зарплату согласно своему труду.

Как только будет принята бесприбыльная, но моральная экономико-финансовая модель хозяйствования, резко снизятся цены, сразу же исчезнет инфляция, система будет работать стабильно и без кризисов.

Имея исходный материал (сырьё) в виде живой материи (растительное и животное царства) и косной материи (минеральное царство), массы которых остаются неизменными, получить из него дополнительное вещество (добавочный продукт) не представляется возможным. Вместе с тем, благодаря целенаправленной трудовой деятельности, человек имеет возможность формировать из того, что ему предоставила Природа, в нужном для него направлении, различные материальные блага, в которых он нуждается.

Весь материальный ресурс, который есть на Земле, а это, собственно, и есть сама Земля, предоставлен людям в пользование бесплатно. Природа всё создаёт «бесплатно». Поэтому нельзя наживаться на том, что создано природой, им можно только умело и рационально пользоваться в интересах всего общества.

Единственно настоящая прибыль, которая действительно существует, так это духовная (интеллектуальная) прибыль (уровень сознания). Эта прибыль должна постоянно наращиваться. Естественно, и капитал может быть только духовный. В приобретении духовного капитала и заключается жизнь человека. Причём, этим капиталом могут владеть все в одинаковой мере.

Для всестороннего изучения и научного обоснования глобальных экономических вопросов на уровне Человек - Общество - Природа с учётом духовности, гуманизма, морали, нравственности, культуры, экологии и т.п., предлагается ввести новый раздел экономики – «мегаэкономика». В основу мегаэкономики должна быть положена доктрина бесприбыльной экономики.

В заключение сформируем некоторые основные тезисы, которые могут быть положены

в основу нового альтернативного экономико-финансового мировоззрения:

1. Общая масса Земли не меняется; биомасса планеты также постоянна.

2. Добавочный продукт невозможен; прибыли в Природе нет; Природа нам все ресурсы предоставляет бесплатно.

3. Экономика должна быть бесприбыльной; вместо максимизации прибыли необходимо максимизировать зарплату.

4. Есть только духовная прибыль; нравственность противостоит хаосу.

5. Стоимость товаров должна складываться только из заработной платы с начислениями.

6. Деньги товаром быть не могут; ростовщичество – это зло; займы могут выдаваться только «технические» по ставке 0 %.

7. Общая зарплата и общая цена всех товаров должны быть тождественны.

8. Каждый работоспособный гражданин должен зарабатывать только за счёт своего труда; уравниловка в оплате труда недопустима; социальные слои населения должны быть защищены.

9. Современные экономические учения должны быть пересмотрены; система налогообложения должна быть откорректирована с учётом отсутствия прибыли.

10. Комплексными вопросами нового экономического мировоззрения должна заниматься «мегаэкономика».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смит, А. Исследование о природе и причинах богатства народов [Текст] / А. Смит. – М.: Соцэкгиз, 1962. – 684 с.
2. Рикардо, Д. Начала политической экономии и налогового обложения [Текст] / Д. Рикардо // Антология экономической классики. – М.: «Эконос» - «Ключ», 1993. – 475 с.
3. Маркс, К. Капитал (критика политической экономии). – В 3 т. – Т.3: Процесс капиталистического производства, взятый в целом [Текст] / К. Маркс. – М.: Гос. изд-во политической литературы, 1951. – 932 с.
4. Хикс, Дж. Р. Стоимость и капитал [Текст] / Дж. Р. Хикс. – М.: Издательская группа «Прогресс», 1983. – 488 с.

5. Кейнс, Д. М. Общая теория занятости, процента и денег [Текст] / Д. М. Кейнс. – М.: Прогресс, 1978. – 494 с.
6. Макконнелл, К. Р. Экономикс: Принципы, проблемы и политика. – В 2 т. – Т. 1 [Текст] / К. Р. Макконнелл, С. Л. Брю. – М.: Республика, 1992. – 399 с.
7. Макконнелл, К. Р. Экономикс: Принципы, проблемы и политика. – В 2 т. – Т. 2 [Текст] / К. Р. Макконнелл, С. Л. Брю. – М.: Республика, 1992. – 400 с.
8. Экспертный доклад: финансово-экономический кризис (истoki, развитие, прогноз). 2009 год [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rusrand.ru>
9. Перегудов, Ф. И. Введение в системный анализ [Текст] / Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко. – М.: Высш. шк., 1989. – 367 с.
10. Мямлин, В. В. О деньгах, прибавочной стоимости и прибыли [Текст] / В. В. Мямлин // Здравая мысль. – 2007. – № 1. – С. 8-9.
11. Мямлин, В. В. Сущестующая прибыльно-финансовая модель хозяйствования – основная причина кризиса мировой экономической системы и краха финансовой системы [Текст] / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 25. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 241-247.
12. Аристотель. Политика. – В 4 т. – Т. 4 [Текст] / Аристотель. – М.: Мысль, 1983. – 830 с.
13. Дружинин, В. В. Введение в теорию конфликтов [Текст] / В. В. Дружинин, Д. С. Конторов, М. Д. Конторов. – М.: Радио и связь, 1989. – 288 с.
14. Веников, В. А. Теория подоби́я и моделирования [Текст] / В. А. Веников. – М.: Высш. шк., 1966. – 487 с.
15. Радкевич, В. А. Животные и растения: Экологические очерки [Текст] / В. А. Радкевич. – Мн.: Вышэйшая шк., 1980. – 176 с.
16. Дворжак, Й. Земля. Люди. Катастрофы [Текст] / Й. Дворжак. – К.: Вища шк., 1989. – 238 с.
17. Тит Лукреций Кар. О природе вещей [Текст] / Тит Лукреций Кар. – М.: Художественная литература, 1983. – 383 с.
18. Жилин, Д. М. Теория систем: опыт построения курса [Текст] / Д. М. Жилин. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 184 с.

Поступила в редколлегию 21.03.2009.

ОПТИМІЗАЦІЯ АКТИВНИХ ОПЕРАЦІЙ БАНКУ

У статті розроблено модель оптимізації активних операцій банку, яка дозволяє узгодити їх з термінами та обсягами залучених коштів.

В статье разработана модель оптимизации активных операций банка, которая позволяет согласовать их со сроками и объемами привлеченных средств.

The model of optimization of active operations of bank is developed in the article, what allow coordinating them with terms and volumes of the attracted funds.

Кожна економічна система зводиться до задачі найкращого розподілу ресурсів. Економічна теорія виходить з того, що будь-який суб'єкт, приймаючи рішення, прагне до найбільш вигідного, тому діє раціонально. Для цього обирають задачі оптимізації, тобто отримання максимального прибутку і мінімізації ризику.

Сучасний український комерційний банк орієнтується на інтегровану модель розвитку банківської системи. Банк може працювати у трьох напрямках: це корпоративний, індивідуальний і фінансово-інституційний бізнес. У рамках останнього, за належних ресурсів, треба розвивати інвестиційний та кредитний напрямки. Більшість учених визначає кредитний портфель як сукупність усіх позик, наданих банком з метою отримання прибутку. Окремі економісти ширше тлумачать це поняття, трактуючи його як сукупність наданих позичок, що класифікуються на підставі критеріїв, пов'язаних із різноманітними чинниками ризику або способами захисту від нього.

Інвестиційний портфель банку формується в результаті проведення інвестиційних операцій, під якими розуміють діяльність із вкладення коштів банку на відносно тривалий період в цінні папери, нерухомість, статутні фонди підприємств, колекції, коштовні метали та інші об'єкти інвестування, ринкова вартість яких має здатність зростати й давати власникові дохід у вигляді процентів, дивідендів, прибутків від перепродажу та інших прямих і непрямих доходів.

Інші учені-економісти вважають, що в управлінні банківським портфелем активів пріоритет повинен належати наданню прибуткових кредитів, тобто кредитні операції визначаються як базові, а операції з цінними паперами як додаткові [5, с. 111].

У зв'язку зі становленням власної банківської системи України, що триває, проблема розвитку та оптимізації структури банку при зміні його капіталу, а також зміні зовнішніх взаємодій – показників ринку (дохідностей активів і пасивів), має великий науковий і практичний інтерес [6, с. 17].

Активні операції комерційних банків представляють собою діяльність, пов'язану з розміщенням власних і залученням банківських ресурсів з метою отримання прибутку.

Активи комерційного банку поділяються на такі основні види:

- 1) банківські кредити;
- 2) банківські інвестиції;
- 3) касова готівка та прирівняні до неї засоби;
- 4) основні засоби та інші активи.

Кредитні операції передбачають організацію економічних відносин, у процесі яких банки надають позичальникам грошові кошти з умовою їх повернення та сплати проценту за користування. Дані операції, як правило, приносять банкам основну частину їхніх доходів та займають провідне місце серед статей активу балансу. Всі кредити повинні мати, щонайменше, два джерела виплат. Першим, як правило, буде операційний потік грошей, а останнім – реалізація застави.

Інвестиційні операції комерційних банків полягають у вкладенні банківських ресурсів у приватні та державні цінні папери на порівняно тривалі строки з метою отримання прибутку [3, с. 400].

Структура інвестиційного портфеля комерційних банків повинна бути оптимізована таким чином, щоб обґрунтовано знизити ризик імовірних втрат коштів, вкладених у цінні папери, що пов'язано з можливістю невиконання емітентом взятих на себе зобов'язань. Основним засобом зниження цього ризику є дивер-

сифікація, тобто розподіл інвестиційного портфеля між різними видами цінних паперів. Критеріями диверсифікації можуть бути: тип цінних паперів емітента, якість і строки погашення, територіальний розподіл.

Хоча основною метою діяльності комерційних банків є отримання прибутку, вони не можуть вкладати усі ресурси тільки у високодохідні активи (види позик та інвестицій), оскільки при здійсненні активних операцій банки водночас повинні забезпечувати своєчасне повернення коштів їх власникам, тобто виконувати свої зобов'язання за пасивами. Тому частина активних операцій комерційного банку передбачає утворення поточних резервів платіжних засобів з метою постійного підтримання платоспроможності банку. Банки здійснюють свою діяльність у взаємодії із зовнішнім середовищем, основними компонентами якого є клієнти банку і держава. Держава як безпосередньо регулює діяльність банку через Національний банк, так і непрямо, здійснюючи відповідну грошово-кредитну політику. Державна грошово-кредитна політика впливає на вартість активів і пасивів [7, с. 28].

Відомо, що у сучасній світовій практиці банківської діяльності склалися такі основні тенденції:

- 1) збільшення свободи банків у виборі стратегії своєї діяльності;
- 2) впровадження нових інформаційних технологій;
- 3) зростання конкуренції;
- 4) збільшення кількості послуг, що надають банки своїм клієнтам.

Комплексний вплив перших трьох тенденцій приводить до того, що маржа прибутку виявляється «тоншою за лезо бритви», у четвертій тенденції виявляється спроба банків протистояти негативним для них тенденціям ринку. Отже, можна зазначити, що сформованим ринком банківських послуг разом із державною грошово-кредитною політикою визначаються такі основні обмеження:

- вартості депозитних коштів знизу;
- вартості кредитів зверху;
- загального обсягу як депозитів, так і кредитів (попит на ринках активів і пасивів).

Ці обмеження істотно звужують для банків «простір вибору» ефективної стратегії. Наприклад, з погляду вартості залучених коштів банку вигідно залучати в основному короткострокові депозити, але оскільки це вигідно всім банкам, то конкуренція за короткострокові депозити висока, отже, банк не може залучати їх у тому об-

сязі, в якому йому б хотілося. Поняття ефективності діяльності банку має сенс тільки в тому випадку, якщо сформульовані цілі банку. В сучасній економічній літературі спостерігається деяке змішання понять «місія» і «ціль». Для побудови адекватних моделей, на основі яких будуть розв'язуватись оптимізаційні задачі та прийматись управлінські рішення, необхідно чітко розмежувати ці поняття [6, с.18].

Активні операції комерційних банків дозволяють їм ефективно використовувати можливість щодо одержання прибутків та підтримання загального фінансового стану на належному рівні. Управління активами банку та джерелами їх формування повинне відповідати певним вимогам, серед яких варто відзначити:

- 1) врахування відповідності державній економічній політиці та законодавству;
- 2) дотримання регулюючих нормативів, встановлених НБУ, що стосуються обсягів здійснюваних операцій та інших аспектів діяльності банку;
- 3) ефективність управління, забезпечення прибутковості та ліквідності банківської діяльності;
- 4) об'єктивність та конкретність управління, його побудова на достовірній інформації та обґрунтування висновків точними аналітичними розрахунками.

Важливою характеристикою діяльності комерційного банку є його ліквідність, тобто спроможність своєчасно виконати зобов'язання перед клієнтами. Однією з теорій управління ліквідністю, що використовуються у світовій практиці, є теорія строковості, згідно з якою характер зобов'язань банку, строки їх залучення визначатимуть обсяги та строки розміщення активів. Завдяки цьому забезпечиться рівновага в балансі між сумами та строками вивільнення коштів за активами, та сумами та термінами очікуваних платежів за банківськими зобов'язаннями, і комерційному банку не потрібно буде для підтримання своєї ліквідності користуватись міжбанківськими позиками чи мобілізувати кошти з інших джерел, що може мати негативний вплив на його фінансовий результат [2, с. 27].

З огляду на те, що саме кредитно-інвестиційна діяльність дає банку найбільший прибуток, вважається доцільним підтримувати оптимальну структуру банківських активів і залежно від економічної ситуації змінювати її або на користь кредитів, або на користь інвестицій.

Формування кредитного портфеля комерційного банку повинно супроводжуватися по-

стійним контролем за якістю сукупних кредитних вкладень, який здійснюється на підставі розрахунку й аналізу системи коефіцієнтів, котрі оцінюють ефективність кредитних операцій, а відтак і структуру кредитного портфеля у аспекті її оптимальності.

Загалом оптимальність сформованого банком кредитного портфеля можуть відображати показники, які характеризують його дохідність і надійність. Ними, зокрема, можуть бути коефіцієнт середньої дохідності кредитного портфеля (K):

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n L_i \cdot C_i}{\sum_{i=1}^n L_i},$$

де n – кількість позичок, виданих банком; L_i – сума позики i ; C_i – відповідні процентні ставки за позику i .

Використання такого показника ґрунтується на чіткій класифікації усіх позик за рівнем їхньої дохідності, а його динаміка характеризує як зміну процентних ставок, так і структури кредитного портфеля банку [5].

У свою чергу, формуючи портфель цінних паперів, не можна точно визначити майбутню динаміку співвідношення його дохідності й ризику. Тому головними параметрами при формуванні та управлінні портфелем цінних паперів є очікувані дохідність і ризик. Ці величини оцінюються насамперед на підставі статистичних даних за попередні періоди і, як правило, коригуються згідно з очікуваннями менеджера щодо майбутньої кон'юнктури ринку.

Сутність інвестиційного ризику полягає в небезпеці втрати інвестиційних коштів та очікуваного доходу.

Для зниження рівня інвестиційного ризику банки повинні створити спеціальний резерв під цінні папери. Цей резерв може слугувати чинником визначення ризику, а сам ризик від операцій з цінними паперами можна визначити за формулою [5]:

$$r_{(zp)} = \frac{V}{ZP},$$

де $r_{(zp)}$ – рівень інвестиційного ризику; V – сума резервів під операції з цінними паперами; ZP – загальна вартість цінних паперів у інвестиційному портфелі банку.

Чим більше значення $r_{(zp)}$, тим ризикованішою є діяльність банку, пов'язана з цінними паперами.

На підставі розрахунку цього показника за кілька років можна оцінити, наскільки ризиковою є інвестиційна політика банку, чи вживає банк певних заходів щодо зниження ризику.

Для оцінки ефективності інвестиційного портфеля доцільно використати показник, який характеризує середню дохідність цього портфеля. Такий коефіцієнт розраховується за формулою

$$K = \frac{C_{zp}}{ZP},$$

де C_{zp} – процентний дохід, отриманий за цінними паперами.

Чим вище значення такого показника, тим вища дохідність інвестиційного портфеля банку. На підставі аналізу показників середньої дохідності і ризику кредитного та інвестиційного портфелів визначаються показники загальної дохідності ризику кредитно-інвестиційного портфеля комерційного банку.

Метою управління кредитно-інвестиційним портфелем комерційного банку є зменшення ризикових складових цих активних операцій.

Аналіз кон'юнктури ринку та фундаментальний аналіз об'єкта кредитування або інвестування допомагає знизити ризики, притаманні як кредитним, так і інвестиційним операціям.

Однак портфель цінних паперів формується з метою отримання найбільшого прибутку від вкладу і мінімізації ризику. Банк як власник портфеля цінних паперів отримує доходи, в основі яких – коливання курсової вартості цінних паперів. При кредитуванні банк також зацікавлений у максимізації прибутку, але такий прибуток визначається у момент укладання кредитного договору й отримується банком за успішної реалізації кредитної програми. Зазначені відмінності кредитного портфеля й портфеля цінних паперів спонукають до визначення і специфічних прийомів щодо зниження ризиків кредитних та інвестиційних операцій.

На підставі аналізу ризику та дохідності кредитно-інвестиційного портфеля можна визначити його оптимальну структуру і зробити рекомендації щодо диверсифікації портфеля, збільшення об'єктів кредитних та інвестиційних операцій з урахуванням економічних нормативів.

Зниженню ризикової складової інвестиційних операцій допоможе постійно діючий механізм, який може забезпечити прийнятний дохід за рахунок постійної оцінки активів та орієнтації на мінливі умови ринку. Таким механізмом, на наш погляд, може стати інвестиційний фонд, через який вкладники або інвестори мають змогу вкладати свої кошти в різні прибуткові проекти. Комерційний банк виступає як компанія-оператор з управління активами. Надійність фонду визначає склад інструментів, з яких сформовано його активи [4, с. 108].

Отже, фонд допомагає отримувати вищу рентабельність, у тому числі за рахунок зменшення ризику, та дає змогу інвестувати кошти у фінансові інструменти й інші об'єкти, наприклад, нерухомість, недоступні для багатьох самостійних інвесторів у зв'язку з їхньою вартістю.

Диверсифікувати кредитний портфель можна за рахунок інвестиційного кредитування. Саме зростання інвестицій в основний капітал українських підприємств за рахунок власних джерел, а також кредитів комерційних банків забезпечить вихід економіки на якісно новий рівень виробництва.

Однак будь-яка кредитна операція підлягає ризику. При цьому банк потрапляє у залежність від іміджу й успішності діяльності підприємства-позичальника. Тому дуже важливим є здійснення ретельного аналізу підприємства-позичальника та вивчення на підставі його фінансово-економічних умов реалізації програми інвестиційного кредитування. Реалізація програми неможлива без розроблення та обґрунтування ефективності інвестиційного проекту.

Отже, практична цінність запропонованої методики аналізу кредитно-інвестиційного портфеля полягає у її можливості на підставі показників ризику і доходності кредитних та інвестиційних операцій комерційного банку визначати оптимальність структури його кредитно-інвестиційного портфеля.

Також методика може бути теоретичним підґрунтям для прийняття обґрунтованих управлінських рішень менеджерами комерційних банків про диверсифікацію кредитно-інвестиційного портфеля для підвищення ефективності кредитних та інвестиційних операцій, що дасть можливість значно збільшити прибуток банку.

Оскільки причиною неплатоспроможності багатьох банків є неузгодженість строків вкладання і повернення залучених коштів, критерій оптимальності задачі формування портфеля активів комерційного банку, узгодженого за тер-

мінами та обсягами з його зобов'язаннями, можна подати у вигляді:

$$\sum_{k=1}^k \left(\sum_{i=1}^{i_k} x_i - p_k \right)^2 \rightarrow \min,$$

де p_k – обсяг зобов'язань, термін функціонування яких триває до періоду k ($1 < i_k < k$), які передбачається сплатити за рахунок коштів, що надійдуть від повернення активів, вкладення в які планується (без врахування суми, погашення якої заплановане за рахунок інших коштів); x_i – обсяг банківських ресурсів, що вкладається в i -й вид активів ($1 < i < n$, де n – кількість активів, в які розглядається можливість вкладення); вкладення в активи об'єднуються в групи за ознакою періоду їх повернення k , і i_k – кількість видів вкладень у кожній групі.

Для здійснення вкладень в активи в межах наявних у банку ресурсів з врахуванням коштів, необхідних для формування резерву на покриття можливих втрат від здійснення активних операцій, записується умова:

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq A - \sum_{i=1}^n Rr_i \cdot x_i,$$

де A – наявні у банку кошти для здійснення активних операцій, Rr_i – ставка резервування за i -тим видом активів.

Врахування потреб позичальників фінансово-кредитного ринку, нормативів регулювання діяльності комерційних банків, встановлених НБУ, внутрішньо банківських правил та обмежень кредитно-інвестиційної діяльності при розміщенні фінансових ресурсів у активи забезпечується умовою:

$$x_i \leq A_i, (i = 1, 2 \dots n),$$

де A_i – мінімальна величина, що вибирається між обсягом активу, що потребується суб'єктами фінансово-кредитного ринку, і максимальним обсягом даного активу, який може придбати банк, виходячи з наявних у нього ресурсів та діючих регулюючих нормативів.

Завдання отримання доходів від проведення активних операцій, достатніх для покриття банківських витрат, забезпечується обмеженням:

$$\sum_{i=1}^n x_i \cdot Rr_i \cdot t_i + \sum_{i=1}^n x_i \cdot ((1 + Rr_i)^{t_i} + Ip + I) \geq E_p + E,$$

де t_i – термін функціонування i -го можливого активу в даному розрахунковому періоді; I_p – обсяг процентних доходів від раніше здійснених вкладів в активи у наступному періоді; E_p – обсяг процентних витрат у наступному періоді; I – очікуваний обсяг інших видів доходу на наступний період; E – очікуваний обсяг інших видів витрат на наступний період.

У результаті розв’язування задачі визначаються обсяги вкладення коштів в активи різних термінів, які будуть максимально узгоджені в часі з обсягами пасивів відповідних термінів, за умови врахування фінансових можливостей банку, нормативів регулювання його діяльності та потреб позичальників.

У зв’язку з фінансовою кризою, банки повинні здійснювати такі заходи в сфері активно-пасивних операцій:

1. Обмежити здійснення активних операцій в обсягах, досягнутих на кожну окрему дату. Такі обмеження можуть не розповсюджуватись, зокрема, на операції з державними цінними паперами, депозитними сертифікатами НБУ та операції на міжбанківському ринку.

2. Обмежити надання кредитів в іноземній валюті контрагентам, які не мають валютної виручки, обсягами заборгованості за ними.

3. Забезпечити постійний щоденний моніторинг за дотриманням встановлених нормативними документами обмежень.

4. Враховувати, що рефінансування простроченої заборгованості шляхом видачі нових кредитів, необґрунтована пролонгація кредитів, ненадання позичальникам інформації про сукупну вартість кредиту, внесення до кредитного договору змін щодо вартості кредиту, що не відповідає змінам облікової ставки Національного банку України, кваліфікуватиметься як порушення вимог ст. 49 Закону України «Про банки і банківську діяльність» із неухильним застосуванням адекватних заходів впливу.

5. Приймати платіжні доручення на переказ коштів до виконання в межах залишку на рахунку на момент отримання платіжного доручення та перераховувати їх одержувачу на

наступний робочий день після отримання платіжного доручення.

6. Виконувати свої зобов’язання за всіма типами договорів із залучення коштів у будь-якій валюті лише в разі настання строку завершення зобов’язань, незалежно від категорії контрагентів.

7. Проводити з метою недопущення дострокового зняття коштів роз’яснювальну роботу зі своїми клієнтами. Активно проводити стимулюючу роботу із залучення готівки на депозити та пролонгації депозитних договорів. Виплати за умови настання строку згідно з договором здійснювати негайно [1].

Отже, як стало зрозуміло, здійснення активних операцій за цих умов обмежується.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Постанова Правління Національного банку України «Про додаткові заходи щодо діяльності банків» від 11 жовтня 2008 р. № 319 [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <http://www.rada.gov.ua>
2. Волошин, І. О. Банківські моделі та режими ліквідності [Текст] / І. О. Волошин // Вісник НБУ. – 2002. – № 6 – С. 27-30.
3. Івасів, Б. С. Гроші та кредит [Текст] : підручник / Б. С. Івасів. – Тернопіль: Карт-бланш, 2000. – 510 с.
4. Джулакідзе, К. Ю. Аналіз кредитно-інвестиційного портфеля банку [Текст] / К. Ю. Джулакідзе, В. В. Невмержицький // Фінанси України. – 2005. – № 3. – С. 107-111.
5. Єлейко, Я. І. Моделювання оптимальної структури балансу банку [Текст] / Я. І. Єлейко, М. Л. Лапішко, О. М. Кінаш // Фінанси України. – 2003. – № 5. – С. 111-114.
6. Сергєєва, Л. Моделювання й аналіз структури діяльності банку [Текст] / Л. Сергєєва, Т. Блаженкова // Банківська справа. – 2003. – № 5. – С. 17-23.
7. Олійник, Д. Управління ліквідністю комерційного банку та оптимізація фінансового результату [Текст] / Д. Олійник // Вісник НБУ. – 2001. – № 7. – С. 28-30.

Надійшла до редколегії 24.03.2009.

В. В. ШЕВЧЕНКО (Міністерство транспорту та зв'язку України),
О. М. ПІШНЬКО, С. В. МЯМЛІН, Д. М. КОЗАЧЕНКО (ДІТ)

СИСТЕМНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ПІДХІД ДО БЕЗПЕКИ РУХУ ПОЇЗДІВ

Розглянуто стан забезпечення безпеки руху поїздів на залізничному транспорті України. Обґрунтовано необхідність раціонального використання капітальних вкладень на підвищення рівня впровадження технічних засобів для забезпечення безпеки руху, розробки техніко-економічних методів оцінки ефективності їх впровадження та професійного навчання виконавців.

Рассмотрено состояние обеспечения безопасности движения поездов на железнодорожном транспорте Украины. Обоснована необходимость рационального использования капитальных вложений на повышение уровня внедрения технических средств для обеспечения безопасности движения, разработки технико-экономических методов оценки эффективности их внедрения и профессионального обучения исполнителей.

The traffic safety condition on Ukrainian railway transport is considered. The necessity of rational use of capital investments on improvement of engineered features of traffic safety, development of technical and economic evaluation methods of their introduction, and executors' skills training is proved.

Престиж та конкурентоспроможність залізничного транспорту на ринку транспортних послуг багато в чому визначає безпека руху. Сучасний залізничний транспорт України являє собою величезний виробничо-технічний комплекс, до складу якого входять біля 2300 лінійних підприємств, 6143 одиниць тягового рухомого складу, понад 280 тис. вагонів, 375,9 тис. працівників та є зоною підвищеної небезпеки.

Безпека руху поїздів являє собою комплексну проблему, що визначається організаційними, технічними, ергономічними факторами [1 – 3]. В цих умовах управління безпекою руху можливе лише за рахунок використання системного підходу, широкого використання методів економічного та математичного аналізу. Особливо це стосується раціонального використання капітальних вкладень на реалізацію з підвищення безпеки руху на залізницях в умовах обмеженого фінансування.

Залізничний транспорт є самим безпечним видом транспорту, і Укрзалізниця наполегливо працює над підвищенням рівня безпеки його роботи. Аналіз звітних даних по Укрзалізниці за період 1995-2006 рр. показує стійкий процес зменшення кількості транспортних подій [4]. На рис. 1 наведено звітні дані по середній кількості транспортних подій на добу та відповідну лінію тренда.

Шляхи розв'язання різноманітних задач забезпечення безпеки руху поїздів визначає теорія безпеки руху поїздів [1, 5, 6]. Концепція теорії безпеки руху базується на використанні поняття відповідального технологічного процесу та небезпечної відмови [1]. При цьому в яко-

сті відповідального технологічного процесу розуміють такий технологічний процес, порушення якого понад припустимі межі може привести до загибелі людей, екологічних катастроф, значних втрат матеріальних коштів.

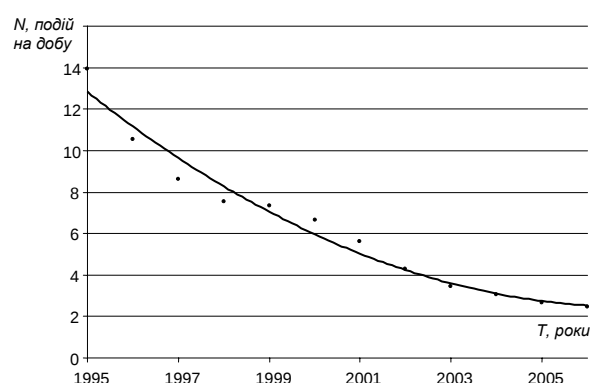


Рис. 1. Середня кількість транспортних подій на добу по роках

Відповідальний технологічний процес можна охарактеризувати трьома станами: штатним та двома нештатними – безпечним та небезпечним. Порушенням безпеки вважається перехід процесу в нештатний небезпечний стан. Безпечністю відповідального технологічного процесу вважається його властивість знаходитись в штатному або нештатному безпечному стані. Порушення безпеки функціонування відповідального технологічного процесу є наслідком небезпечних відмов технічних засобів, програмного забезпечення та обслуговуючого персоналу. У зв'язку з цим, разом з поняттям безпеки функціонування технологічних процесів використовують також поняття безпеки функціону-

вання апаратних засобів, програмного забезпечення та людини як ланки ергатичної системи.

Основна кількість транспортних подій (біля 80 %) пов'язується з «людським» фактором. Так у 2006 р. в порядку профілактичної роботи було притягнуто до відповідальності 9248 працівників, із них звільнені із залізничного транспорту – 34, із займаних посад – 152, оголошені догани – 9062 працівників [4]. Динаміка зміни кількості дисциплінарних стягнень за допущені транспортні події та відповідна лінія тренда наведена на рис. 2.

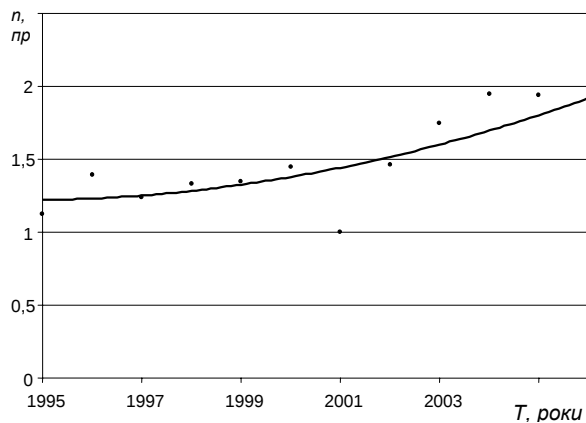


Рис. 2. Приведена кількість працівників залізничного транспорту, котрих було притягнуто до відповідальності за допущені транспортні події

Аналіз ефективності стягнень працівників за допущені транспортні події наведено на рис. 3. Як видно з даного рисунка, підсилення виконавської дисципліни дало суттєвий ефект щодо зменшення кількості транспортних подій у період з 1995 по 2003 рр. і несуттєво впливає протягом останніх років. Це свідчить про те, що на даний час практично вичерпано можливість адміністративного впливу на рівень безпеки і потрібно впливати додатково іншими методами.

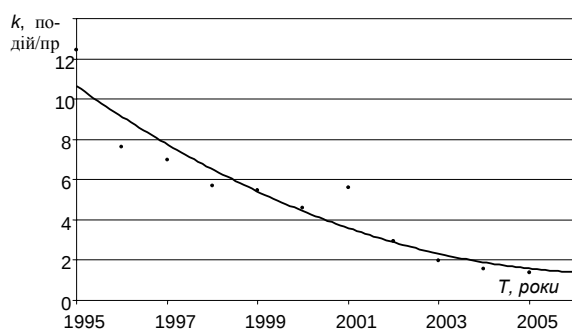


Рис. 3. Відношення кількості транспортних подій до приведеної кількості дисциплінарних стягнень працівників транспорту

Для підвищення конкурентоспроможності залізниці повинні поступово переходити від

адміністративного (заснованого на дисциплінарних стягненнях за порушення діючих норм) підходу до економічного підходу до безпеки, коли будь-яке порушення безпеки розглядається як невдача організації в цілому, а не помилка окремого працівника на завершаючому етапі. При цьому виникає цілий комплекс проблем, що пов'язаний з необхідністю ранжування економічних програм, раціонального розподілу коштів між підрозділами залізничного транспорту, визначення економічно обґрунтованих пріоритетів техніко-технологічних заходів, спрямованих на підвищення рівня безпеки руху на залізничному транспорті.

Так, наприклад, збитки від транспортних подій у 2006 р. склали 1235,1 тис. грн, із них відшкодовано 512,6 тис. грн (41,5 %), у 2005 р. відповідно 2304,7 та 404,6 тис. грн (17,6 %). Але це прямі збитки, які оцінено у матеріальному вигляді за результатами службового розслідування певних випадків порушення безпеки руху поїздів. Ці збитки не враховують витрати, що направлено на заходи з підвищення безпеки руху. Звичайно, не можна відносити витрати на безпеку руху до збитків, це саме інвестиції за певними напрямками розвитку залізничного транспорту, які безпосередньо або опосередковано впливають на рівень безпеки руху. Якщо умовно поділити основні напрями підвищення безпеки руху поїздів на групи з урахуванням вимог Положення [7], то можна сформулювати їх таким чином:

- адміністративні (управлінські) заходи;
- технічні засоби;
- навчання персоналу.

Відповідно до функцій цих основних напрямків можна розподілити і витрати на них. Безумовно, найбільш вагомою та капіталомісткою є група заходів, яка пов'язана з розробкою, впровадженням та експлуатацією технічних засобів. Інші дві групи теж потребують фінансового супроводження, але не в такій мірі. Звичайно, розглядати окремо кожен групу заходів теж некоректно, тому що всі вони пов'язані між собою як організаційно, так і фінансово. Тому необхідно оцінювати нові заходи не тільки з боку показників безпеки руху поїздів, а й з урахуванням економічних показників. При цьому слід розраховувати альтернативні вартісні варіанти заходів з відповідним впливом на показники безпеки руху. У зв'язку з цим можна запропонувати оціночний коефіцієнт безпеки руху $K_{бр_i}$ i -го заходу:

$$K_{\text{бр}_i} = \frac{P_{\text{бр}_i}}{B_{\text{бр}_i}},$$

де $P_{\text{бр}_i}$ – показник безпеки руху після реалізації i -го заходу;

$B_{\text{бр}_i}$ – сумарна вартість реалізації i -го заходу, яка включає вартість розробки, впровадження і експлуатації.

Розрахунок коефіцієнту безпеки руху для більш повної адекватності повинен розраховуватися на певний відрізок часу, який співпадає зі звітним періодом (квартал, півріччя, рік).

Таким чином, за результатами аналізу статистичних даних транспортних подій на залізничному транспорті за останнє десятиріччя та кількості дисциплінарних стягнень зроблено висновок про вичерпання адміністративного впливу на рівень безпеки і необхідність підвищення рівня впровадження технічних засобів та професійного навчання виконавців. Запропоновано також економічний підхід при оцінці заходів з безпеки руху поїздів, який пов'язує рівень безпеки з вартістю відповідних заходів. Тобто можливо всебічно оцінити різні варіанти підвищення безпеки руху з економічної точки зору, що дає можливість визначити пріоритетність вжиття заходів з безпеки руху.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Лисенков, В. М. Безопасность технических средств в системах управления движением поездов [Текст] / В. М. Лисенков. – М.: Транспорт, 1992. – 192 с.
2. Сапожников, В. В. Методы и средства оценки обеспечения безопасности систем железнодорожной автоматики [Текст] / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников // Автоматика, телемеханика и связь. – 1992. – № 1. – С. 4-7.
3. Талалаев, В. И. Обеспечение безопасности движения – на уровень государственных стандартов [Текст] / В. И. Талалаев // Автоматика, телемеханика и связь. – 1992. – № 1. – С. 2-4.
4. Аналіз стану безпеки руху на залізницях України за 2006 рік [Текст]. – К., 2007. – 132 с.
5. Грунтов, П. С. Безопасность движения на железнодорожном транспорте [Текст] / П. С. Грунтов, Ф. П. Пищик. – Гомель: БелИИЖТ, 1988. – 122 с.
6. Сапожников, В. В. Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст] / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, В. И. Талалаев // Автоматика, телемеханика и связь. – 1992. – № 4. – С. 30-32.
7. Положення про систему управління безпекою руху поїздів в Державній адміністрації залізничного транспорту [Текст]. – К., 2004. – 78 с.

Надійшла до редколегії 23.03.2009.

ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ПРИБУТКОВОСТІ КОМЕРЦІЙНОГО БАНКУ

У статті розглянуто проблеми підвищення прибутковості, пов'язані з фінансовою кризою, а також запропоновано шляхи підвищення прибутковості комерційних банків.

В статье рассмотрены проблемы повышения прибыльности, связанные с финансовым кризисом, а также предложены пути повышения прибыльности коммерческих банков.

The problems of increase of profitability connected with a financial crisis are considered in the article. Also there are offered the ways of increase of profitability of commercial banks.

Прибуток, як найважливіша категорія ринкових відносин, характеризує економічний ефект, має стимулююче значення, а також є одним із джерел формування бюджетів різних рівнів. В умовах переходу до ринкової економіки питання, пов'язані з аналізом прибутковості банку, мають важливе практичне значення.

Незадовільний рівень прибутковості банку є причиною його неплатоспроможності, погіршення ефективності роботи банку і можливого банкрутства. Разом з тим, надлишкові активи банку є перешкодою для його ефективного розвитку і приводять до незапланованих витрат та зайвих резервів.

Відомо, що банківський прибуток є одним із найважливіших показників ефективності функціонування банку, його стабільності. У ньому зацікавлені всі учасники економічного процесу. Розмір банківського прибутку хвилює акціонерів, тому що він є показником отриманого доходу на інвестований ними капітал. Вкладникам прибуток гарантує стабільний дохід і впевненість у завтрашньому дні, оскільки збільшення резервів і власних коштів банку свідчить про його стабільність. Позичальники також зацікавлені в прибутках банку, адже таким чином зростають їх власні накопичення.

Банківський прибуток формується у результаті здійснення кредитних, розрахункових, грошових операцій та інших видів діяльності банків. Він є джерелом виплати дивідендів акціонерам, створення фондів банку, базою підвищення добробуту банківських працівників [2].

Прибуток комерційного банку – це фінансовий результат діяльності банку у вигляді перевищення доходів над витратами.

Світова фінансова криза розпочалась у 2007 році з обвалу ринку іпотечних кредитів у США.

Обвал ринку нерухомості, стрімке зростання кількості неповернених кредитів, банкрутство кредитних фондів, списання світовими банками сотень мільярдів доларів збитків, обвал фондових ринків, ріст цін на енергоносії, прискорення темпів світової інфляції та зниження темпів росту світової економіки – всі ці події є взаємопов'язаними і відбулися за період менше 1 року. Фактично, надзвичайно тісна взаємопов'язаність та переплетеність фінансових систем призвела до того, що криза на американському ринку переросла у кризу світової економіки.

Відповідно, криза такого масштабу не могла не зачепити економіку України, яка інтегрована у світову економіку. Незважаючи на заяви багатьох експертів, що світова криза не вплинула на економіку нашої держави, насправді криза призвела до відчутних наслідків. По-перше, українські банки зіштовхнулися із кризою ліквідності через обмеження доступу до закордонних кредитів, які кілька останніх років були основним джерелом збільшення обсягів кредитування. По-друге, криза в житловому будівництві, викликана значним скороченням іпотечного кредитування банками та побоювання щодо повторення американської іпотечної кризи в Україні. По-третє, ріст цін на енергоносії надзвичайно серйозно впливає на всю економіку України, оскільки автоматично призводить до зростання цін на більшість товарів та послуг, вироблених в Україні. І по-четверте, через досить значний рівень інтегрованості економіки України в загальносвітову економіку, зростання рівня світової інфляції суттєво вплинуло на ріст інфляції в Україні [6].

Відповідно до цього можна відмітити, що наслідки світової фінансової кризи істотно вплинули на банківський сектор і, таким чином,

спростували оптимістичні прогнози як учасників ринку, так і фінансових аналітиків. І однією зі складових економічного занепаду України експерти називають проблеми в банківському секторі. Серйозні ж проблеми у банків були помітні за результатами підсумків їхньої роботи за три квартали 2008 р.. Так, за даними НБУ (табл. 1), зі 182 банків країни із січня до жовтня 2008 р. збитків зазнали такі банки: «Кредобанк» (42,163 млн грн), «КредитІнвестБанк» (9,266 млн грн), Міжнародний інвестиційний банк (3,481 млн грн), «Факторіал-Банк» (2,591 млн грн) та банк «Фамільний» (1,488 млн грн) [7].

Таблиця 1

Основні показники діяльності банків України за 01.01.2008 рік

Назва показника	Показники		
	01.01. 2006 р	01.01 2007 р.	01.01. 2008 р.
Кількість зареєстрованих банків	165	176	182
Вилучено з державного реєстру банків (з початку року)	4	1	6
Кількість банків, що перебувають у стадії ліквідації	20	20	19
Кількість діючих банків	160	165	170
Із них: з іноземним капіталом	19	23	35
У тому числі зі 100-відсотковим іноземним капіталом	7	9	13
Доходи, млн грн	20072	27537	41645
Витрати, млн грн	18809	25367	37501
Результат діяльності, млн грн	1263	2170	4144
Рентабельність активів, %	1,07	1.31	1.61
Рентабельність капіталу, %	8,3	10.39	13.52
Чиста відсоткова маржа, %	4,90	4.90	5.30
Чистий спред, %	5,72	5,78	5.76

Єдиний фінансовий заклад, який отримав від'ємний чистий відсотковий дохід – «Дельта-Банк» (мінус 40,518 млн грн). Крім того, за даними НБУ, «БрокБізнесБанк» помітно знизив

обсяг активів, опустившись за цим показником з 11-го на 17-те місце в рейтингу банків. Порівняно з 1 липня 2008 р., активи банку впали з 16,52 млрд грн до 13,641 млрд грн, або майже на 20 %. Перепади в показниках також зафіксовано і у «ПриватБанку». Його резерви та капіталізовані дивіденди у власному капіталі впали на 1,456 млрд грн, тобто до 411,196 млн грн. А втім, за словами як учасників ринку, так і банківських аналітиків та фінансистів, за підсумками року збитків зазнає більше банків, адже в листопаді – грудні 2008 р. наслідки світової кризи для банківського сектору були найвідчутнішими і можуть перевищити досить позитивну динаміку банківської ліквідності. Дані НБУ підтверджують, що проблема залучення позик для більшості українських підприємств наразі неактуальна. У січні-серпні 2008 р. обсяг виданих компаніям позик зріс на 27,3 %. Швидкість збільшення кредитного портфеля незначно сповільнилася порівняно з першими 8 місяцями минулого року (тоді зростання становило 33,3 %). Обсяг іноземних позик збільшується ще швидше, ніж внутрішніх. У I півріччі зовнішній борг компаній зріс на \$ 7,3 млрд, тоді як за аналогічний період 2007-го тільки на \$ 3,9 млрд. Хоча деякі топ-менеджери зараз самі обмежують приплив позикових грошей через високі ризики [4, с. 68-69]. На початку року для банків ніщо не віщувало загроз: вони нарощували активи за рахунок прибутків від кредитування населення – іпотека, автокредитування, споживчі кредити. Однак уже з травня 2008 р. НБУ, остерігаючись зростання частки проблемних кредитів, посилив вимоги до банків щодо обсягів резервування коштів під кредити. Це вмить позначилося на ринку – банки почали підвищувати ставки на кредити та ускладнювати умови отримання ще донедавна доступних позичок. Так, з початку року іпотечні кредити подорожчали в гривнях до 30 % (з 20 % – на початок року – «Хрещатик») і до 20 % (з 13 %) подорожчала іпотека в доларах та євро. Водночас банки підвищили перший внесок при оформленні іпотеки: з 10...15 до 30...50 %. Через це до вересня 2008 р. обсяги продажу житла за іпотечними програмами знизилися на 95 % порівняно з показниками січня 2008 р. А втім уже в листопаді 2008 р. оформити іпотеку навіть у банках із топ-десятки було нереально – вони «заморозили» свої довгострокові програми через кризу ліквідності та відклали поновлення їх до кращих часів.

Аналогічна ситуація склалася і з кредитами на авто. До травня банки продовжували за іне-

рістю кредитування населення за старими схемами: 0 % перший внесок, привабливі відсоткові ставки та мінімальний пакет документів від позичальників. Однак уже з травня окремі банки не лише почали ускладнювати умови надання кредитів, а й істотно підвищили відсоткові ставки. Від січня 2008 р. авто кредити подорожчали з 19 до 30 % річних у гривнях та з 15 до 22 % у доларах та євро. А перший внесок зріс із 0 до 30 %. Це знизило обсяги продажу автомобілів на 70 % порівняно з показниками початку року. Водночас стали недоступними і споживчі кредити. Банки та кредитні спілки почали прискіпливіше укладати такі угоди, фактично на драконівських умовах для позичальників: збільшився розмір комісії, запроваджено нові додаткові обтяжливі для позичальника вимоги, зокрема страхування від нещасного випадку. Однак просто оформити страховку кредиторів не давали – суму страховки додали до вартості кредиту. Зросли на 15...20 % і ставки за споживчі кредити. Через що реальний їхній розмір сягнув 85 % річних [5].

Та навіть якщо громадянам вдалося отримати кредит, їх очікував несподіваний сюрприз у вигляді «паливної» відсоткової ставки, яка додатково обтяжувала і без того значну суму погашення. А через знецінення гривні майже на 60 % з початку року ставки зросли істотно, адже близько 70 % усіх позик надавали в доларах. Таким чином, за словами експертів, вже із січня 2009 року очікувався сплеск та зростання кредитної заборгованості.

«У більшості банків наразі просто немає грошей для надання позик. Довіру до цієї системи підірвано, депозитний портфель фізичних осіб не зростає, а залучити кошти з-за кордону неможливо. Нацбанк дає рефінансування тільки на покриття розривів ліквідності», – наголосив «Хрещатику» голова правління «Терра Банку» Сергій Щербина. За його словами, ситуація з кредитами поліпшиться лише тоді, коли покращиться дисбаланс між виданими кредитами та залученими депозитами (кошти, які банк спрямовує на кредитування, на 80 % складаються з депозитних ресурсів – «Хрещатик»). За словами ж аналітиків компанії «ПростобанкКонсалтинг», ситуація навряд чи зміниться наступного року, протягом якого очікується найбільший економічний спад за роки незалежності. Через що банки як одна зі складових фінансової системи країни прагнутимуть максимально оптимізувати свої фінансові баланси, заручившись підтримкою парламенту та НБУ.

Вважаємо, що сучасна світова фінансова криза є найглибшою в історії кризою, що має непередбачувані наслідки. І той план заходів, який впроваджується урядами багатьох країн, вражає сміливістю, професійністю та масштабністю рішень, про багато з яких не писали в жодних підручниках. Це нові нестандартні ідеї, які народжуються на очах. До позитивних фактів слід віднести те, що банківська система не наробила помилок із різними сумнівними міжнародними цінними паперами, які мали багато мультиплікаторів. Водночас, складність полягає у тому, що наша економіка і фінанси є дуже малими.

Щоб максимізувати прибуток, необхідно збільшувати доходи та зменшувати витрати банку. Нам відомі деякі напрямки зростання доходів комерційного банку:

1. Загальне зростання групи активів, що приносять відсотковий дохід, для чого банк повинен, по-перше, залучити більше позичальників і при цьому ретельно аналізувати їх фінансовий стан, по-друге, нарощувати свій кредитний потенціал за рахунок збільшення обсягу ресурсів, що залучаються. Це можливо при проведенні зваженої маркетингової та відсоткової політики;

2. Зміна питомої ваги доходних активів в сукупних активах, для чого необхідно звести «непрацюючі» активи до мінімуму, проте у межах, що забезпечують ліквідність банку;

3. Зміна загального рівня відсоткової ставки по активних операціях банку. Теоретично більш високий рівень відсоткової ставки повинен принести банку якомога більший дохід. Проте, в сучасних умовах банки рідко вдаються до таких дій. В умовах конкурентної боротьби вони найчастіше знижують ставку з метою залучення якомога більшої кількості позичальників. Зниження середньозваженої ставки відсотка по Україні є свідомим цього;

4. Зміна структури портфелю доходних активів. Відомо, чим вищий дохід, тим більший ризик в сфері банківської діяльності. Тому головне завдання банку – визначення ступеня допустимої та виправданості того чи іншого ризику.

Для зниження ступеня ризику банк надає кредит позичальникові за наявності гарантії платоспроможного суб'єкта господарювання чи поручительства іншого банку, під заставу належного позичальникові майна, під інші гарантії, прийняті у банківській практиці. З цією метою банк має право попередньо вивчити стан господарської діяльності позичальника, його

платоспроможності та спрогнозувати ризик непогашення кредиту [8].

Для зниження рівня витрат пропонується:

а) залучення дешевих ресурсів (вклади до запитання);

б) зниження витрат на утримання апарату управління [1, с. 396].

Шляхи досягнення високої прибутковості наступні:

1. Нарощення власних коштів банку, що сприяє зростанню ресурсної бази банку і відповідно їх інвестиційного потенціалу; є однією з передумов залучення іноземних інвестицій; стимулює інтеграційні процеси; забезпечить незалежність банку і створить умови для виживання банківської системи України в період посиленої конкуренції з боку іноземних банків;

2. Раціональне й ефективне розміщення коштів банку для забезпечення його фінансової стійкості. Виконання цієї умови дозволить позбавитися суперечностей між ліквідністю, надійністю та прибутковістю комерційного банку.

3. Фінансове планування є одним із резервів збільшення прибутку і раціонального його використання. Багато витрат несуть банки внаслідок неузгоджених дій різних підрозділів між собою. Фінансовий план дозволяє спрогнозувати доходи, витрати і прибуток банку на рік. І хоча в умовах, які склалися в нашій країні, через нестабільність, інфляцію реальні дані можуть суттєво відрізнятись від запланованих, але пропорції залишаються практично незмінними. Банківська установа повинна реально бачити перспективи свого розвитку і цілі на поточний рік.

4. Формування достатнього страхового резерву та резервних фондів. В Україні діє Фонд гарантування вкладів фізичних осіб (далі Фонд). Станом на 1 березня 2009 р. кількість учасників Фонду становить 184. Учасниками Фонду є банки і філії іноземних банків, які включені до Державного реєстру банків, який веде Національний банк України, та мають банківську ліцензію на право здійснення банківської діяльності. Участь у Фонді банків і філій іноземних банків є обов'язковою. Учасники Фонду зобов'язані сплачувати збори до Фонду. Учасником Фонду є банк, який виконує встановлені Національним банком України економічні нормативи щодо достатності капіталу і платоспроможності та може виконувати свої зобов'язання перед вкладниками. Учасникам Фонду, які не виконують встановлених Національним банком України економічних нормативів щодо достатності капіталу, платоспро-

можності та/або яким за рішенням Національного банку України зупиняється дія ліцензії Національного банку України на здійснення банківської діяльності, вони переводяться за рішенням адміністративної ради Фонду до категорії тимчасових учасників Фонду. Після переведення до категорії тимчасових учасників Фонду банк, філія іноземного банку, вклади фізичних осіб до яких залучені до дня їх переведення до цієї категорії, зобов'язані сплачувати збори до Фонду до повного виконання зобов'язань перед вкладниками по виплаті їхніх вкладів та нарахованих відсотків. Виключення банку, філії іноземного банку з числа учасників (тимчасових учасників) Фонду не позбавляє вкладників, вклади яких були залучені до дня виключення банку, філії з числа учасників (тимчасових учасників) Фонду, права на відшкодування таких вкладів у разі настання їх недоступності відповідно до цього Закону. Фонд гарантує кожному вкладнику учасника (тимчасового учасника) Фонду відшкодування коштів закладами, включаючи відсотки, в розмірі вкладів на день настання недоступності вкладів, але не більше 150 тис. грн покладах у кожному із таких учасників. Зазначений розмір відшкодування коштів закладами, включаючи відсотки, за рахунок коштів Фонду може бути збільшено за рішенням адміністративної ради Фонду залежно від тенденцій розвитку ринку ресурсів, залучених від вкладників учасників (тимчасових учасників) Фонду. Фонд не відшкодовує гарантовану суму закладами, розміщеними:

а) членами наглядової ради, ради директорів і ревізійної комісії банку, іноземного банку, вклади яких у банку, філії іноземного банку є недоступними;

б) працівниками незалежних аудиторських фірм (аудиторами), які здійснювали аудиторські перевірки банку протягом останніх трьох років;

в) акціонерами, частка яких перевищує 10 % статутного капіталу банку;

г) третіми особами, які діють від імені вкладників, зазначених у пп. 1, 2, 3;

д) вкладниками, які на індивідуальній основі отримують від банку пільгові відсотки та мають фінансові привілеї, що призвели до погіршення фінансового стану банку;

е) вкладниками, які не ідентифіковані ліквідаційною комісією.

5. Застосування таких інструментів в банківській діяльності, як ф'ючерси, опціони, форвардні операції з валютою та інші форми діяльності, які відповідають умовам ринкових відно-

син і дозволяють планувати і одержувати додатковий прибуток.

6. Системне і всебічне вивчення кредитних ризиків, вживати заходів з їх пониження. З цією метою необхідно організовувати відділи управління кредитними ризиками.

7. Покращення рівнів професіоналізму – від політики банку, майстерності, грамотної побудови управлінських і функціональних структур.

Питання, що стоїть перед нами сьогодні: чи вистачить урядових інструментів, кредиту Міжнародного валютного фонду для того, щоб стабілізувати ситуацію в українській фінансовій системі? Сподіваємось, що так, адже фінансові потреби в нас невеликі. Ми не Бразилія, не Китай, не Росія, і величина задачі є посиленою для того, щоби в нас інвестувати. Можливо, що всередині банківської системи теж мають відбутися серйозні зміни: багато банків переглянуть свої стратегії, деякі об'єднаються, деякі продадуться, прийдуть нові інвестори, якісь установи капіталізує Нацбанк або уряд, і цей процес також сприятиме оздоровленню. Основні принципи діяльності комерційного банку – прибутковість господарювання та принцип «дешевше купити – дорожче продати»; забезпечуючи прибуток клієнту, банк реалізує і свій власний інтерес. Тому банк повинен постійно удосконалювати і впроваджувати нові види послуг, підвищувати якість обслуговування.

Підбиваючи підсумок, необхідно зазначити, що в умовах ринкової економіки отримання прибутку та забезпечення рентабельної діяльності є необхідним чинником існування будь-якого суб'єкта підприємництва. Прибуток характеризує стійкість кредитної установи. Він необхідний для створення адекватних резерв-

них фондів, стимулювання персоналу і керівництва до розширення та вдосконалення операцій, скорочення витрат і підвищення якості послуг, що надаються, і, зрештою, для успішного проведення наступних емісій і відповідно збільшення капіталу, який дає змогу розширити обсяги і поліпшувати якість наданих послуг.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Аналіз банківської діяльності: [Текст] / А. М. Герасимович та ін.; за ред. А. М. Герасимовича. – К.: КНЕУ, 2006. – 600 с.
2. Банківські операції: [Текст] / А. М. Мороз та ін.; за ред. А. М. Мороза. – К.: КНЕУ, 2000. – 384 с.
3. Дорошенко, І. В. Основні показники діяльності комерційних банків України [Текст] / І. В. Дорошенко // Вісник НБУ. – 2006, 2007, 2008. – № 2. – С. 70.
4. Галицька, Е. В. Фінансові результати діяльності банків України [Текст] / Е. В. Галицька // Вісник НБУ. – 2006, 2007, 2008. – № 3. – С. 64-69.
5. Паливода, К. Чи загрожує Україні іпотечна криза? [Текст] / К. Паливода, П. Гайдуцький // Дзеркало тижня. – 2008. – 29 бер. - 05 кв. – № 12 (691).
6. Закон України «Про Фонд гарантування вкладів фізичних осіб» [Електрон. ресурс]. Із змінами і доповненнями, внесеними Законами України від 16.11.2006 р. № 358-V, від 31.10.2008 р. № 639-VI. – Режим доступу: <http://www.rada.gov.ua>
7. Статистичний щорічник України за 2008 р. Державний комітет статистики України [Текст] / за ред. О. Г. Осауленко // К.: Держаналітиформ.
8. Господарський кодекс України [Текст]: Коментар. – Х.: ТОВ «Одісей», 2004. – 848 с.

Надійшла до редколегії 17.03.2009.

Наукове видання

В І С Н И К

Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Випуск 26

Українською, російською та англійською мовами

Відповідальний за випуск *І. П. Корженевич*
Комп'ютерна верстка *В. В. Кузьменко*

Статті в збірнику друкуються в авторській редакції

Здано до набору 30.03.2009. Підписано до друку 30.03.2009. Формат 60×84 1/8.
Папір офсетний. Друк офсетний. Умов. друк. арк. 28,37.
Обл.-вид. арк. 29,53. Тираж 100 прим. Зам. № 788. Вид. № 73.

Видавництво Дніпропетровського національного університету залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна. ДК № 1315 від 31.03.2003

Адреса видавництва та дільниці оперативної поліграфії:
49010, Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2, www.diiitrvv.dp.ua